

Biotecnología y desarrollo

**Roberto Bisang
Mercedes Campi
Verónica Cesa**



Este documento fue preparado por Roberto Bisang y Verónica Cesa, consultores, y Mercedes Campi, asistente de investigación de la Oficina de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en Buenos Aires a pedido de la Oficina de la Secretaría Ejecutiva de la CEPAL.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/W.234
LC/BUE/W.35

Copyright © Naciones Unidas, marzo del 2009. Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N. Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
I. Introducción	7
II. De la biotecnología a la producción.....	11
1. Biotecnología: Aplicaciones e impactos (un mundo desafiante)	11
1.1 Introducción: De la biología tradicional a la moderna biotecnología.....	11
1.2 De la biotecnología como ciencia a la tecnología aplicada: ¿Una nueva plataforma de negocios?	14
2. Aplicaciones de la moderna biotecnología en la producción.....	16
2.1 Aplicaciones a la ganadería	16
2.2 Aplicaciones a la genética vegetal	19
2.3 Aplicaciones industriales	22
III El desarrollo productivo de la biotecnología a nivel mundial.....	31
1. Panorama general.....	31
2. Las principales aplicaciones: Genética vegetal, industria farmacéutica y alimentos	33
2.1 Genética Vegetal: Las mega corporaciones de las “ciencias de la vida”.....	33
2.2 Industria farmacéutica	38
2.3 Ingredientes para la industria alimenticia.....	39
3. Desempeño reciente y modelo de funcionamiento.....	40
3.1 Genética Vegetal: Las mega corporaciones de las “ciencias de la vida”.....	49
4. Los principales “sectores usuarios” de biotecnología: Organización, rentas y desarrollo	55
4.1 Agro y alimentos.....	55
4.2 Medicamentos y salud humana.....	58
IV. La producción de biotecnología en países de la región. ¿Esfuerzos públicos, desarrollos privados, ilusiones colectivas?.....	61
1. Encuadre: ¿Por qué surgen desarrollos biotecnológicos endógenos en los países de la región?	61
2. El subsistema público.....	63
2.1 De las instituciones de CyT a la biotecnología	63
2.2 Investigación y desarrollo en biotecnología: Recursos, organización y estrategia en el sector público	64
3. El subsistema privado de “producción” de moderna biotecnología.....	69
3.1 Panorama general.....	69

3.2 Argentina	69
3.3 Brasil	73
3.4 Chile	74
3.5 Colombia	75
3.6 Cuba	75
3.7 Uruguay	77
4. Empresas, tamaños y estrategias	78
5. Aguas abajo: Uso de la biotecnología, formas de organización de la producción y del comercio internacional	80
V. Reflexiones finales	83
Bibliografía	89
Anexos	93

Resumen

La irrupción de la biotecnología aplicada a diversas actividades productivas impacta, crecientemente, sobre los senderos previos de desarrollo de los países latinoamericanos. Por sus rasgos intrínsecos, la biotecnología -“industria de bienes de capital de la sociedad del conocimiento”- abre nuevos espacios de intercambio público-privado a nivel científico, tecnológico y productivo; bajo ciertas condiciones (umbrales mínimos de conocimiento, facilidades técnicas y productivas, derechos de propiedad, desarrollo de las actividades “aguas abajo”, control de los activos complementarios) estos nuevos espacios de intercambio generan o potencian mercados a partir de los cuales es factible captar rentas adicionales.

El presente trabajo analiza los efectos y posibilidades de la biotecnología moderna sobre el sendero de desarrollo de los principales países de la región. Para ello se delinearán los rasgos centrales de esta tecnología y sus impactos sobre los procesos productivos, así como, también, la dinámica reciente que tienen las aplicaciones de estas tecnologías en la producción en los países desarrollados, poniendo énfasis en las mega-corporaciones de la biotecnología. Asimismo, se realiza un análisis de los principales desarrollos biotecnológicos en los países latinoamericanos, que incluye una revisión de los esfuerzos públicos y de los incipientes desarrollos privados (con su aplicación a algunas actividades productivas relevantes). Por último, el trabajo se completa con una serie de reflexiones acerca de las posibilidades (y limitaciones) que plantean estas tecnologías para los países de la región.

I. Introducción

En las últimas décadas ha cobrado mayor fuerza en las agendas de las discusiones de políticas públicas de la región el tema referido al desarrollo. Luego de un fuerte predominio de las cuestiones relacionadas con los (des)equilibrios macroeconómicos, los problemas fiscales y/o los temas institucionales, recobra vigor el tratamiento del crecimiento y su relación con el desarrollo. Dos elementos centrales contribuyen a este proceso. Por un lado, los impactos que devienen de los cambios relacionados con las nuevas tecnologías -TICS y biológicas- que, dado su carácter schumpeteriano, van camino a modificar estructuras productivas e instituciones (públicas y privadas) (Magariños 2006; Katz y Bárcena, 2004; PROCISUR, 2001; Riftkin, 1998; Sasson, 1993; Orsenigo, 1990). Por otro, y con particular relevancia en el último lustro, en la casi totalidad de los países de la región, se ha producido una creciente generación de rentas adicionales asociadas con los superávits de comercio internacional. Sin mayores cambios en la composición estructural, parte relevante de esta dinámica se basa en mejoras en los términos de intercambio¹. De esta forma, se verifica la presencia de una condición necesaria para reenfocar los procesos de crecimiento y posterior desarrollo: existen rentas adicionales que “desequilibran”

¹ En mayor o menor medida (según países y perfiles de inserción externa), las (mayores) rentas emergentes del comercio internacional compiten, crecientemente, con las entradas de capitales como base de financiamiento de los procesos de crecimiento y desarrollo. Estas mayores rentas internacionales se vieron acrecentadas recientemente por diversos motivos -nuevos mercados i.e. biocombustibles, demandas crecientes de países como China, India, etc.- que confluyen en una mejora sustantiva en los términos de intercambio. Desde la oferta se conjugan incorporaciones de tecnología a la extracción y (mínima) industrialización de los recursos naturales; salarios menores (respecto de los vigentes en los países de destino), paridades cambiarias favorables y sustentos tecno-productivos y empresarios con varias décadas previas de funcionamiento y acumulación. Frente a este panorama, se plantean dudas sobre la sustentabilidad temporal de dicho proceso de acumulación -centrado, en lo sustantivo, en una estructura de exportaciones altamente primarizada-, especialmente desde la perspectiva de la posterior asignación social de tales excedentes. Si tales mayores excedentes son considerados permanentes, es posible pensar en un aumento de igual carácter del gasto interno; para ello se requiere que tanto las condiciones internacionales como las internas de producción sean consistentes con dicha tendencia. Por el contrario si las rentas son de corte temporal (“tipo ventana de oportunidades”), el cuestionamiento gira en torno a la estrategia necesaria para que su gasto contribuya a modificar/reencauzar el sendero (y la composición estructural que sustenta) de desarrollo previo.

el modelo previo. Es materia de discusión si tales rentas son permanentes ó bien responden a reacomodamientos circunstanciales de los mercados mundiales

El tema siguiente -las condiciones suficientes- se refiere a los sectores/actividades/ complejos/tramados hacia los cuales, socialmente, deberían destinarse tales rentas a fin de rediseñar la estructura productiva previa. La búsqueda requeriría impulsar/reforzar actividades que, en simultáneo, generen empleo de calidad y sean de base competitiva genuina a partir de producir sinergias y mejorar los entramados productivos locales. Sobre el particular, las posiciones son diversas.

Un conjunto de autores sostienen que tales desarrollos deberían darse a partir de una mayor industrialización de los recursos naturales, con una creciente dosis de incorporación de tecnologías (Laderman y Maloney, 2006; Ferrante y otros, 2005; Sachs y Warner, 1995). Concurrentemente, varios trabajos indican la posibilidad de una persistencia (al menos por un tiempo) de los favorables términos de intercambio atento a las nuevas condiciones internacionales (Kaplinsky, 2005; OECD/FAO, 2006; FAS/USDA, 2006), lo cual revalorizaría el papel de las actividades primarias. Se señala, además, que éstas comienzan a desarrollarse en el marco de tramas (globales y locales) más densas, hecho que amplifica sus repercusiones sobre el resto de los sectores; en otros términos, expresan que no necesariamente el dinamismo de las colocaciones primarias se basa en los otrora “enclaves de exportación” disociados de las restantes condiciones internas sino que, crecientemente, lo hacen sustentados por entramados de mayor complejidad e impacto sobre el resto de la actividad económicas (OCDE, 2006; Gereffi, 1996; Humprey y Schmitz 2004; Kaplinsky, 1998).

Otros, en cambio, plantean que la transformación en la matriz productiva provendrá de apuestas más radicales al desarrollo de nuevas actividades; se sostiene, la necesidad de impulsar actividades centradas más en las capacidades del recurso humano que cuenten con demandas internacionales con alta elasticidad ingreso. Nanotecnología, software y la moderna electrónica aplicada a la metalmecánica son los sectores habitualmente señalados como de conveniente desarrollo.

La aplicación de la moderna biotecnología al mundo de la producción -para el caso de los países de la región-, intersecta ambas posiciones: se basa en recursos naturales -y se articula “aguas abajo” con diversas actividades primarias-, pero compite en novedad y complejidad científica y técnica con las TICs.

Se trata de una “actividad” en proceso de consolidación². Su desarrollo tiene lugar en un acotado grupo de países (y empresas) avanzados, en el marco de un proceso no consolidado (en términos de mercados, derechos de propiedad, desarrollo de nuevos productos y procesos e instituciones regulatorias) que abre “ventanas de oportunidades”. Su aplicación concreta replantea la idea de “recurso natural” dado que -en muchos casos- modifica características esenciales de éstos pasándolos de la categoría de bienes libres a la de bienes económicos³. “Aguas abajo” afecta a algunas actividades que son centrales en las economías de la región, (tanto en su matriz productiva como exportadora): la agricultura/ganadería/piscicultura/minería; los alimentos y los

² Técnicamente y en función de las habituales clasificaciones de actividades utilizadas en los sistemas de cuentas nacionales, la moderna biotecnología no tiene categoría de sector (rama, u otra variante). Se trata de una tecnología horizontal de límites muy difusos y variables en su definición que opera a modo de plataforma común de conocimiento, con múltiples aplicaciones en actividades preestablecidas.

³ Por ejemplo, determinados territorios tenían escasa utilidad económica dadas las elevadas temperaturas y poca humedad (sólo en lapsos muy breves, las temperaturas son menos rudas y se producen abundantes lluvias). Históricamente estas tierras eran para pastoreo intensivo una mínima parte del tiempo. El desarrollo -utilizando biotecnología- de cereales que tienen genes de otras especies que las tornan resistentes al stress hídrico sobre las variedades de ciclo corto (maduración en corto plazo) implica la revalorización de tales tierras (ahora de calidad agrícola).

medicamentos (y otros insumos para la salud)⁴. Son sectores donde existe una larga evolución previa y en las cuales la magnitud de los cambios en marcha no ofrece oportunidad alguna de neutralidad. Concomitantemente, en el plano científico y tecnológico, los países de la región ya han desarrollado algunos avances en biología, química fina, fitomejoramiento vegetal, genética bovina y similar, en el marco del modelo previo de generación endógena de tecnología. A ello cabe sumar instituciones (Institutos de Investigación Agrícolas, Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología, Institutos de Tecnología Industrial, etc.) y rutinas de funcionamiento de cierta cuantía que son elementos de base para entender/captar/modificar e impulsar algunos desarrollos propios. Todo ello confluye sobre la biotecnología moderna aplicada a la producción⁵.

El objetivo del presente trabajo apunta a efectuar algunas reflexiones acerca de impactos y posibilidades de la biotecnología moderna sobre el sendero de desarrollo de los principales países de la región. Al efecto, el Capítulo 1 apunta a delinear los rasgos centrales de esta tecnología y sus impactos sobre los procesos productivos; a continuación se examina la dinámica reciente que tienen las aplicaciones de estas tecnologías a nivel productivo en los países desarrollados, enfatizando en las megacorporaciones de la biotecnología. El capítulo siguiente está centrado en los desarrollos de la biotecnología en los países latinoamericanos; incluye una revisión de los esfuerzos públicos y de los incipientes desarrollos privados (con su aplicación a algunas actividades productivas relevantes). El trabajo se completa con una serie de reflexiones acerca de las posibilidades (y limitaciones) que plantean estas tecnologías para los países de la región.

⁴ En otro orden, los países de la región (en particular Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela) evidencian una alta concentración de biodiversidad; es además centro de origen de algunas especies de alta difusión (maíz, papa, cacao, tomate, girasol y piña).

⁵ Ver Anexo sobre las definiciones técnicas referidas a la biotecnología.

II. De la biotecnología a la producción

1. Biotecnología: Aplicaciones e impactos (un mundo desafiante)

1.1 Introducción: De la biología tradicional a la moderna biotecnología

La aplicación de la biología en la transformación de naturaleza es una tecnología muy antigua. La fermentación de bebidas, la fabricación de quesos, e incluso la panificación son tan viejas como la humanidad y tienen como epicentro el uso de procesos biológicos (las levaduras) como herramientas de transformación de materias primas en productos finales. Esos procesos fueron desarrollados a partir de mecanismos de prueba y error y “afinados” desde el siglo XIX con diversas técnicas (en consonancia con el desarrollo de la química). Algo similar ocurrió con el desarrollo de las vacunas y de otros medicamentos de origen biológico: identificado el agente, su atenuación permitía el cultivo reproductivo controlado y con ello la generación de vacunas. La quimera de modificar las características (de conformación y comportamiento) de los denominados “seres vivos” para fines específicos ha sido una constante en la búsqueda científica por miles de años (Solbrig, 2004; Rifkin, 1998; Bourlag, 1997). En el plano agrícola, el uso de las leyes de Mendel permitió contar con una guía -basada en el entrecruzamiento y la ley de los grandes números- para mejorar los procesos de selección, siempre entre intra-especies. Ello dio lugar a la mejora sustantiva, principalmente en el fitomejoramiento de las semillas y, en menor medida, en los registros de genética bovina. Otro paso en dicha dirección fue el entrecruzamiento “manual” entre especies compatibles, dando lugar a los fenómenos conocidos como hibridación. Su resultado fue la clave del uso masivo de las semillas híbridas (junto con la mecanización y los agroquímicos) como eje central de la denominada revolución verde de los años cincuenta y sesenta. Aún así, los conocimientos (y el control técnico más preciso) de las razones de tales comportamientos biológicos, eran poco conocidos científicamente. Las técnicas aplicadas respetaban el cruzamiento “natural” entre especies.

La descripción hipotética del funcionamiento del ADN (en 1953) permitió comenzar a ahondar los conocimientos sobre el funcionamiento interno de los procesos genéticos. Las

investigaciones avanzaron en la identificación de cada gen, sus funciones asociadas, las formas de relación con las proteínas y otros mecanismos de la compleja biología de las células. De allí surgió rápidamente el interés por el uso aplicado de los avances científicos: la manipulación de los códigos del ADN de cada ser vivo, la posibilidad de copiar individuos (clonar), la identificación de qué gen corresponde a qué rasgo (estructural y/o funcional), guiaban investigaciones. Muy pronto -ya a mediados de los sesenta- estos avances científicos abandonaron el plano teórico y sirvieron de base para el desarrollo de nuevos productos y procesos⁶. Como otras experiencias tecnológicas sustantivas -como el uso de la fusión nuclear para la generación de energía- el avance de la ciencia comenzó a correr *pari passu* con (y se retroalimenta) los desarrollos tecnológicos y éstos con aplicaciones comerciales concretas. En este caso, ello significó que, los avances iban a demandar una relación muy estrecha entre lo científico, lo tecnológico y lo comercial. Inevitablemente abrió la necesidad de reformular el modelo científico (articulado previamente bajo el paradigma de bien público financiado con recursos estatales) y tecnológico (previamente exclusivo de tecnólogos privados y orientada por el lucro). Como consecuencia a inicios de la década del ochenta, se lanzaron al mercado los primeros medicamentos obtenidos a través de recombinantes (la insulina recombinada y la eritropoyetina fueron los productos más destacados)⁷. Bien entrados los noventa, aparecen más productos en el área farmacéutica a la vez que se inicia la aplicación crecientemente masiva a los cultivos (modificados genéticamente), a los alimentos y a la provisión de materias primas industriales (denominado genéricamente biomasa para usos industriales).

Más allá del posterior desarrollo -sobre el cual volveremos sobre el final de ese capítulo-, en lo que resta de la sección nos centraremos en las especificidades de esta tecnología, dado que por sus características abre espacios de intercambios (y bajo ciertas condiciones genera nuevos mercados) no sólo en el ámbito productivo sino también en el científico. El pasaje de una idea teórica a un producto final, implica una larga serie de pasos técnicos, en cada uno de los cuales es dable identificar subproductos (genes, servicios de secuenciamiento, test, servicios de bioinformática, cultivos, plásmidos, equipamiento específico -como los secuenciadores y/o los cañones génicos-) pasible de ser desarrollados en forma integrada o bien, en el marco de una red de intercambios de bienes y conocimiento. Dicha red puede tener cobertura local o integrarse a escala internacional. En otros términos, la moderna biotecnología, articula una forma de producción de abre múltiples oportunidades de negocios (y acumulación), previamente inexistentes.

Se define a la moderna biotecnología como la aplicación científica y tecnológica a organismos vivos, sus partes, productos y modelos destinados a modificar organismos vivos y/o materiales aplicados a la producción de conocimientos, bienes y servicios (OECD, 2006).

Se trata de una tecnología que tiene un conjunto de principios científicos y técnicos comunes y una larga lista de especificidades técnicas aplicables a desarrollos específicos. Es una plataforma tecnológica que sirve de base para tecnologías específicas de uso concreto en actividades productivas. Existen al menos tres “avenidas” donde se producen avances sustantivos (más allá de desarrollos tan prometedores pero aún experimentales que los hace poco previsibles en términos de su aplicación productiva):

a) El uso de técnicas de biotecnología moderna para mejorar costos y desarrollar productos tradicionales. Por ejemplo el uso de marcadores moleculares (que implica un “salto”

⁶ Unos de los descubridores de la composición del ADN (Watson) expresó: “Pensamos en el 1953, con Crick, que estábamos contribuyendo a una mejor comprensión de la realidad”. “No sabíamos que estábamos contribuyendo a su transformación”.

⁷ La primera patente a un organismo vivo modificado corresponde a una bacteria modificada con capacidad de fagocitar determinados desechos provenientes de la industria petrolera. Dicha bacteria fue patentada en la legislación norteamericana en 1962.

técnico cualitativo respecto del estado previo del arte) para el entrecruzamiento natural de especies; en este caso, el producto final no varía y sigue siendo convencional bajo los parámetros de la biología clásica, pero el uso de esta técnica mejora la “eficiencia” de la investigación y (particularmente) el desarrollo. Otros ejemplos similares pueden encontrarse en la producción de medicamentos por técnicas recombinantes, que dan como resultado productos preexistentes pero a costos menores y/o con menos posibilidades de defectos. Desde el punto de vista productivo y comercial y legal al no modificarse el producto final, (por lo general) no son necesarios marcos regulatorios nuevos, a la vez que, en su explotación comercial, pueden utilizarse una larga serie de activos complementarios (las marcas, los canales de comercialización, parte de los equipos de empaque y distribución) desarrollados previamente⁸.

b) El “diseño de nuevas especies” a partir de incorporar -con procedimientos de cierta rigurosidad (ingeniería genética)- genes determinados en organismos preexistentes a fin de dotarlos de estructuras estables y/o funciones particulares. En tal caso estamos en presencia de la transgenia, dado que las técnicas disponibles permiten incorporar genes de otras especies. De este modo, la barrera que impone la naturaleza para la cruce inter-especie es salvada por la actividad científica. Para ello es necesario conocer en profundidad no sólo la biología del receptor, el gen (y sus características) que se desea incorporar, el vector/procedimiento para realizar dicha incorporación y el procedimiento en sí, sino también la complejidad biológica del receptor⁹. El desarrollo de esta faceta de la biotecnología es claramente comercial¹⁰.

c) La profundización científica del funcionamiento molecular, que opera como plataforma para nuevas aplicaciones. En particular se destaca, la identificación de los mapas genéticos, la “mecánica” de funcionamiento interno a las células, la identificación de los promotores, las relaciones entre proteínas y genes, los mecanismos de síntesis, los nexos entre determinados genes y patrones de conducta de los seres y otros aspectos similares. Como planteáramos previamente, en estos casos, la complejidad del tema, la vastedad de los objetos de análisis (la casi totalidad de los seres vivos) y los múltiples métodos de trabajo y “rutas técnicas”, dan como resultado (habitualmente) una segmentación de la actividad¹¹. El paso siguiente es plasmar estos desarrollos científicos a nivel aplicado.

⁸ Ello permite reforzar la competitividad en función de lograr una mayor sinergia entre el uso de nuevos procesos y/o herramientas a partir de la posesión de una serie de activos complementarios.

⁹ Los desarrollos cuentan con un receptor (con millones de genes) al que se incorporan unos pocos para cambiar muy parcialmente el conjunto de atributos que lo califican.

¹⁰ Ello se verifica en diversos aspectos: i) genera nuevos productos (entendiéndose por ello no sólo los contenidos del producto -por ejemplo el arroz con proteínas (*golden rice*) o el ratón fosforescente-, sino también sus conductas -por ejemplo, plantas con resistencia al stress hídrico o a bajas temperaturas-); ii) en su desarrollo intervienen nuevos insumos (como los genes, las técnicas de transgénesis, etc.) que demandan “arreglos” institucionales acerca de los derechos de propiedad; iii) el procedimiento de producción inicial y los derechos sobre las reproducciones posteriores; iv) su escalamiento productivos; v) la producción y distribución y vi) el marco regulatorio.

¹¹ Por lo general, algunos grupos científicos secuencian genes, otros aportan el soporte informático necesario (bioinformática), terceros tratan de identificar genes con rasgos y/o comportamientos, etc. Si bien se trata de una actividad científica (bajo algunos de los parámetros normales de ésta), tiende crecientemente a convertirse en una actividad económica, sujeta a mecanismos de intercambio de mercado. Ello es así dado que: i) las investigaciones se desarrollan en el marco de redes, donde diversos laboratorios realizan parte del proceso obligándose a algún mecanismo que rija el intercambio; este mecanismo puede ser el de mercado (coordinación anónima) o bien el de contractualización por parte de un coordinador jerárquico; ii) nuevamente, para minimizar los costos de transacción de estos intercambios se requiere de “arreglos” institucionales que permitan la apropiación tanto de productos (genes, proteínas, *arrays*, etc.) como de procesos (una secuencia de proteínas; una bacteria modificada que puede transportar e introducir en una célula a un gen). Esta breve descripción de este subsegmento

1.2 De la biotecnología como ciencia a la tecnología aplicada: ¿Una nueva plataforma de negocios?

El pasaje de un desarrollo científico a una técnica y el de ésta a una tecnología con validez comercial, implica, en el caso de la biotecnología una amplia gama de actividades. Se trata de una gran cantidad de “pasos” interrelacionados -con sus respectivas demandas hacia terceras actividades- que pueden ser efectuadas por un único agente o por una multiplicidad de ellos (requiriéndose en este caso mecanismos de derechos de propiedad que faciliten los intercambios); en otros términos, se trata de una actividad que, vista en perspectiva, presenta una amplia cantidad de “puntos de fuga” o de “puntos de ingreso” lo que abre las puertas y/o facilita/demanda la posibilidad de interconexiones. Aún considerando que se trata de un *continuum* de actividades, cabe señalar algunas características particulares.

Un primer conjunto de técnicas es común a todas las aplicaciones posteriores. Casos como la identificación de especies utilizando trazadores moleculares o las técnicas básicas de clonación no difieren sustantivamente según su aplicación posterior. A este conjunto de desarrollos se los conoce como tecnología horizontales y son relativamente estandarizadas y pasibles de ser incorporadas como parte de procesos formales de formación de recurso humanos (cursos universitarios y similares). Tienen como activos críticos elevados umbrales de conocimientos en biología, química fina, e incluso bioinformática.

Un segundo conjunto de tecnologías, en cambio, es de uso específico en aplicaciones y/o casos concretos y como tales tienen un mayor grado de especificidad; por lo general su desarrollo y circulación es acotado a empresas o instituciones o forma parte de acuerdos entre ambos. Sus activos críticos se asocian con actividades específicas tanto en términos de conocimientos (fisiología vegetal y bovina; patologías humanas, etc.), como operacionales (variedades vegetales y animales, equipamientos, etc.).

Sumado a ello e incrementando la complejidad analítica, cabe sumar otro elemento desde la perspectiva de la posterior aplicación territorial de estas técnicas. Si se refieren a su uso en agricultura y/o ganadería, su aplicación debe contemplar la especificidades de suelos y climas regionales (en otros términos, la inexistencia de suelos y climas homogéneos a nivel mundial acota la posibilidad de una aplicación biotecnológica universal y uniforme); si la aplicación de técnicas generales y/o específicas recae sobre el campo de la salud humana, tampoco es dable encontrar patologías universales únicas, sino que existen múltiples enfermedades regionales¹²; algo similar ocurre en el plano de los alimentos donde las conductas sociales convalidan y/o niegan atributos alimenticios altamente subjetivos por regiones o grupos étnicos. Como resultado, si bien existen una serie de técnicas -genéricas y específicas por actividad- de corte universal, la presencia de especificidades locales en los diversos ámbitos de aplicación, requiere de procesos adaptativos a usos en regiones específicas.

El pasaje de una idea a un producto, en el caso de la biotecnología, tiene algunos rasgos particulares:

de la biotecnología aunque tiene una fuerte impronta científica, ilustra sobre la multiplicidad de “mercados” que se generan a partir de abrir la caja de Pandora que es la célula de un ser vivo; considerándolo en perspectiva local, alerta sobre la necesidad de cada espacio local de “reubicarse” en las redes de desarrollo de conocimiento de este tipo, ya sea como “proveedor” de algún desarrollo o como nodo operativo para coordinar y captar el resultado final; habitualmente los nodos de redes de este tipo se ubican en las mega empresas de biotecnología y/o en los institutos públicos.

¹² Incluso muchas patologías genéricas responden a organismos que, dado su poder de adaptación y/o mutación, tienen rasgos propios por regiones y/o grupos poblacionales.

- a) generalmente, las “búsquedas científicas” (aislamiento de un gen, relación entre un gen y el rasgo que determina, mapas genéticos, etc.) están orientadas desde el inicio por el desafío de resolver un problema (¿qué gen determina la insuficiencia suprarrenal?; ¿cuál es el desequilibrio que “altera” el comportamiento de algunas células y las vuelve cancerígenas?); en otros términos, el propio desafío conlleva una pre-orientación de los desarrollos científicos; se trata de usos genéricos;
- b) a poco de centrar la pregunta de investigación, surge la eventual aplicación a la solución técnica de un problema; estamos a un paso de lo pre-competitivo; sin embargo, el camino técnico elegido puede no ser el adecuado lo cual replantea el accionar del biólogo u otro científico inicial; se trata de usos específicos;
- c) obtenida la solución técnica, el paso siguiente es la viabilidad productiva; dado que el proceso es maleable, por lo general, ello obliga a replantear todo el esquema de desarrollo previo; de esta manera, los propios desafíos de la biotecnología conllevan a un mayor relacionamiento entre “lo científico”, “lo tecnológico” y “los negocios”;
- d) la complejidad de los desarrollos -aun en lo científico- abre las posibilidades/torna recomendable el “despiece” de las actividades a punto tal de que se generen múltiples oportunidades/necesidades (nuevas) de intercambio, que bajo ciertas circunstancias, se convierten en mercados (reales o potenciales); ello lleva a revalorizar conocimientos desarrollados previamente y a plantear nuevos mercados;
- e) existe un conjunto de tecnologías comunes a todos los desarrollos -tecnologías horizontales- y otras específicas para el desarrollo de aplicaciones concretas en sectores nuevos o en procesos nuevos de actividades preexistentes; y
- f) por lo general, las especificidades locales (climas y suelos, patologías, perfiles alimentarios, etc.) acotan la “universalidad” en estas tecnologías obligando a procesos adaptativos locales.

El pasaje de un desarrollo de laboratorio a un producto probado (funcionalmente), aprobado (regulatoriamente), que sea económicamente rentable y con ello permita un proceso de acumulación que sienta las bases para el desarrollo, implica otra larga serie de pasos -son sus consecuentes formas de organización-:

- a) desarrollado el producto/proceso es necesario el escalamiento industrial, etapa menos sencilla que en otras actividades dado que se trata de productos biológicos;
- b) esta etapa es concomitante con otro aspecto relevante cual es el marco regulatorio; ello se refiere no sólo a los derechos de propiedad sino a las condiciones seguridad, inocuidad y eficiencia de los desarrollos¹³;
- c) la etapa productiva (incluyendo proveedores de insumo, equipos, capacidad laboral, balance entre producción interna y subcontratación, etc.); y
- d) la distribución y otros procedimientos hasta llegar al consumidor; dadas las áreas finales de aplicación de la biotecnología (medicamentos, vacunas, terapias génica, insumos industriales, alimentos, etc.) cobran relevancia algunos activos

¹³ Cada uno de los cuales responde a marcos regulatorios nacionales para cada sector de aplicación en particular.

complementarios como las marcas, las relaciones contractuales previas, el almacenamiento, las cadenas de frío y, en general, la logística de distribución¹⁴;

En síntesis, la plena captación de la renta tecnológica y productiva, requiere no sólo del dominio tecnológico, sino fundamentalmente del control productivo, las capacidades para dar respuesta a las regulaciones y el manejo de los canales comerciales del producto hasta llegar al consumidor. En perspectiva el control tecnológico en los desarrollos iniciales si bien es la llave de entrada al negocio opera sólo a modo de condición necesaria para captar rentas; las condiciones suficientes, se asocian con el control de las restantes etapas. Obviamente, esto conlleva dos modelos polares de organización, conformados, el primero de ello por mega empresas con una alta integración técnica y productiva (especialmente en las actividades nodales) y, el segundo, por la segmentación de actividades en el marco de tramados productivos mas desconcentrados. Este marco analítico debe ser evaluado, considerando las aplicaciones en actividades concretas donde los países de la región cuentan, o bien con mínimos umbrales científicos, o bien con incipientes desarrollos productivos y comerciales (Encrucijadas, 2001).

2. Aplicaciones de la moderna biotecnología en la producción

2.1 Aplicaciones a la ganadería

Entendiendo por ganadería la cría doméstica de un conjunto acotado de especies en función de su aporte a la alimentación (carnes, leche) o la posterior industrialización (cueros, grasas, pelos, etc.) una primera posibilidad es el uso de estas tecnologías para identificar rasgos que permitan guiar el proceso de selección y entrecruzamiento natural. Se trata de un conjunto de herramientas de base genética que permiten conocer -vía *test*- la “calidad” de algún subproducto deseado¹⁵.

El uso de la biotecnología permite inicialmente identificar “objetivamente” los genes que son responsables de los atributos deseados o, por la negativa, no deseados; otros desarrollos posteriores, permiten -en base a extracción de material vivo (sangre, pelo, células epiteliales, etc.)- contar con *tests* que validan o no la existencia de tal conjunto de genes. Ello permite reemplazar los mecanismos subjetivos de identificación de calidad (*pedigree* en base a datos antropomórficos y/o rendimientos *ex post*) por sistemas más objetivos. “Aguas abajo” en las etapas industriales restantes, ello facilita tipificar la calidad de la materia prima que ingresa a la industria, con el consiguiente mecanismo de mejora de precios por calidad (y con ello abre las puertas a la diferenciación del producto final)¹⁶.

¹⁴ En estos casos se torna relevante la relación entre la producción de los nuevos productos con las estructuras administrativas, de gestión, de producción y de distribución, preexistentes que cobran mayor valor y permiten captar con mayor plenitud las rentas de los nuevos desarrollos.

¹⁵ El espesor de la lana, la terneza de la carne, la cantidad y ubicación de grasa en carne, los niveles de producción de leche (en bovinos y caprinos) así como su composición (grasas proteínas, lípidos, etc.), responde a la preponderancia/existencia de un conjunto de genes específicos en determinados animales de una especie.

¹⁶ Por ejemplo, en Nueva Zelanda, existe un procedimiento por el cual los reproductores de ganado bovino para carnes, son categorizados por estrellas (cinco es el máximo). La clasificación se efectúa por métodos de trazadores genéticos, en bases al porcentaje de presencia de genes predeterminados de los animales; los genes que se usan como calificadores son una treintena que explican la terneza final de la carne; otra decena de genes considerados como deseables, se asocian con el marmoreado de grasa en carne. Ambos atributos son altamente valorados (con el consecuente sobreprecio) en el mercado ABC de Japón. De esta forma, una técnica de la moderna biotecnología aplicada al cruzamiento y la reproducción natural permite objetivar la calidad del animal (en reemplazo de los mecanismos

CUADRO 1
APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA A LA GENÉTICA ANIMAL

Técnica	Casos	Efectos
1. Identificación total/parcial del mapa genético (y/o genes específico)	. genes de terneza en bovinos . genes de proteínas, lípidos y otros en leche . manifestaciones de genes de marmoteado de carne . genes de espesor de calidad de lana en ovejas . mapa de genes que identifican como único al individuo . identificación conjunto de genes de fenotipo	Objetivación de la terneza (en origen del bovino) Objetivación de la calidad de producción láctea Idem primer ítem Mejor calidad de la materia prima Permite sistemas inviolables de identificación y rastreabilidad Optimiza los procesos naturales de entrecruzamiento; objetiva la calidad de las razas (cambia subjetividad por parámetros objetivos de productividad de la materia prima primaria)
2. Clonación	. Animales para experimentación . Animales transgénicos para leches modificadas . Animales transgénicos para trasplantes de órganos con mínimo rechazo . Animales en extinción	Mejora costos/calidad de investigaciones Nuevos productos finales
3. Modificaciones transgénicas (suma de genes inter especies)	. genes que “sobre” producen defensas orgánicas naturales . genes de coloración . genes que mejoran la transformación alimento/carnes/grasas/leche . genes que modifican los procesos ruminales (menor emisión etanol) . genes que mejoran la resistencia a condiciones climáticas	Nuevos productos Nuevos productos Menores costos Menores costos / mejora ambiental Menores costos
4. Técnicas asociadas	. inseminación artificial . fertilización in Vitro . sexado de embriones . sexado de semen . test de evaluación . identificación . de cualidades predeterminadas . de patrones de razas	Mejora calidad de rodeos / mejora de materia prima industrial Mejora proceso de selección Mejora de costos y producción Mejora costos de producción en carne y leche por selección
5. Descripción de los mapas genómicos	Tecnología de base que mejora todas las técnicas previas	

Fuente: elaboración propia en base a información secundaria.

Un segundo uso, ya de mayor complejidad, es la clonación de animales; se trata de reproducir ejemplares de alta productividad, con rasgos deseables y/o en vías de extinción. En los primeros de los casos, el procedimiento -aún técnicamente imperfecto- implica, por un lado, un salto cualitativo en los milenarios procesos de selección, pero, por, otro introduce el riesgo de acotar la variabilidad biológica al centrar el hasta ahora “proceso de selección natural” a un rango acotado de tipos de animales por especie.

Un nivel avanzado de complejidad está contenido en la tercera de las grandes actividades, donde se trata de modificar el perfil genético de los animales en base a introducción de genes que cambien ya sea la conformación o la calidad de la producción de algún derivado (como la leche). Los casos posibles son múltiples, pero las realizaciones concretas se centran en un número

habituales de registros de razas en base a características antropomórficas). Procedimientos similares comienzan a instrumentarse en varios de los principales países exportadores de carnes del mundo.

acotado de casos. Los más relevantes se ubican en la producción de animales transgénicos cuya leche contenga determinadas modificaciones. Son los primeros pasos hacia los denominados “nutracéuticos”, donde las modificaciones génicas apuntan a dotar a la leche de una serie de elementos que previamente provenían de aditivos nutrientes y/o medicamentos. Mayor nivel de proteínas, sobreproducción de determinadas hormonas incluidas en la leche (que posteriormente serán extraídas y refinadas) y otras metodología ya son emprendimientos científicos/productivos reales. Se trata de que los animales produzcan naturalmente -vía instrucciones genéticas modificadas- elementos que en algunos casos provenían naturalmente del cuerpo humano y que - ante su carencia- fueron durante décadas sintetizadas por la vía farmoquímica¹⁷.

Finalmente, existe otro conjunto de tecnologías biológicas avanzadas (eventualmente previas a la moderna biotecnología). La más sencilla de las técnicas es la de inseminación artificial que permite mejorar rodeos bovinos en base a un número acotado de reproductores seleccionados; en un proceso de selección ello implica que unos de los pares reproductivos mejore sustancialmente en la descendencia. La técnica siguiente (en complejidad) es el aislamiento de óvulo y la fertilización *in vitro* para su posterior implantación en vientres donantes; ello, si bien no implica ninguna técnica inter-especie, permite cruzar -en grandes cantidades- machos y hembras seleccionados mejorando el proceso natural. Cabe recordar que siempre que se trabaje con estas técnicas tiende a reducirse el espectro de variabilidad dentro de una especie para concentrarse en una determinada línea. Otra técnica que se encuentra en el límite entre lo biológico y el control de algunas herramientas biotecnológicas es el sexado de semen y/ o embriones. Nuevamente en estos casos se aúnan ciertos desarrollos científicos y de procedimientos con otros claramente inducidos por la demanda de mercado¹⁸.

El impacto real de estos desarrollos debe medirse, sin embargo, por el modelo tecnológico y productivo preestablecido en estas actividades. En la actualidad la producción de carne, leche y/o otros insumos provenientes de los animales (excluidos los mercados de animales de recreación) operan sobre la base de un modelo tecnológico caracterizado por:

- a) el grueso de la genética no es producida por los productores lácteos o de carnes; por lo general existe un nodo previo -la cría de animales para reproducción en “las cabañas”- donde está la mayor riqueza tecnológica;
- b) el uso de tal genética (reproductores) se transmite con la propiedad del animal;
- c) tal propiedad y la posterior diseminación puede darse por métodos naturales o artificiales (inseminación, implantación de embriones, etc.);
- d) en este último caso media otro conjunto de expertos más cercanos a los aspectos científicos cuanto más complejo es el mecanismo utilizado; aparecen las empresas de genética bovina, equina y/o lanar, distintas de las cabañas y de los propios productores.

¹⁷ Esta veta productiva se complementa con los primeros intentos de producción de animales con determinados órganos que sean compatibles (con bajo rechazo) en trasplantes hacia seres humanos. Se trata de modificar animales (particularmente cerdos), a fin de que determinados órganos (corazón, páncreas) puedan ser total o parcialmente implantados en humanos con menores síntomas de rechazo que los derivados habitualmente de los trasplantes inter-humanos. Ello eliminaría además el problema de la falta de donantes.

¹⁸ Si la actividad final es la cría de hacienda para carne, interesa seleccionar inseminación artificial en base exclusivamente a machos, mientras que si se trata de lechería, interesa un procedimiento que predetermine el nacimiento de hembras (capital reproductivo).

El impacto real de los desarrollos queda mediado -por el momento y para las producciones masivas- por el modelo tecnológico donde, entre el usuario -productor agropecuario en este caso- y el oferente, existen crecientes mercados. En términos de Pavitt (1984) se trata de un sector que depende de proveedores de insumos, -en este caso, la genética¹⁹.

A ello cabe sumar otro modelo si el destino final no es -como en carnes y lácteos- el consumo final, sino la producción de principios activos para uso humano, intermediarios para terapias génicas; en estos casos la posterior difusión está muy unido a los modelos prestacionales de salud preexistentes. Las facilidades preestablecidas (de producción de servicios de salud, de medicamentos, los canales comerciales, las marcas etc.) son esenciales tanto en el proceso de difusión de la nueva tecnología como en la captación de rentas diferenciales asociadas a su uso.

Existe una amplia gama de posibilidades de utilización de la biología avanzada, y de la ingeniería genética aplicada a los procesos de selección y desarrollo de animales. Las mismas tienen, en lo sustantivo tres tipos de impactos: i) tienden a mejorar el proceso de selección “natural” acortando los lapsos temporales del proceso; ii) generan nuevas tecnologías capaces de objetivar determinados atributos de los animales (y/o de sus posteriores producciones); iii) implican productos nuevos y/o usos de “productos naturales” pero modificados; iv) establecen procesos de producción donde se induce a un organismo animal a la producción de determinados componentes químicos preexistentes en la naturaleza (que reemplazan a otros previos que provenían de la industria química).

2.2 Aplicaciones a la genética vegetal

La relevancia inicial de la biotecnología aplicada al agro se relaciona con el relevante papel que tiene éste en la seguridad alimentaria²⁰. Las aplicaciones de la biotecnología a la genética vegetal tienen algunas similitudes y otras diferencias con el caso analizado previamente.

Inicialmente se destaca que los granos (excepto algunos casos) fungen como bienes de capital (semillas) con capacidad de reproducción y/o como bienes finales (granos) en sus diversos usos. Sus procesos reproductivos son más cortos (especialmente para los cultivos más destacados) y su desarrollo se da en el marco de paquetes tecnológicos cada vez más complejos (incluyen fertilizantes, herbicidas, insecticidas, etc.). En su explotación se requieren grandes superficies (a diferencia de la ganadería y/o la lechería que pueden confinarse a espacios acotados), lo cual los hace muy sensibles a múltiples necesidades de adaptación a suelos y climas. Ello lleva al concepto de variedad cuya amplitud es mucho mayor que en el caso de los animales. De hecho, las variedades como tales tienen -como veremos posteriormente- sistemas de reconocimientos de derechos de propiedad con regímenes específicos (obtentores vegetales).

Esta distinción es relevante -a los propósitos del presente trabajo- dado que cada mejora biotecnológica debe operar a partir de vegetales preexistentes que han sido objeto de mejoras previas (vía entrecruzamientos naturales y/o hibridación). Dichas mejoras fueron/son reconocidas (bajo diversas formas) por mecanismos de derechos de propiedad intelectual. A partir de estas especificidades y considerando siempre que los vegetales son la base de la cadena alimentaria del complejo de los animales (incluido el hombre), el tema adquiere una relevancia adicional.

¹⁹ No todos los productores usan reproductores de alta genética (se estima que ellos no superan -para Argentina y Brasil- el 10%), lo cual abre otro mecanismo de “transmisión” hasta el usuario final.

²⁰ La FAO estima que se producen por año alrededor de 1,3 trillones de dólares en alimentos. A nivel agrícola -dada la superficie explotada y las tecnologías utilizada- el informe señala que se pierden por año unos 500 billones de dólares por insectos y malezas; unos 120 miles de millones debido a problemas de post cosecha (hongos, bacterias y demás) y un monto similar por problemas de suelos (erosión, drenajes inadecuados, etc.) FAO (2005).

Veamos los principales avances en la materia siempre tratando de discernir lo real de lo posible (distinción que no implica desechar esto último máxime si se considera que los actuales desarrollos productivos de la biotecnología tienen más de una década de introducción al mercado y más de dos década de desarrollo tecnológico).

CUADRO 2
APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA A GENÉTICA VEGETAL

Técnica	Casos	Efectos
1. Clonación	Aplicación a producción de plantines (tabaco, flores, coníferas, y otros)	Produce ejemplares libres de enfermedad Homogeniza la calidad de la materia prima Mejora la eficacia reproductiva Modifica las técnicas posteriores de cultivo Estabiliza nuevas especies
2. Secuenciación de genoma	Stress hídrico Resistencia a insectos (inhibe la producción de toxinas) Coloración Madurez Contenidos específicos (proteínas y/o otros)	Facilita y acorta los procesos de entrecruzamiento natural Permite test para validar calidad de los cultivos
3. Modificaciones genéticas	Soja, maíz, canola, algodón Pasturas (todos resistentes a herbicidas seleccionados) Maíz y otros (inmunes a determinados insectos) Arroz (con proteínas) Oleaginosas con grasas saturada	Reducciones de costos de producción Amplía fronteras productivas Mejora el producto final (contenidos de alimentos) Elimina etapas industriales

Fuente: elaboración propia en base a información secundaria.

Los primeros desarrollos consistieron en aislar parte del germoplasma y lograr la reproducción in vitro de plantines, libres de toda enfermedad. Aislado un ejemplar que se desea multiplicar, la micropropagación es una técnica que permite reproducir n veces la planta en laboratorio y cambiar la lógica de los viveros al pasar de la semilla al laboratorio como espacio de reproducción. Tecnología que dos décadas atrás era considerada de avanzada, en la actualidad tiene una moderada difusión y se aplica a una gran variedad de cultivos. Nuevamente, clonar ejemplares en base a un varietal inicial afecta la diversidad de largo plazo, pero mejora amplios sectores industriales pues homogeniza la calidad inicial de la materia prima. Se aplica extensivamente en la producción de plantines para tabaco, árboles diversos para pasta de celulosa, frutales y en general, aquellos cultivos que se producen inicialmente en viveros y luego se implantan individualmente.

Un segundo conjunto de técnicas se refiere a la identificación de genes y secuencias que son los responsables de contenidos finales de granos y/o de la conducta respecto de determinados eventos externos (climas, atraktividad/repulsión a insectos, salinidad de suelos, etc.). Ello - además de identificar características- permite contar con instrumentos -los trazadores moleculares- que caracterizar atributos de una variedad de planta (altura, tipo de raíces, etc.) lo cual mejora proceso de cruzamiento entre especies compatibles; es decir, no implica transgenia, sino un procedimiento de compleja biología que mejora los sistemas tradicionales. Si a ello le sumamos el manejo de técnicas de cultivos in vitro, la reducción en los tiempos de selección por cruzamiento natural mejora sustantivamente²¹.

²¹ Un ejemplo de ello es el desarrollo de un arroz resistente a una plaga (el arroz rojo), logrado por entrecruzamiento natural, pero que demandó el conocimiento de un gen específico. A lo largo del

El tercer capítulo es la transgenia; o sea, a partir de la identificación y el aislamiento de uno o varios genes de otras especies, se suma a la variedad preexistente y se obtiene una planta nueva²²; si ésta es autógama (se autofecunda) se reproduce establemente n veces; si la base es un híbrido y/o una alógama (necesita de otra que la fecunde), en la segunda reproducción no está asegurado el mantenimiento de los rasgos iniciales. Los genes que se suman pueden operar en dos direcciones: i) cambian la conducta de la planta pero mantienen los contenidos deseables finales inalterados; ii) se modifican los contenidos finales.

En el primero de los casos, los efectos más habituales redundan en mejoras en los costos de producción (por resistencia a herbicidas, a lepidópteros, etc.), hechos que permiten reducir etapas productivas, mejorar tecnologías de implantación (como el caso de la siembra directa), acortar lapsos productivos (dando lugar al doble cultivo o al uso de nuevas tierras donde los climas acotan las posibilidades de producción en ciclos largos). El grueso de los desarrollos actuales, que se difundieron rápidamente en el mercado, se refieren a este tipo de impacto; entre ellos cabe mencionar la soja/algodón/maíz/alfalfa tolerante al glifosato y el maíz/algodón/alfalfa resistente a los lepidópteros, tomates resistentes a heladas, mayor producción de esteroides en tabaco, remolacha resistentes a virus, colza con mejores calidades de aceites. En todos los casos, mejoran las estructuras de costos de producción pero dan como resultado granos que -desde la perspectiva de los usos posteriores- no tienen modificaciones sustantivas. Recientemente comenzaron a lanzarse al mercado semillas que contienen varios genes apilados; el caso paradigmático es el de un maíz -liberado a la venta en EE.UU. en 2006- con promotores que los hacen resistente a los lepidópteros y en simultáneo con un gen que lo hace tolerante al glifosato (Solbrig, 2004; www.monsanto.com; www.syngenta.com)²³.

En el segundo de los casos, las modificaciones implican cambiar el contenido del producto final (el grano) suprimiendo algunos rasgos y/o adicionando contenidos. Los casos más difundidos se refieren a un arroz con proteínas; oleaginosas (colza y sojas) con bajos contenidos de aceites saturados; otros como mayor nivel de omega 3²⁴.

Al igual que el propio desarrollo del evento inicial (a nivel científico), este tipo de producto implica la generación de una gran cantidad de nuevos mercados, ubicados habitualmente en el área de servicios y muy sensibles a los requerimientos de las demandas finales y de los marcos regulatorios nacionales.

La creciente difusión de los transgénicos en la agricultura tiende a modificar sustantivamente la forma de organización dada la emergencia/consolidación de nuevos actores (los “fabricantes” de semillas que provienen de la industria química y/o farmacéutica; los proveedores de insumos químicos asociados a tales semillas; los suministradores de servicios

tiempo el uso de un herbicida para combatir el arroz rojo (maleza) hizo (en algunos ámbitos) desarrollar en éste un gen resistente a dicho herbicida. A partir de ello, por diversos métodos se identificó dicho gen y comenzó un entrecruzamiento entre el arroz convencional y el arroz rojo, lo cual derivó en un arroz logrado por métodos reproductivos convencionales, pero que contiene un gen que lo tornó resistente al herbicida. Existen dos antecedentes de estos desarrollos: el INTA de Argentina y la Universidad de Illinois de EE.UU. (INTA, 2007).

²² Otra variante es, no la adición de (todo o parte de) un gen, sino la supresión de alguno.

²³ *La Farm Progress Show* es una Mega Exposición de campo en EUA. En la edición 2007, Monsanto presentó su maíz con triple inserto genético, resistente a herbicidas, a insectos y tolerante a sequía, ya aprobado en aquel país.

²⁴ En tales casos, se trata de una diferenciación del producto, que al no poder identificarse visualmente (por color o forma) obliga a procesos -análisis de por medio- de segmentación en las etapas de producción, comercialización, acondicionamiento y posterior ingreso a la fase industrial. A consecuencia de ello, se plantea la necesidad de certificaciones de todo el proceso.

asociados con los nuevos circuitos productivos, etc.). A ello cabe sumar impactos tanto a nivel de menores costos como de la generación de nuevos productos.

En el primero de los casos, las cuasi rentas generadas se “resuelven” entre los actores de una red ampliada de actores económicos vinculados con la producción primaria. En el segundo, en cambio, comienzan a tener más presencia las etapas de transformación industrial, las estrategias de diferenciación y finalmente, los propios usuarios.

En todos los casos, el eje del dinamismo gira alrededor de un activo crítico que es la producción de semillas transgénicas y de sus variedades asociadas. La magnitud del negocio de la semilla (y la de los posteriores granos), la relevancia en términos de seguridad alimentaria y la cuasi imposibilidad de que los derechos de propiedad limiten y/o alcancen también los aspectos tecnológicos conlleva a la existencia de derechos específicos referidos a la propiedad intelectual. El punto de partida está constituido por las legislaciones (locales e internacionales) que sustentan la actividad de los fitomejoradores; esta etapa dio como resultado la presencia de un gran número de variedades, que dadas las especificidades de climas y suelos, tiene una fuerte impronta local; los desarrollos posteriores -especialmente aquellos que implican transgénesis- significan el uso de tales variedades para la generación de plantas transgénicas; como resultado, fitomejoradores locales controlan las variedades (bajo la legislación de obtentores vegetales) y las empresas (especialmente multinacionales) controlan los genes y las tecnologías de transgénesis (bajo la legislación de patentes). En simultáneo surgen múltiples nuevos “mercados” que demandan una precisa definición de los derechos de propiedad intelectual (al cual confluyen la ley de obtentores vegetales y la ley de patentes).

2.3 Aplicaciones industriales

Industria alimenticia

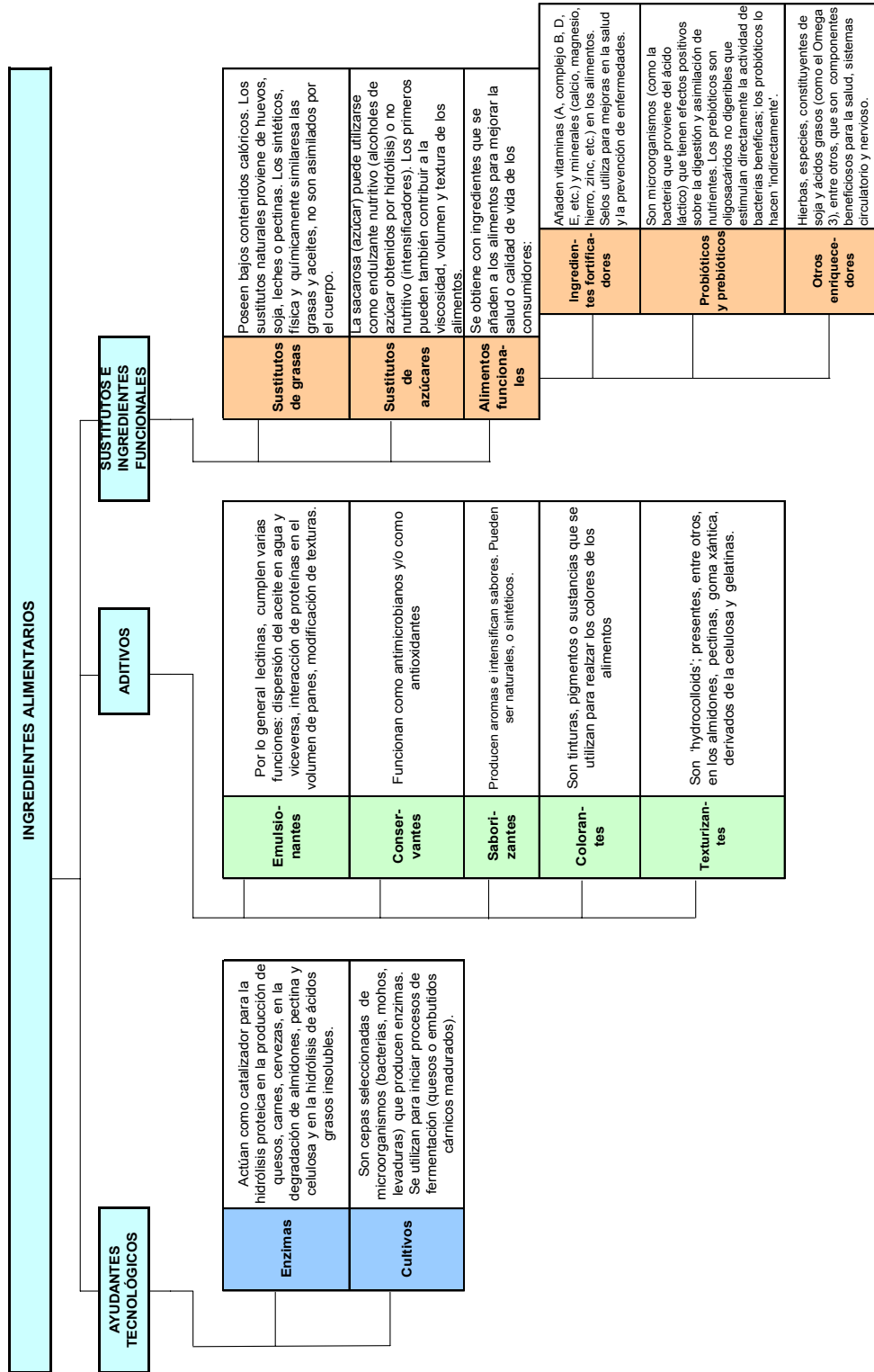
La manufacturación de materia prima para la producción de “alimentos industrializados” remite inicialmente a una larga serie de valoraciones sociales relacionadas con el consumo. “Lo natural” ocupa un lugar central en la escala valorativa en la demanda de alimentos, como contrapartida, las modificaciones genéticas despiertan dudas frente a lo “tradicional” (independientemente de la calidad alimentaria que esto último tenga).

Sumado a ello, desde hace siglos existe una tendencia a “industrializar” insumos primarios bajo diversas tecnologías, en la búsqueda de evitar la perecibilidad, mejorar sanidad, calidad e inocuidad. Para ello se desarrollaron técnicas, que en muchos casos, apelan a la biología convencional. Uso de fermentos en lácteos (para quesos, yogures y otros productos) y bebidas (fermentadas a partir de agregar levaduras), conservantes en enlatados, levaduras de diversos tipos en farináceas e incluso colorantes son ejemplos que ilustran la relevancia de los agentes biológicos en la actividad alimentaria (no productos frescos).

Ambos elementos ubican a la biotecnología como clave en la producción alimentaria. Por un lado, existen amplias prevenciones para su uso asociadas con factores reales de riesgo así como con elementos culturales e inerciales y, por otro, múltiples posibilidades de “afinar” aún más el uso de la biología a través de la ingeniería genética.

El cuadro siguiente constituye una guía de los distintos usos posibles (técnicamente) en esta materia.

CUADRO 3
BIOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE INGREDIENTES ALIMENTARIOS



Fuente: Gutman, Lavarello, Cajal Grossi (2006).

Como en otros casos examinados previamente, la lógica de difusión de estas tecnologías sigue dos vías: por un lado implica una serie de mejoras en los procesos actuales sin alterar el producto final (con impactos sobre los costos, ya que permite un mejor control de las reacciones biológicas); o bien productos finales. En el caso de los productos finales, por lo general, los casos más difundidos corresponden a productos preestablecidos a los cuales se les adicionan bacterias modificadas que les otorgan ciertas bondades deseables desde el punto de vista nutricional.

Los casos más relevantes corresponden a organismos biológicos adicionados a los lácteos (yogures, leches saborizadas); levaduras y fermentos recombinados utilizados en la producción de vinos, quesos y yogures; conservantes y colorantes utilizados en carnes y frutas desecadas.

El proceso de difusión de estas biotecnologías en la producción se basa en un modelo donde el grueso de estos desarrollos son generados afuera de la actividad industrial productora de alimentos; se trata de un esquema donde existe un núcleo muy acotado y específico de desarrolladores y productores de estas biotecnologías que operan muy articuladamente con los gigantes internacionales de la producción de alimentos (Danone, Nabisco, etc.). Para éstos, a su vez, cuentan no sólo las facilidades productivas -en las cuales la biotecnología ingresa como un insumo- sino también, y principalmente, un conjunto de activos complementarios que sustentan su competitividad y le permiten captar parte sustantiva de las rentas de las diversas redes agroalimentarias. Estos activos son las marcas, los canales de comercialización propios, las certificaciones, las rutinas de funcionamiento, e incluso, la financiación. De esta manera, la captación plena de rentas asociadas al desarrollo de nuevas tecnologías -como la biotecnología- demanda (y opera a partir de) el control de tales activos, además de la propia tecnología.

Terapias génicas, medicamentos y otros insumos para el mantenimiento/ restauración de la salud humana

Desde mediados del siglo XIX se fue desarrollando un complejo tramado de actividades -básicamente industriales- proveedoras de insumos para el mantenimiento y la restauración de la salud humana. En este proceso a partir de las primeras décadas del siglo XX comenzaron a primar los medicamentos de origen farmoquímico, como una derivación de la química. En general, se trata de identificar/developar moléculas que, con un razonable grado de efectos secundarios, puedan restaurar el desequilibrio metabólico que genera una determinada enfermedad. Inicialmente, la biología fue esencial en dos planos: el desarrollo de vacunas -en base a cepas específicas de poder atenuado, lo cual permitía la reacción del inoculado generando sus propias autodefensas- y los antibióticos. Posteriormente, se sumaron otros avances de medicamentos de síntesis química. El concepto central seguía siendo el mismo: el cuerpo humano opera con un delicado equilibrio en el marco de un envejecimiento (ineludible) general, que se altera por alguna causa; la medicina -centrada en los fármacos- restaura dicho desequilibrio con agentes químicos externos (el grueso de los cuales provenía de las síntesis químicas).

La moderna biotecnología tiende a afectar el paradigma previo desde diversos ángulos:

- a) a través de un conjunto de manipulaciones puede inducirse al desarrollo de fármacos no por síntesis químicas sino a través de seres vivos; de esta forma se generan fármacos a través de fábricas vivientes (animales);
- b) modificar bacterias para hacer más eficiente el desarrollo de fármacos convencionales;
- c) conocer el mapa genético de las personas y tratar de identificar los genes que “disfuncional” a fin de remediar -por otras vías- el desequilibrio que representa la enfermedad;

- d) desarrollar terapias en base a células madres (que posteriormente se pueden reproducir para “regenerar” determinados órganos).

Al igual que en el caso previo, la captación de los beneficios de la introducción de estas biotecnologías depende en gran medida de las capacidades productivas y de comercialización y/o de la propia conformación del sistema de salud. Nuevamente los activos complementarios se vuelven claves para captar rentas tecnológicas²⁵.

Los avances de mayor significación en el campo de los medicamentos se refieren a una decena de productos generados por técnicas de recombinación. La insulina genética, la eritropoyetina, varios retrovirales para el tratamiento del sida y la producción de unos pocos medicamentos oncológicos. Se trata de nuevos productos de un elevado grado de sofisticación que se orientan a mercados de alto poder de compra o de baja elasticidad precio (caso de la insulina)²⁶.

A diferencia de los esquemas previos -en agricultura, ganadería, alimentación- donde el grueso de la provisión de tecnologías proviene de empresas/sectores ajenos a la actividad usuaria, en el caso de las vacunas, los medicamentos y las terapias génicas, la mayoría de las actividades de investigación y posterior generación de tecnología integran el continuo del proceso que termina en las redes de comercialización. Se trata de una integración vertical entre investigación, desarrollo, producción y comercialización. Esta forma de articulación entre la investigación, el desarrollo y la producción, no es neutra en función del reacomodamiento empresarial que se produce cuando irrumpen tecnologías -como las analizadas- que significan cambios de paradigmas. Si el modelo de articulación se basa en una segmentación de actividades, las nuevas tecnologías tienden a generar (nuevas) empresas en la provisión de éstas, mientras que los “usuarios”, en todo caso, deberán readaptarse -en el marco de un proceso de difusión específico- a las nuevas tecnologías de producto y/o proceso. A modo de ejemplo, en el caso agrario, la irrupción de la soja resistente al glifosato cambió radicalmente el proveedor de semillas, induciendo nuevos modelos productivos, en el marco de un proceso de difusión guiado por el mutuo interés comercial; algo parecido ocurre con las industrias de insumos biológicos para los alimentos: se introducen nuevas enzimas (recombinadas) que son “adoptadas” por la producción

²⁵ En el caso de los medicamentos, alrededor del 50% del precio corresponde a las etapas comerciales, donde se conjugan las fidelizaciones de los laboratorios con los médicos y el mecanismo de receta por marca comercial. El proceso productivo sólo explica el 50% restante del precio, lo cual hace que sean tan relevantes las capacidades productivas como los canales comerciales. En el caso de las vacunas, el modelo es levemente distinto. El costo total de inoculación -soportado en gran medida por los Estados en el marco de campañas estatales- radica en el acondicionamiento y las facilidades de colocación; se estima que alrededor de 1/10 corresponde al costo de las vacunas; si a través del modelo biotecnológico se logran inmunizaciones que eliminen los actuales sistemas de mantenimiento y colocación, los impactos reales serán significativos. Este caso es de particular relevancia -para los países de la región- no sólo por la presencia de nuevos fármacos sino también por la elevada densidad y el desarrollo que tienen los laboratorios locales en distintos países de la región. Diversas razones -inherentes todas al propio producto- derivaron en el desarrollo local de estas actividades y en la presencia de una amplia gama de intangibles -marcas, circuitos de producción, etc.- que podrían verse afectados por cambios masivos en las formas de producción; por otro lado, la presencia de facilidades productivas y otros activos complementarios tienden a revalorizarse ante los nuevos desarrollos.

²⁶ La obtención de una nueva molécula y su exitosa colocación en el mercado tiene una escala elevada. Se estima que requiere una inversión total (desde la idea a la puesta a disposición del público, incluidos los procedimientos regulatorios) del orden de los 800 millones de dólares y varios años de desarrollo (los primeros anticuerpos monoclonales fueron desarrollados en el año 1975, pero se introdujeron en el mercado en el año 1988). De cada 5 000 compuestos testeados, un 1% llega a los tests clínicos en humanos. (Da Silveira, 2007); en el caso de las semillas, a nivel de laboratorio, de 10 000 células transformadas conteniendo el gen buscado, después de testear, tal vez una o dos líneas de células pasan a las pruebas de campo (ver recuadro 1).

de alimentos. Ambos ejemplos necesariamente presuponen dos cosas: i) una interacción de intereses y necesidades entre proveedores de tecnología y usuarios, ii) un replanteo -al interior del tramado de relaciones- en el reparto de la renta.

En cambio, si la organización de la producción incorpora a las actividades de investigación y desarrollo como parte de las actividades generales, el modelo implica un “salto” temático hacia las nuevas tecnologías; este salto puede adoptar distintas alternativas: i) un mayor esfuerzo endógeno de IyD; ii) la cooptación (vía adquisición y/o fusiones) de empresas específicas de las nuevas actividades; iii) convenios/servicios con estamentos públicos dedicados a las nuevas tecnologías²⁷.

Otra alternativa es que nuevas empresas dedicadas a la biotecnología logren sobreponerse en sus primeros estadios a las ofertas de compra y, en el marco de un contexto económico regulatorio favorable, se desarrollen llegando a las instancias de producción y comercialización. En el caso de las empresas proveedoras de insumos para la salud humana, los marcos regulatorios del área sanitaria se convierten en una barrera a la entrada -sea por la complejidad de los requerimientos sanitarios o por sus costos asociados y/o los tiempos involucrados-; finalmente, parte del negocio radica en el desarrollo de los canales de comercialización. Sólo unas pocas empresas han logrado recientemente desarrollarse y emular el modelo de integración de las farmacéuticas tradicional²⁸.

Biomasa como fuente de provisión de materia prima industrial

Desde inicios del siglo XX, se han desarrollado una serie de industrias que tuvieron como epicentro el desarrollo de materias primas provenientes de la química; si bien no de manera excluyente, una parte sustantiva se asocia con la industria petroquímica desde una serie de intermediarios químicos, a partir de los cuales se encadenan una amplia gama de subproductos. En términos del cuadro siguiente, estos procesos arrancaban desde intermediarios -columnas 4 y 5- a partir del *cracking* del petróleo o de otros minerales y/o gas.

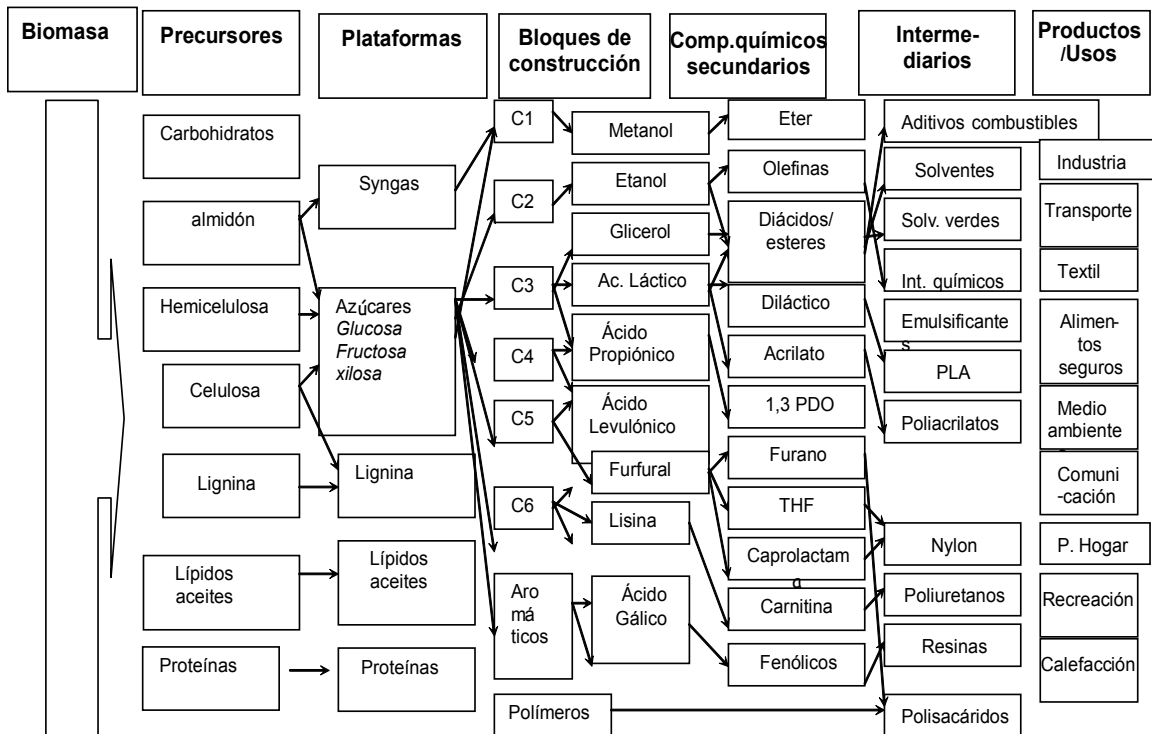
¿Cómo comienza a visualizarse el nuevo modelo de provisión de insumos desde “lo vegetal”? Inicialmente se determina un conjunto de componentes químicos naturales (que incluso pueden tener modificaciones genéticas para evitar procesos posteriores), que pueden ser material vegetal o desechos de animales que se incorporan como material de cultivo en un fermentador (biomasa). En dicho caldo de cultivo se producen una serie de reacciones químicas controladas -utilizando organismos modificados genéticamente- que dan como resultado precursores de insumos industriales. A partir de allí comienzan a aplicarse los procedimientos tradicionales de las industrias químicas y petroquímicas.

Modelos de este tipo permiten, por ejemplo, producir pvc biodegradable, a partir de la molienda de tallos y hojas del maíz; o aplicar mecanismos de captación de biocombustibles a partir de lignina proveniente de los chips de madera y otros desarrollos.

²⁷ El caso arquetípico -sobre el que volveremos más adelante- de estas tipologías son las grandes empresas farmacéuticas, que lentamente van mudando sus investigaciones hacia lo biotecnológico en simultáneo con una activa política de fusiones, adquisiciones, alianzas y convenios con las organizaciones públicas de CyT.

²⁸ Quizás el caso más exitoso de esta estrategia sea AMGEN, una empresa que comenzó en 1986 y que a la fecha tiene una facturación que ronda los 11 000 millones de dólares.

CUADRO 4
DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCTOS BIO BASADOS A PARTIR DE BIOMASA



Fuente: Di Cappa, (2006).

Nuevamente, se trata de tecnologías que se engarzan de muy diversas maneras en las formas de organización posteriores de las actividades en particular. La captación definitiva de la renta y los subsecuentes impactos sobre el desarrollo, en gran medida, dependen de la existencia de activos complementarios tales como los canales de comercialización, las marcas, las rutinas de funcionamiento y otros²⁹.

²⁹ Dupont es una de las empresas líderes en estos desarrollos (polímeros de alta tecnología, elaborados con recursos renovables). La nueva oferta de productos de DuPont contribuirá con las metas sustentables de la empresa, duplicando ingresos por la comercialización de productos derivados de materiales renovables, en por lo menos 8 mil millones de dólares para el 2015. Dentro del portafolio de la línea de productos de polímeros derivados de recursos renovables que DuPont ofrece al mercado: i) las poliamidas de cadena extendida (Zytel); ii) resinas para empaque (Biomax); y iii), una película que permite el paso del aire (Selar VP). Los nuevos grados de la poliamida marca Zytel que están hechos a base de ácido de aceite de ricino, son renovables en un 60% y hasta en un 100% en las líneas PA610 y PA1010 respectivamente. Estas poliamidas se utilizan en aplicaciones de alto rendimiento, donde la resistencia a la temperatura, baja permeabilidad y propiedades mecánicas, son determinantes, como por ejemplo en los sistemas de tracción o en combustibles de automóviles. Actualmente varios grados de la familia Zytel ya se comercializan, y nuevas formulaciones serán lanzadas al mercado durante el próximo año. Biomax RS-PTT, es un polítrimetileno tereftalato (PTT) renovable, que se utiliza para envases rígidos, destinados para aplicaciones en contenedores de moldes de inyección, gorras, y cajas plásticas, donde reemplazará el polipropileno o algún material similar derivado del petróleo. Las primeras aplicaciones se encontrarán en la industria de cosméticos, alimentación y otros tipos de empaques de bienes de consumo. Selar VP, es una película renovable diseñada para el empaque de alimentos, a base de un ácido grado vegetal. Contrario a las bolsas de polietileno que comúnmente se

Si bien no es plenamente coincidente con este tipo de tecnologías, el caso de los biocombustibles plantea un modelo de funcionamiento muy similar. La posibilidad de reemplazo de los combustibles fósiles por otros provenientes de origen vegetal, remite a las distintas rutas de producción y tipos de biocombustibles. Los más relevantes son los biodiesel y el etanol; los primeros tienen como bases las grasas y los aceites, mientras que los segundos derivan de los sacáridos -especialmente el maíz y el sorgo-.

En estos casos, los impactos de las biotecnologías se asocian con las modificaciones que afectan a los contenidos de las semillas. Por un lado existe una amplia gama de modificaciones genéticas sobre las oleaginosas -soja tolerante a herbicidas, girasoles, clonaciones de plantas de palma, incorporación de genes que otorgan resistencia a la sequía- que (como se expresara previamente) mejoran las estructuras de costos; algo similar ocurre con el maíz con la incorporación de genes que lo tornan resistente a insectos y/o la “suma” de genes que generan varios de estos efectos combinados. Por otro, avances recientes, apuntan a modificar el contenido oleico e incluso el tipo de grasa que contienen, lo cual permite “acortar” el número de pasos para llegar del aceite al biodiesel.

Al igual que en otras actividades examinadas previamente, la difusión de estos desarrollos, su aplicación a la producción concreta de granos, la posterior transformación en combustibles y su posterior llegada al consumidor está mediada -en lo que respecta a impactos sobre desarrollo- por: i) el tipo de arreglo institucional referido a los derechos de propiedad intelectual de tales semillas; ii) los umbrales mínimos de capitales y conocimientos requeridos en las etapas industriales; iii) el control sobre las redes de distribución.

La biotecnología industrial es una tecnología de amplias aplicaciones con fuertes posibilidades de modificar sustantivamente algunas actividades industriales. Si bien en lo sustantivo opera sobre la base de seres vivos (rememorando “lo primario”) crecientemente ingresa al campo industrial (especialmente a través de procesos de producción y/o de generación de insumos). Es una realidad desde hace más de dos décadas en la producción de medicamentos donde a través de técnicas recombinantes se producen medicamentos de mejor calidad con procedimientos más seguros y con menores efectos adversos. También abre un amplio campo de posibilidades a partir de las aplicaciones en las industrias de la alimentación, aunque en este caso, las cuestiones culturales y los sistemas de control acotan la pasividad de su desarrollo. En cambio, los mayores emprendimientos -más recientes pero más prometedores- se asocian con el uso de la biomasa como generador de insumos industriales, otrora provenientes de recursos no renovables. Un capítulo particular lo conforman los biocombustibles, especialmente aquellos que pueden provenir de cultivos cuyas semillas son modificadas genéticamente (caso del maíz y/o las oleaginosas).

En todos los casos la importancia sobre los procesos de captación de rentas asociadas a estos nuevos emprendimientos tiene algunos rasgos comunes: i) los derechos de propiedad (patentes, marcas, derechos de obtentores vegetales) son relevantes a la hora de apropiar y/o difundir tales tecnologías; ii) no sólo es necesario dominar la tecnología sino también y, fundamentalmente, controlar los procesos posteriores de producción; iii) en idéntica dirección, operan los controles sobre los canales de comercialización y/o los mecanismos de fidelización de consumidores.

usan hoy en día, Selar VP logra un sellado hermético y permite el paso del aire. Recientemente DuPont y la empresa Tate & Lyle anunciaron la inauguración de una planta ubicada en Loudon, Tennessee, donde se elabora Bio-PDO, un ingrediente clave en la elaboración del polímero marca Sorona, el cual sustituye la petroquímica base 1,3-propanodiol (PDO), y/o 1,4 butanodiol (BDO) en 2 de sus grados. En comparación al polibutileno tereftalato (PBT), Sorona ofrece una mejor apariencia de superficie así como una mayor estabilidad. Actualmente, Sorona se encuentra en etapa de prueba de futuros desarrollos, y se prevén nuevas aplicaciones para el 2008.

En el paradigma fordista, la metalmecánica -basada en las leyes de la química y la física- era la actividad central, a la vez que la industria de los bienes de capital compendia gran parte de la tecnología incorporada; como tal se la consideraba la industria de industrias. En este caso, el escenario parece moverse hacia industrias sustentadas en la biotecnología -basada en las leyes de la biología-, que tiende a convertirse (con mayor énfasis en algunos sectores) en la industria de bienes de capital pero con una base de mayor conocimiento. En ese escenario, la “industria de industrias” es la biotecnología aplicada pero, con una base cada vez menos tangible.

Siendo -real y potencialmente- tan relevantes estas tecnologías, el paso siguiente es analizar su proceso de utilización industrial, en las economías más desarrolladas. Si bien desde sus inicios, estas tecnologías fueron fruto de la investigación pública y aún considerando que en la actualidad existe un fuerte vínculo público/privado, los impactos finales sobre los procesos de desarrollo se viabilizan en gran medida a partir de la dinámica que caracteriza a las empresas.

III. El desarrollo productivo de la biotecnología a nivel mundial

1. Panorama general

Los primeros avances de la biotecnología, en sus etapas pre-competitivas se desarrollaron en las grandes universidades norteamericanas y europeas. La modificación en la Ley de Patentes de EE.UU. (Acta Bayh-Doyle) de 1982 facilitó enormemente los trámites de patentamiento por parte de las Universidades y los institutos públicos, lo cual se constituyó en un impulso para la investigación y el desarrollo en las denominadas nuevas tecnologías. De esta manera, y mas allá de los avances privados en ciencia básicas, las universidades operan a modo de desarrolladores iniciales del proceso, pero a partir de investigaciones claramente orientadas y/o atraídas por aplicaciones concretas (muchas de ellas a ser explotadas en el ámbito privado).

En el mundo empresario, en abril del año 2006 se cumplieron treinta años del lanzamiento de Genentech, empresa considerada como la primera firma biotecnológica (moderna). Su génesis fue, paradigmáticamente, la confluencia comercial de los intereses de un científico y un emprendedor. A este emprendimiento se sumaron varios miles, muchos de los cuales adoptaron el formato de empresas científicas cuya único activo fueron patentes, rutinas y/o desarrollos incompletos, que rápidamente ingresaron a la bolsa de valores norteamericana para captar fondos de inversión³⁰. El fin de la burbuja financiera/empresaria de 2002, puso límite a estos desarrollos y permitió decantar el desarrollo de un número más acotado de empresas pero de

³⁰ Como contraparte de la burbuja financiera de la primera mitad de los años noventa; la idea de los capitales de riesgo, fue invertir en activos que potencialmente podrían representar beneficios a futuro; la lógica era que los pocos aciertos tecnológico más que compensarían -para el conjunto- los masivos fracasos. Aún así e incluso considerando el fin de la burbuja de inicios del milenio, se constituye en un modelo capitalista privado de articulación entre el mercado financiero y el pre-competitivo mundo científico. Para ello fue necesario un cambio de conducta notable: las bolsas de comercio aceptaron negociar empresas que no tenían activos físicos (y a menudo sin ingresos y pérdidas) y los científicos comenzaron a interesarse en los mercados de capitales privados como fuente para financiar sus desarrollos (a la vez que identificaron sus investigaciones en función de los potenciales usos).

creciente dinamismo. En el interín se generaron miles de empresas de alta tecnología, un porcentaje menor de las cuales contribuyó a establecer una masa mínima que permitiría el posterior desarrollo de la actividad.

Actualmente se contabilizan poco menos de 5 000 empresas de biotecnología, con un nivel de facturación global -para el año 2006- estimado en alrededor de los 72 478 millones de dólares. Si bien se trata de una aproximación -dado lo difuso de los límites de la biotecnología- la cifra es suficientemente significativa como para marcar el dinamismo de un sector inexistente hace una década atrás.

CUADRO 5
PANORAMA GENERAL DE LAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGÍA EN EL MUNDO.
AÑO 2006
(En millones de dólares, en cantidad)

	Mundo	Estados Unidos	Europa	Canadá	Asia-Pacífico
Datos de empresas públicas					
Ingresos	72 478	55 458	11 489	3 242	3 289
Gastos en I&D	27 782	22 865	3 631	885	401
Número de empleados	190 500	130 600	39 740	7 190	12 970
Número de empresas					
Empresas públicas	710	336	156	82	136
Empresas públicas y privadas	4 275	1 452	1 621	465	737

Fuente: Ernst & Young (2007).

Como se desprende del cuadro, EE.UU. es el foco de irradiación de estas tecnologías, especialmente a partir de las empresas farmacéuticas y semilleras³¹; muy lejos le siguen los países de la CEE -en particular Francia, Suiza y Alemania-, Canadá y los países asiáticos tienen menor participación y sus actividades se circunscriben a unos pocos sectores y empresas³². Complementariamente existe una participación mínima de empresas públicas; el grueso de éstas son derivaciones de las instituciones de CyT que encuentran en tales diseños jurídicos la forma de captar la renta tecnológica generada previamente en las instancias científicas³³.

Los niveles de facturación alcanzados son -como se desprende del cuadro siguiente- el resultado de un rápido crecimiento que, a todas luces, es sustentado por una fuerte apuesta a las actividades de IyD. En el último bienio, mientras la facturación creció a razón de poco menos de un 15%, los gastos en IyD duplicaron dicha tasa, en una muestra clara de una actividad centrada en la generación de conocimiento aplicado a desarrollos comerciales.

³¹ La mayor presencia de empresas en EE.UU. debe matizarse por el hecho que parte importante de este stock corresponde a *start up* registradas y/o que cotizan en bolsa que en muchos casos no registran facturación (dado que sus únicos activos son conocimientos tangibles -bajo la forma de patentes- o rutinas, métodos o modelos sin una necesaria aplicación comercial aún).

³² La información, relevada a nivel de empresa -dado que la actividad por sus características de horizontalidad no tiene especificidad de sector en términos de las estadísticas convencionales- proviene de una consultora americana volcada a las empresas emergentes; por su inexistencia, un dato es relevante: dicha consultora no releva datos de empresas de la países de la región dada su poca importancia; a juicio de dicha empresa, la actividad privada de la región no es relevante desde la perspectiva estadística.

³³ A partir de una fuerte presencia de empresas que surgieron de incubadoras, es relativamente normal la presencia de participaciones públicas en empresas privadas como “pago” a los costos iniciales de lanzamiento sustentado por el sector público.

CUADRO 6
CRECIMIENTO DE LA BIOTECNOLOGÍA MUNDIAL, 2005-2006
(En millones de dólares, cantidades y porcentajes)

Concepto	2006	2005	Variación
Ingresos	73 478	64 213	14
Gastos en I&D	27 782	20 934	33
Número de empleados	190 500	146 010	30
Cantidad de empresas públicas	710	673	5
Cantidad de empresas públicas y privadas	4 275	4 263	0

Fuente: Ernst & Young (2007).

Los niveles de inversiones en IyD resultan llamativos: representan en algunos casos el 39% del valor de facturación, en una conducta que parece ser generalizada en todos los países. En términos comparativos, las inversiones en IyD -del orden de los 27 000 millones de dólares- son (tentativamente) 2,5 veces superiores a todo el gasto en tal concepto por parte de los países de América Latina (estimada para el año 2004 en 10 404,93 millones de dólares) (RICYT, 2005).

Finalmente se trata de una actividad donde la generación de empleo no es sustantiva en relación con sus niveles de facturación (se estima en menos de 200 mil la cantidad de personas empleadas en la actividad). Pocos empleos pero de alta remuneración y capacidad parecen ser los rasgos de la actividad. De esta forma, los efectos multiplicadores de esta “industria de industria basadas en el conocimiento” se asocian más con la posibilidad de mejorar costos y/o introducir nuevos productos en actividades que le siguen “aguas abajo” en la cadena productiva que en la generación intrínseca de mano de obra.

2. Las principales aplicaciones: Genética vegetal, industria farmacéutica y alimentos

2.1 Genética Vegetal: Las mega corporaciones de las “ciencias de la vida”

La idea de mejorar selectivamente rendimientos y conductas de las plantas se desarrolla *pari passu* la sedentarización y domesticación de determinadas especies. La denominada revolución verde -mecanización, fertilización y usos de semillas híbridas- marcó el inicio de un nuevo modelo que, además de mejorar la productividad, significó un avance de la lógica industrial sobre el modelo tradicional primario. La provisión de tecnología desde la industria, primero se materializó a través de las máquinas agrícolas y luego se completó con la aparición de las empresas semilleras separadas de los productores primarios. Con una presencia pública significativa, la difusión de los híbridos implicó un “avance” de la industria semillera sobre la autonomía de los productores. La actividad de los “semilleros” fue profundizándose con divisiones de tareas entre genetistas, fitomejoradores, reproductores de semillas y vendedores finales. Su resultado giró en torno a la “variedad”, especie con determinadas mejoras incrementales adaptadas a determinados suelos y climas.

El nuevo paradigma de las semillas transgénicas implica un paso más en idéntica dirección, pero con nuevos agentes económicos provenientes de disciplinas también externas a la agricultura.

Inicialmente la posesión del gen, los métodos de selección e introducción y la reproducción in vitro, son actividades donde los conocimientos en biología molecular, química e incluso informática, superan al conocimiento de los anteriores “semilleros”. En el nuevo esquema, parte del control recae sobre el conocimiento genético. Obviamente que será necesario

tener acceso a las variedades, lo cual obliga a: i) acuerdos con fitomejoradores del modelo previo; ii) fusiones, alianzas, adquisiciones de empresas. Aislado el gen y controlado el proceso de incorporación a una variedad, el modelo opera a modo de plataforma para replicarlo en otras variedades y especies; recientemente, comenzaron a liberarse a la venta eventos que contienen varios genes en simultáneo (resistente a insectos y tolerancia a herbicidas).

A posteriori y dada la complejidad de las tecnologías, comienzan a operar los procesos regulatorios. Las regulaciones son variables entre países pero, por lo general, son específicas para sector de aplicación (semillas transgénicas en la órbita de los ministerios de agriculturas; medicamentos y vacunas en las áreas sanitarias, al igual que los alimentos). El común denominador de ellas es su elevado costo (relacionado con la complejidad de los ensayos y la información requerida y en los tiempos demandados).

Los primeros desarrollos sustantivos fueron realizados a inicios de la década del ochenta por tres universidades y una empresa: Washington University-St. Louis, EE.UU.; University of Wisconsin-Madison, EE.UU.; Monsanto-St. Louis, EE.UU., Rijksuniversiteit – Ghent, Bélgica. Posteriormente, ingresarían al selecto grupo de organizaciones que patentan productos transgénicos³⁴. Años más tarde, comenzaron a liberarse comercialmente los primeros productos transgénicos, pero el impulso llegaría bien entrado los noventa cuando comienza a difundirse la soja tolerante al glifosato y los maíces resistentes a insectos.

Complementariamente, algunos de los desarrollos de eventos transgénicos tienen asociados el consumo de determinados herbicidas y/o insecticidas, o bien técnicas de cultivo que demandan nuevos conocimientos tácitos. De esta forma, el resultado es el diseño, por parte de estas megaempresas, de estrategias para “inducir” a los productores al uso de “paquetes” tecnológicos completos (con sus respectivas marcas registradas)³⁵. Estos paquetes tecnológicos -de creciente sofisticación- a menudo son colocados en canales de comercialización que ofrecen incluso financiación de las operaciones. Nuevamente el control de los activos complementarios se vuelvan esenciales en la captación de la renta cuyo origen esta en la nueva tecnología.

En el marco de esta estrategia, resulta entendible la expansión -al mundo de la provisión de semillas modificadas- de las otrora empresas químicas (Monsanto, Dow, Basf y Dupont) o farmacéuticas (Syngenta, Bayer,). Esta estrategia -articulada en base a un proceso de adquisiciones, fusiones y alianzas estratégicas- sumada al crecimiento propio de algunos mercados, dio como resultado mega corporaciones a escala internacional, dedicadas no sólo a la venta de semillas transgénicas sino también a otros productos/insumos complementarios³⁶.

³⁴ Desarrollos 1982/83: a) WSU, Monsanto y Rijksuniversiteit reportan haber transferido genes bacterianos estables para plantas; b) UWIS anuncia la transferencia de un gen a una planta de otra especie; c) WSU anuncia contar con una *Nicotiana plumbaginifolia* con resistencia a canamicina; d) Rijksuniversiteit una *Nicotiana tabacum* resistente a canamicina y metrotexat; e) Monsanto informa el desarrollo de *Petunia* resistente a canamicina.

³⁵ Para control de malezas existen cuatro grandes paquetes: Liberty Link (Bayer); Round Up Ready (Monsanto); Agrisure GT (Syngenta) y Optium GAT (Pionner Hi Bri); cada uno de ellos se compone de varios herbicidas que en conjunto garantizan el control de la casi totalidad de las malezas. Algo similar ocurre con los paquetes para insectos (Yield Gard, Agrisure y Herculex). Los diversos compuestos pueden provenir de distintas empresas, caso donde la alianza estratégica permite conformar el paquete conjunto.

³⁶ Estos movimientos empresariales fueron sustentados además por un particular momento de liquidez del mercado financiero mundial que facilitó enormemente el proceso de concentración.

CUADRO 7
VENTAS Y EMPLEO DE EMPRESAS SELECCIONADAS PROVEEDORAS DE INSUMOS
AGRARIOS. AÑO 2006

(En millones de dólares, porcentajes y unidades)

Empresa	Ventas		Empleo	
	Valor	Participación	Cantidad	Participación
Syngenta	10 138	27	19 500	33
Monsanto	7 344	19	16 300	27
Bayer CropScience	7 182	19	17 900	30
Dupont	6 008	16	s/d	s/d
Basf	3 911	10	s/d	s/d
Dow Agrosciences	3 399	9	6 000	10
Total empresas	37 982	54	59 700	-

Fuente: elaboración propia en base a datos de memorias y balances de empresas.

Las seis mayores firmas acumulan un total de ventas del orden de los 20 mil millones de dólares y niveles de empleo de entre seis y veinte mil personas. Sus ventas reflejan tanto el ingreso masivo al mercado de las semillas modificadas genéticamente como a la de otros activos complementarios.

CUADRO 8
COMPOSICIÓN DE LAS VENTAS DE LAS EMPRESAS SELECCIONADAS. AÑO 2006

(En millones de dólares y porcentaje)

Empresa	Agroquímicos		Semillas		Total (Semillas + Agroquímicos)	Principales productos (en semillas)
	Ventas	Participación	Ventas	Participación		
Syngenta	8 036	79	2 196	21	10 232	Maíz, soja, remolacha
Monsanto	4 028	55	3 316	45	7 344	Soja, maíz
Bayer CropScience	5 851	93	431	7	6 282	Algodón, canola, arroz, hortalizas
Dupont	2 163	44	2 764	56	4 927	Maíz, soja
Basf	3 911	100	0	0	3 911	-
Dow Agrosciences	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	Maíz, soja, algodón, arroz

Fuente: elaboración propia en base a datos de memorias y balances de empresas.

CUADRO 9
INDICADORES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR EMPRESA. AÑO 2006

(En millones de dólares, unidades y porcentajes)

Empresa	Gasto en IyD	Personal en IyD	Gasto en IyD / ventas	Personal en IyD / empleo
Syngenta	1 008	4 000	10	21
Monsanto	725	s/d	10	s/d
Bayer CropScience	774	s/d	11	s/d
Dupont	567	s/d	9	s/d
Basf	421	s/d	11	s/d
Dow Agrosciences	s/d	s/d	s/d	s/d
Total Empresas	3 494			

Fuente: elaboración propia en base a datos de memorias y balances de empresas.

Se trata de emprendimientos con una fuerte inversión en actividades de investigación y desarrollo; los valores absolutos de IyD de algunas empresas son similares -por ejemplo, en el caso de Monsanto- a la totalidad del gasto en IyD para un país como Argentina.

Sus apuestas a futuro pasan por la profundización de las investigaciones como base de lanzamiento de nuevos productos. Monsanto es un caso arquetípico.

RECUADRO 1 **DONDE LA BIOTECNOLOGÍA ES LA APUESTA AL FUTURO**

A nivel mundial, la compañía emplea a unos 17.000 trabajadores, 5.000 en Saint Louis (Missouri), aunque en estas instalaciones se desempeñan unas 450, de las cuales 300 tienen doctorados en distintas especialidades. En lo que a investigación se refiere, la empresa es la mayor inversora mundial, con US\$ 720 millones el año pasado, el 90 % de los cuales se destinaron a semillas y biotecnología. Monsanto fue fundada en 1901 por John Queeny, estableciéndose en la década del 60 la división agrícola. En 1976 se lanza el *Round Up*, manteniendo hoy el 50 % del mercado mundial en este producto. En 1996 se lanza el RR, primer evento biotecnológico de importancia mundial. Hoy, invierte el 55 % en semillas y el 45 restante en agroquímicos.

Plataforma. La empresa basa su trabajo en cinco patas: En el Estudio del Genoma se intenta descubrir o mapear los genes de cada individuo. Después, tratan de descubrir la función de cada uno. El ser humano tiene el genoma definido, pero sólo se conoce la función del 10 % de los mismos. En el maíz, sin embargo, se ha registrado un avance mayor que en cualquier otro cultivo en este sentido.

El Mejoramiento Convencional es el cruzamiento de individuos para mejorar la calidad de la productividad.

El Mejoramiento Molecular es el cruzamiento de las variedades, sin esperar a que crezcan. Ya desde la semilla se determinan sus características a través del microscopio, acelerando así el mejoramiento de las mismas.

El Análisis de Granos es el sistema basado en la resonancia magnética para medir las proteínas, el aceite, y otras propiedades de la semilla, sin necesidad de destruirla para poder hacerlo.

La etapa de la Biotecnología, por último, es la transferencia de genes entre plantas.

Cultivos

En cuanto al algodón, las plantas que pasan todos los tests en las cámaras de crecimiento son llevadas a uno de los 26 invernaderos en la cima del edificio de desarrollo agrícola. Se las testea en cuanto a la expresión de sus proteínas, y la continuidad de sus características nutricionales y bioquímicas. Los *Breeders* comienzan luego a testear las características agronómicas de la planta a campo.

En la cámara de crecimiento del trigo, es posible simular un medio ambiente de desarrollo similar al natural. Se deja crecer las plantas, y luego comienzan los tests con la determinación y la expresión cualitativa y cuantitativa de las proteínas; además de unas 400 claves acerca de las características bioquímicas y nutricionales. Las plantas que no pasan esta etapa inicial son removidas del proceso de desarrollo, y las que pasan siguen con el mismo.

Con el maíz se hace un proceso similar: las plantas que alcanzan las expectativas son llevadas al invernadero de la terraza del edificio. Comienzan luego los tests de expresión de proteínas, y los *breeders* comienzan a testear la apariencia física y desenvolvimiento agronómico. Los genes del maíz modificado son implantados en variedades estándar en el invernadero. En cuanto a la soja, todos los cultivos de laboratorio son llevados al campo. Comenzando con 10 000 células transformadas conteniendo el gen buscado, después de testear, tal vez una o dos líneas de células pasan a las pruebas de campo.

Productos en desarrollo en Chesterfield:

- Maíz tolerante a la Sequía: Una de las tecnologías de las nuevas generaciones agrícolas de alto impacto, evidencia ventajas en los rindes.
- Maíces más eficientes en la metabolización del Nitrógeno: Permite un mayor uso del mismo, y aumenta los rindes en ambientes normales como en aquéllos en los que haya déficit de nitrógeno.

- Maíces con tres eventos acumulados: Permite una protección más amplia contra insectos de la raíz, además de la protección contra lepidópteros y tolerancia *Roundup*.
- Sojas tolerantes al Dicamba: 3° generación de tecnologías tolerantes a herbicidas; ofrece tolerancia tanto en pre como en la post-emergencia; aumentando la flexibilidad en la aplicación de herbicidas.
- Sojas con protección a insectos: 1° generación de tecnologías en protección a insectos de oleaginosas; con mayores rindes con respecto a las sojas convencionales. La empresa espera poder comercializar esta tecnología junto con las Sojas RR2 de Alto Rendimiento, liderando así un nuevo paquete tecnológico en sojas.
- Sojas de alto rendimiento: Existe la oportunidad de introducir genes que trabajan directamente sobre la mejora intrínseca del rendimiento de la planta.
- Sojas Vistive I, II y III: Mejoran la calidad del aceite de soja, reduciendo el contenido de ácidos grasos saturados, lo que contribuye a mejorar la dieta del consumidor y prevenir enfermedades cardíacas.
- Sojas Omega-3: Productos oleaginosos que son mejores para los consumidores, con resultados con rendimientos comparables a los de las sojas convencionales.
- Algodón BR: Combina en la misma planta las propiedades de resistencia a insectos y herbicida *Roundup*.

Fuente: Federico Ager. Campo Litoral / septiembre 2007.

Son empresas de rápido crecimiento. El proceso de desarrollo de estos conglomerados se comienza a principios de los años noventa cuando adquieren las primeras compañías de biotecnología/ biología aplicada. El año 1996 -cuando se libera a la venta la primera soja tolerante a herbicidas- marca el inicio de un desarrollo acelerado en las ventas de este conjunto de empresas. Como se puede observar en el cuadro siguiente, la tasa de crecimiento supera el 15% anual.

CUADRO 10
EVOLUCIÓN DE LAS VENTAS DE LAS EMPRESAS SELECCIONADAS
(En millones de dólares)

EMPRESA	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Syngenta	-	-	-	-	4876	6 323	6 197	6 578	2 810	2 831	2 961
Monsanto	2 555	3 126	4 448	5 248	5 493	5 462	4 673	4 936	5 423	6 294	7 344
Bayer CropScience	2 350	2 283	2 248	s/d	s/d	s/d	5 636	6 917	5 560	3 876	3 219
Dupont	2 472	2 518	3 156	s/d	s/d	4 295	4 516	5 470	5 939	6 090	6 008
Basf*	-	1 536	1 932	2 094	2 914	4 174	3 545	3 176	2 668	2 646	11 828
Dow Agroscience	2 010	2 134	2 134	2 334	2 346	2 612	2 717	3 008	3 368	3 364	3 399
Total Empresas Seleccionadas	9 387	11 597	13 918	9 676	15 629	22 866	27 284	30 085	25 768	25 101	34 759

Fuente: elaboración propia en base a datos de memorias y balances de empresas y Bisang y Varela (2006).

Nota: *Antes del año 2001 incluye la información de los negocios farmacéuticos. Paridades. 2003: Euro 1,2=1 US\$; 2004: Euro 1,25=1 US\$; 2005: Euro 1,24=1 US\$; 2006: Euro 1,26=1 US\$

Se trata de empresas que reenfocaron sus actividades hacia un conjunto de productos que conforman paquetes tecnológicos completos. Estos paquetes tecnológicos se articulan a partir de semillas modificadas genéticamente que en algunos casos asocian ineludiblemente el uso de herbicidas (y/o paquetes de herbicidas/insecticidas). Una década atrás operaban en la química fina y/o en la farmaquímica, tienen una larga historia de patentes, marcas y canales comerciales en tales actividades, que se convierten en plataformas ideales para los nuevos desarrollos. Son muy activas en IyD, en el marco de una rápida evolución en sus niveles de facturación. Son cada vez menos “semilleros” y cada vez más “fabricantes industriales de semilla” (usando ingeniería

genética). En sus estrategias, predomina la noción de venta de paquetes tecnológicos completos (incluidos servicios), pero que giran sobre tales semillas.

2.2 Industria farmacéutica

En otras actividades, como en el caso de la industria farmacéutica, los niveles de facturación y la dinámica innovativa tienen registros similares. En este caso, existen dos universos de firmas:

- i) empresas que previamente habían desarrollado la farmoquímica -o sea, habían logrado un salto cualitativo a partir de la fermentación y/o la síntesis química- y posteriormente ingresaron -por desarrollos propios y/o por la compra de empresas biotecnológicas- a la producción de fármacos por esta vía; el caso paradigmático es Roche con la primigenia compra de Genentech.
- ii) empresas íntegramente biotecnológicas que se desarrollan en base a un descubrimiento y se integran posteriormente con las etapas de producción y comercialización (siguiendo un esquema schumpeteriano tradicional). En este último caso, el modelo de desarrollo de negocio trata de emular a las empresas farmacéuticas consolidadas en los sesenta y en los setenta: su fuerte inicial radica en ventajas tecnológicas a las que se les suman, con el paso del tiempo, la construcción de una serie de activos complementarios que le permiten completar el proceso de captación de la renta tecnológica³⁷; el caso paradigmático es AMGEN.

El primer conjunto de empresas tiene en varios casos -como los de Bayer y/o el de Syngenta- centros de negocios especializados en semillas por un lado y medicamentos/vacunas por otro; otros casos como Roche y/o Pfizer incursionaron en los recombinantes y otros medicamentos biotecnológicos a través del redireccionamiento de sus investigaciones, de alianzas con terceras organizaciones y/o mediante la compra de empresas (otrora) pequeñas que detentaban desarrollos novedosos. Nuevamente las universidades y sus institutos de investigación asociados resultan claves en la dinámica innovativa privada.

Alternativamente, surgieron empresas “nuevas” en el mundo farmacéutico, basadas exclusivamente en productos nuevos de origen biotecnológico. El primer producto, fue la eritropoyetina, que compartió los primeros lanzamientos con la insulina recombinante; se trata de desarrollos que ingresaron a los mercados a partir de mediados de los ochenta y alcanzaron su vigencia comercial a inicios de los años noventa. En la actualidad existen en el mercado alrededor de unos veinte productos nuevos de origen biotecnológico. El número debe evaluarse desde la siguiente perspectiva: el lanzamiento de moléculas químicas fue muy rápido en los años sesenta y ochenta, con oleadas por patologías -los antibióticos, los tranquilizantes, los betabloqueantes, etc.-; a partir de mediados de los ochenta, solamente se lanzaban al mercado entre cuatro y seis moléculas radicalmente nuevas, denotando ello el “amesetamiento” de la curva de nuevos productos; el grueso correspondía a variaciones de drogas previas (*me too*). La biotecnología, aparece, en tal contexto como una vía de “recrear” la tasa de lanzamientos de nuevos fármacos y/o de modificar radicalmente el concepto terapéutico (al menos para el caso de algunas enfermedades).

³⁷ Estos activos son los recursos humanos en las áreas regulatorias, los canales de comercialización, la fidelización del sistema médico de dispensación basado en las marcas; la introducción de los productos en los listados de compras de organismos oficiales y/o de los planes de vacunación obligatorios, etc.

CUADRO 11
EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS: NUEVA INDUSTRIA FARMACÉUTICA AÑO 2006
(En millones de dólares y porcentajes)

Compañías Biotecnológicas (País de origen)	Ventas	I y D	
		Total	IyD/ Ventas
Amgen Inc.(EE.UU.)	14 268	3 366	24
Genentech, Inc.(EE.UU.)	9 284	1 773	19
Merck Serono SA (ALEMANIA)	6 259	752	12
Biogen Idec, Inc.(EE.UU.)	2 683	718	27
Genzyme Corporation(EE.UU.)	3 187	650	20
Chiron Corporation(EE.UU.)	s/d	s/d	s/d
Gilead Sciences, Inc.(EE.UU.)	3 026	384	13
MedImmune, Inc.(EE.UU.)	1 277	438	34
UCB Group (Ex Celltech Group) (GB)	2 757	775	28

Fuente: elaboración propia en base a datos de las empresas e informaciones secundarias.

El caso más dinámico es el de AMGEN, una empresa americana que tiene una facturación del orden de los catorce mil millones de dólares en base a la explotación comercial de una docena de nuevos productos. Un caso muy parecido es Genentech, aunque en este caso, con una orientación mayor hacia los temas de salud.

En todos los casos, y al igual que las consolidadas empresas farmacéuticas, el paso siguiente es la internacionalización de las fases finales del proceso; en ese contexto, AMGEN y Genentech inician los procesos de establecer sucursales a nivel mundial a fin de adaptarse a las condiciones regulatorias locales y de establecer los modelos propios de fidelización de la demanda.

2.3 Ingredientes para la industria alimenticia

Un modelo similar al descrito previamente puede aplicarse a las empresas productoras de insumos biotecnológicos para la industria alimenticia (Gutman, Lavarello y Cajal Grossi, 2006).

Se trata de una actividad industrial donde lo biológico tradicional tiene una fuerte incidencia. Levaduras, fermentos, enzimas y otros productos forman parte de la industria alimenticia desde sus inicios. La novedad de la moderna biotecnología reside en el control más ajustado de la actividad de estos “biológicos”; ello permite, en algunos casos, nuevos productos, en otros, una reducción de costos y/o un mejor control sobre la variabilidad de la calidad de los productos. Existen dos modelos en lo referido a la provisión de estas tecnologías; en el primero de los casos las propias empresas alimenticias -que se cuentan entre las de mayor facturación a nivel mundial- han ido redireccionado algunos de sus esfuerzos de IyD hacia la aplicación de modernas técnicas de biotecnología. Se trata de un delicado proceso, en el cual por un lado priman los atractivos de las nuevas biotecnologías y, por otro, se tornan relevantes los temas de imagen asociados con la inocuidad y calidad “tradicional” de los alimentos. Cabe señalar, en tal sentido, el papel de la publicidad en la fidelización de consumidores y lo delicado y riesgoso de modificaciones radicales en este ámbito.

El otro modelo, consiste en empresas proveedoras de estas tecnologías, independientes de aquellas dedicadas a la producción de alimentos. Varias de ellas se reseñan, en lo referido a ventas, empleo y gastos en IyD en el cuadro siguiente.

CUADRO 12
PRINCIPALES EMPRESAS DE INGREDIENTES ALIMENTARIOS. AÑO 2006
(En miles de millones de dólares)

Empresa	Ventas totales	Ventas FI	Vent. FI / Vent. Tot.	País de origen
NovoZymes	37,26	8,77	24	Dinamarca
ADM	36,60	s/d	s/d	Estados Unidos
AAK	13,88	7,84	57	Suiza
Danisco A/S	11,18	7,47	67	Dinamarca
DSM	10,52	1,61	15	Países Bajos
Ajinomoto Co. Inc.	9,96	6,41	64	Japón
Rodhia	6,06	s/d	s/d	Francia
Ferry	5,86	3,94	67	Irlanda
Associated British Foods PLC	5,31	3,42	64	Gran Bretaña
Givaudan	3,69	2,14	58%	Suiza
IFF	2,10	s/d	s/d	Estados Unidos
TOTALES	142,43	41,61	29	-

Fuente: elaboración propia en base a datos de las empresas e informaciones secundarias.

Nota: Cifras en dólares de acuerdo a las paridades promedios para el año 2006 de las distintas monedas. FI: Food Ingredients (ingredientes alimentarios).

Se trata en este caso de empresas que tienen una fuerte especialización en ingredientes para la industria alimenticia; sus niveles de facturación de FI (*food ingredients*) supera largamente los 1 000 millones de dólares.

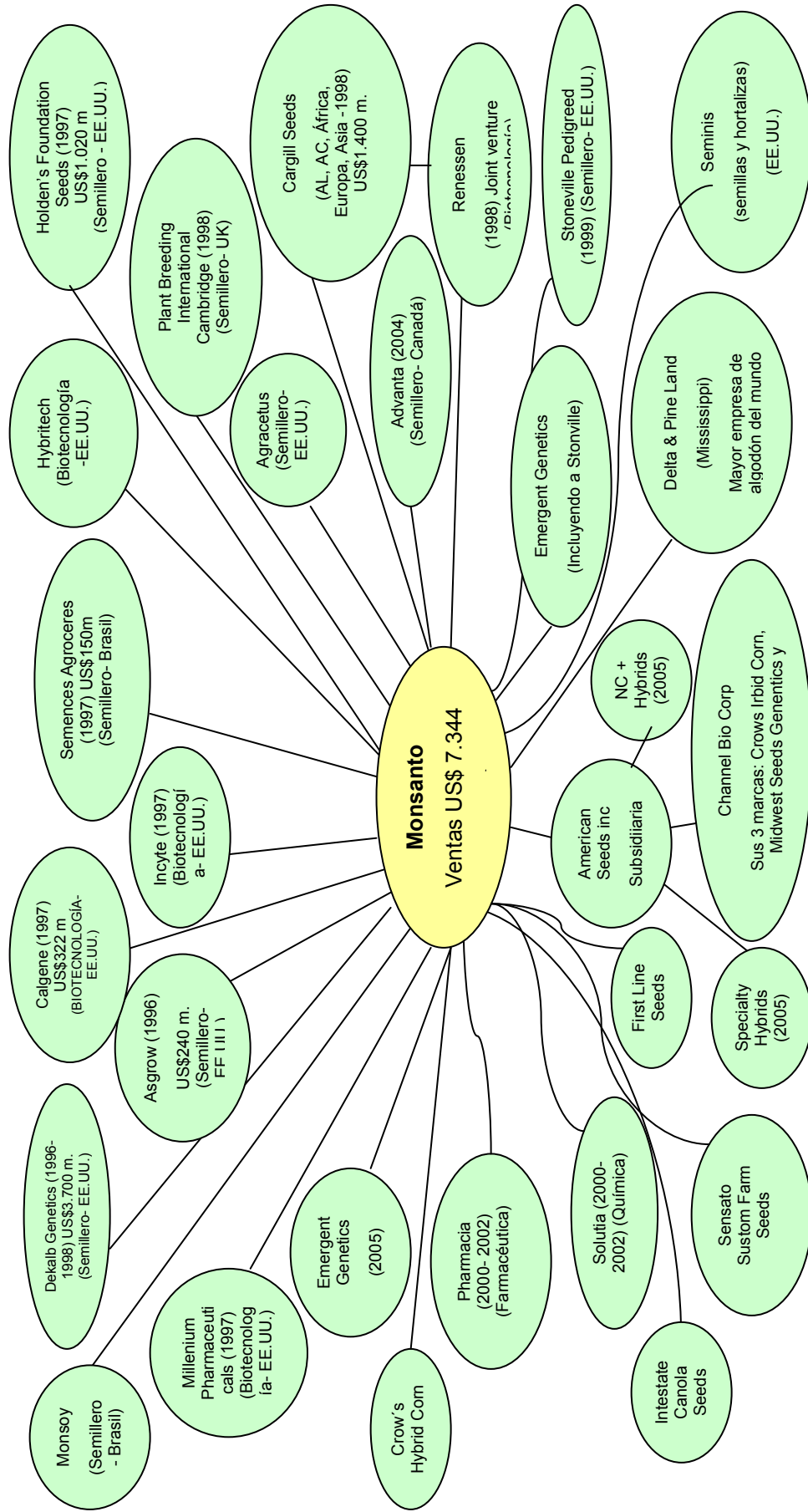
3. Desempeño reciente y modelo de funcionamiento

El tamaño que crecientemente alcanzan las empresas que operan en el campo de la biotecnología, responde, tanto al crecimiento intrínseco impulsado por las demandas de nuevos productos y/o procesos, como a la reconfiguración de sus formas de organización y, dentro de éstas, de los procesos de fusiones, alianzas y adquisiciones que se desarrollan a partir de inicios de los noventa. Ello remite a las formas organizacionales de estos desarrollos que, necesariamente, escapan a las fronteras nacionales tornándose universales. El crecimiento endógeno y las políticas de fusiones y adquisiciones, sumado a las alianzas en el plano de la IyD, parecen ser la matriz común para los emprendimientos más dinámicos.

Sin dejar de considerar que estas acciones tienen como sustento el desarrollo de nuevos instrumentos financieros, en el marco de una acentuada liquidez internacional que permite el desplazamiento de fondos inter-países e inter-sectores, el grueso de los procesos de concentración tiene como origen un conjunto acotado de empresas que inicialmente se habían consolidado en el campo de la química, la farmacéuticas u otras actividades similares. A partir de ello, reconfiguran sus “actividades claves” hacia la captación de activos críticos biotecnológicos (patentes de genes, control de tecnologías de promotores, desarrollo de *arrays*, etc.), desde la cual despliegan nuevas reconfiguraciones de sus negocios. Señalamos tres casos que pueden ser considerados paradigmáticos en el marco de este proceso.

El primero de ellos corresponde a Monsanto. Se trata de una empresa de capitales norteamericanos que se había especializado en los años sesenta y setenta en la producción de productos químicos -varios de ellos intermediarios de síntesis- con niveles de facturación del orden de los 600/700 millones de dólares. La “ola” de fusiones y adquisiciones se inicia a mediados de los noventa cuando controla a una empresa que tiene genes aislados y patentados (Asgrow); como se desprende del cuadro siguiente, a partir de controlar una pequeña plataforma biotecnológica, los pasos siguientes apuntan a captar semilleros en dos de los cultivos donde las semillas genéticas tienen mayor desarrollo: la soja y el maíz.

CUADRO 13
MONSANTO. PRINCIPALES FUSIONES Y ADQUISICIONES, 1997-2006
(En millones de dólares)



Fuente: elaboración propia en base a datos de Bisang, Gutman, Lavarello, Szulwark y Diaz (2006); datos de Memorias y Balances de Monsanto.

La lógica de expansión inicialmente arranca con la compra de empresas semilleras ubicadas en EE.UU. y Canadá que le permiten ingresar al mundo de las semillas genéticamente modificadas. Se inscriben en tal estrategia las compras de Asgrow, Dekalb, Monsoy y Hibritech (dedicadas a los mercados de soja y maíz); posteriormente avanzan sobre Delta Pipeline (la mayor empresa semillera de algodón) y en leguminosas y forrajeras. El modelo trata de completar paquetes de semillas con los correspondientes herbicidas; el caso paradigmático es la soja tolerante al glifosato, productos ambos sobre los cuales Monsanto tiene -en EE.UU.- las respectivas patentes³⁸. La compra de varias de las empresas semilleras incluyó un activo clave: el canal de comercialización, lo cual permitió llegar (incluso contractualmente) a los agricultores en el uso de las nuevas técnicas basadas en los cultivos transgénicos.

El modelo de fusiones y adquisiciones rápidamente se extendió a terceros países donde se verifica el doble esquema de tierras y tradición agrícola y el desarrollo local de variedades de soja, maíz y algodón. La empresa matriz necesita ampliar la base de su negocio en dos direcciones: territorialidad y nuevas variedades; ambos argumentos le permitirán ampliar la demanda por sus productos en el marco de nuevas redes internacionales. Ejemplos de estas dinámicas son las compras de semilleras de canola en Canadá; Sementes en Brasil y Chemotecnica Sintyal (empresa de herbicidas) en Argentina y Sensato Sum Farm Seed en Sudáfrica. El cuadro también ilustra cómo la actividad específica de fármacos -a través del Holding Pharmacia- se desprende de Monsanto dada la especificidad de sus actividades.

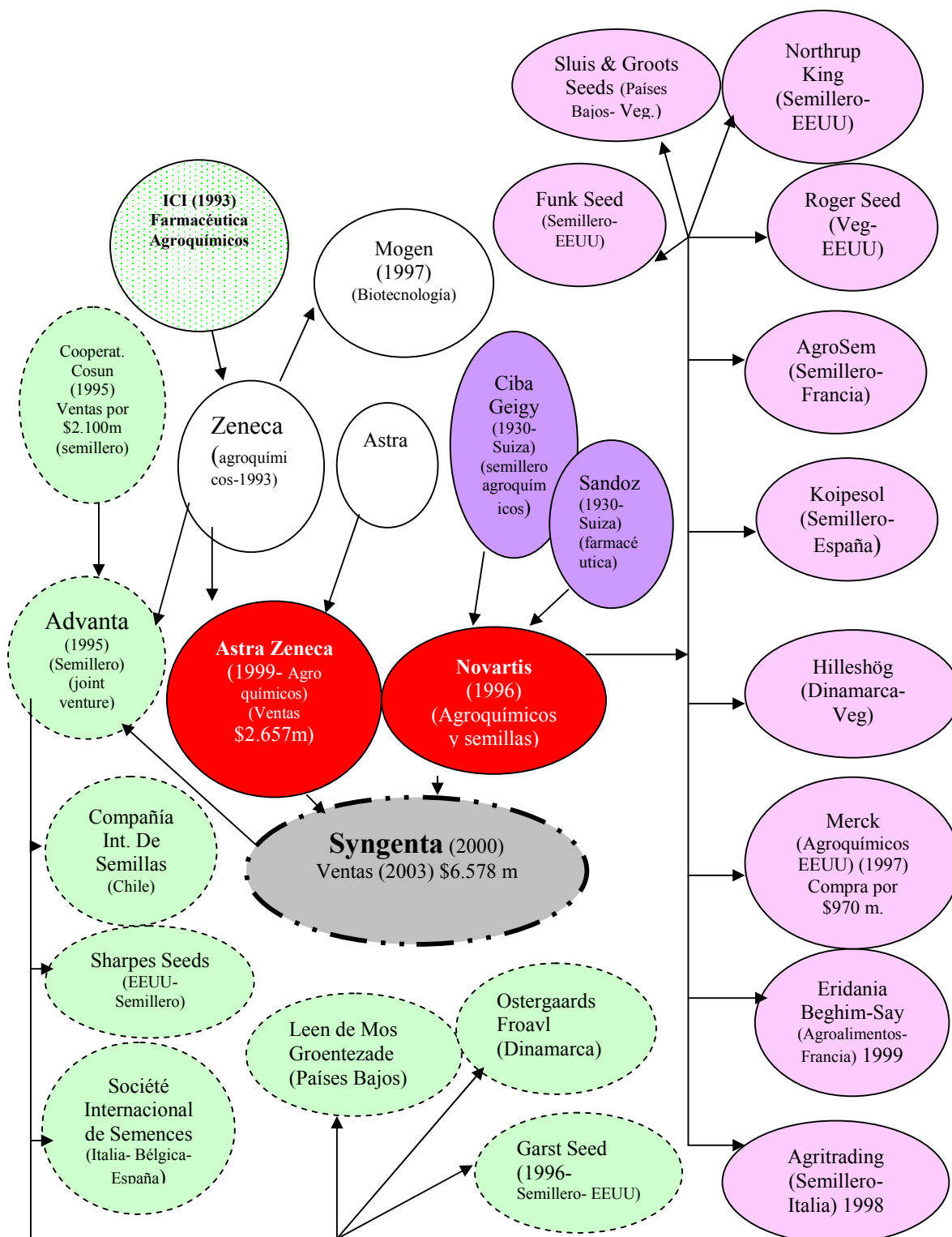
Un modelo de concentración similar, pero con origen en la farmoquímica, lo constituye el caso de Syngenta, posiblemente la empresa líder internacional en ésta área. Los cuadros siguientes dan cuenta de dos procesos: el primero hasta la configuración de Syngenta y el posterior del lanzamiento y consolidación desde Syngenta.

Syngenta surge a partir de la fusión de Astra-Zéneca y Novartis, en una conjunción de capitales americanos y europeos. Novartis proviene, en lo sustantivo, de Ciba-Geigy (empresas químicas suizas que nacieron independientes y se unieron en la década del ochenta). Esta empresa se unió a otra tradicional firma farmoquímica suiza (Sandoz) y generaron un polo de alta capacidad biotecnológica de base farmacéutica; pronto se fusionarían con otro gigante que en paralelo había realizado una serie de fusiones pero desde la química y las semilleras.

El modelo es similar al de Monsanto: se ingresa desde una actividad colateral y comienza a rearmarse el *core business* de la nueva mega corporación incorporando semilleras a partir de una plataforma biotecnológica establecida. Obviamente junto con las semilleras llegan los desembarcos en los espacios locales y la captación de los canales de comercialización. La lógica es la conformación de “paquetes” técnicos en el marco de un nuevo modelo de agricultura. Habiéndose consolidado Syngenta, comienza, a partir del año 2000, el posterior proceso de expansión.

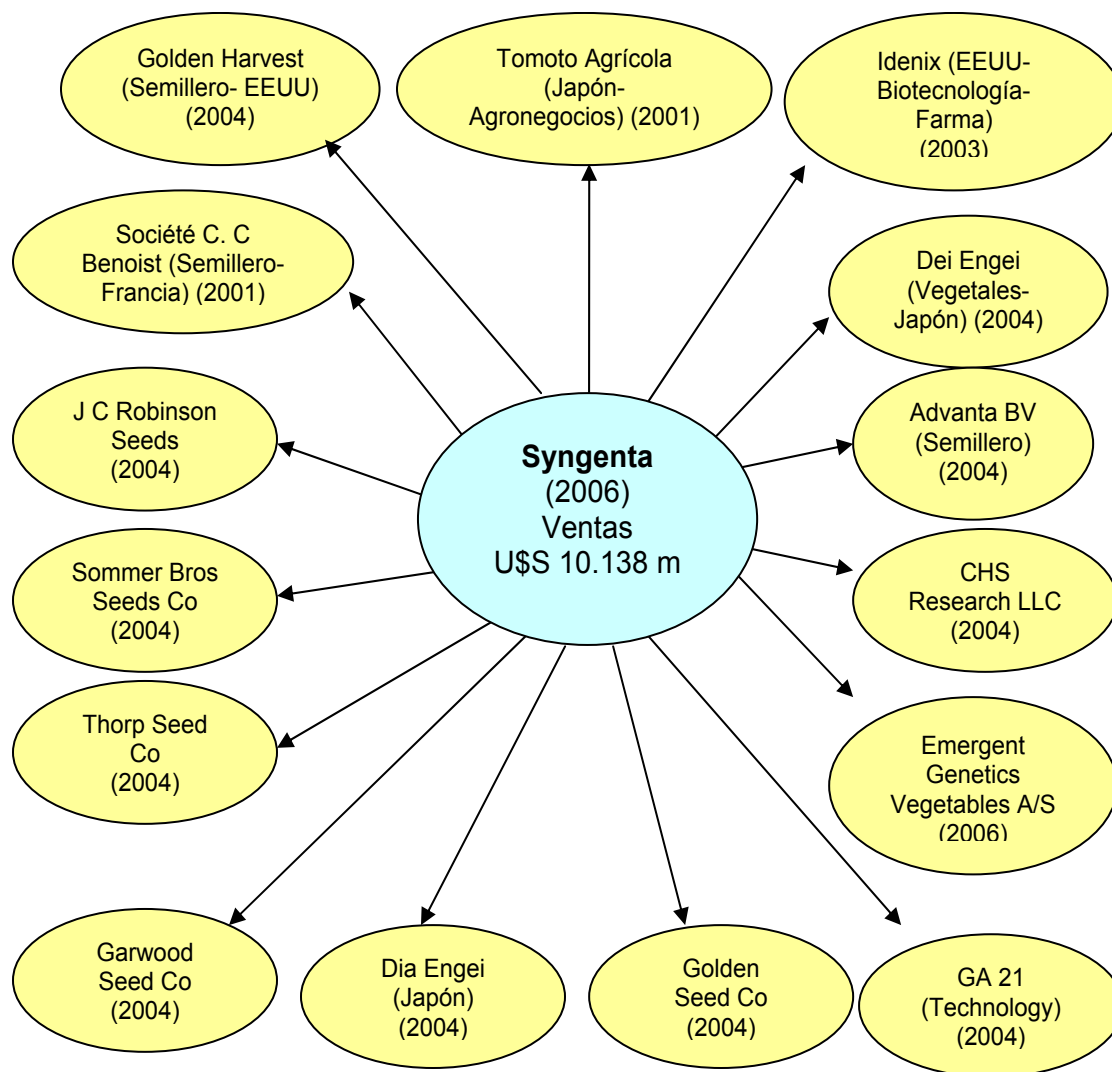
³⁸ En el caso del glifosato, Monsanto contaba con la patente bajo la marca Roundup Ready, lo cual popularizó mundialmente a la soja transgénica como soja RR. Idéntica denominación correspondió al algodón resistente al glifosato comercializado bajo el nombre RR.

CUADRO 14
PROCESO DE FORMACIÓN DE SYNGENTA (1996-2000). FUSIONES Y ADQUISICIONES
(En millones de dólares)



Fuente: Bisang y otros, 2006.

CUADRO 15
SYNGENTA. PRINCIPALES FUSIONES Y ADQUISICIONES (2000-2006)
(En millones de dólares)

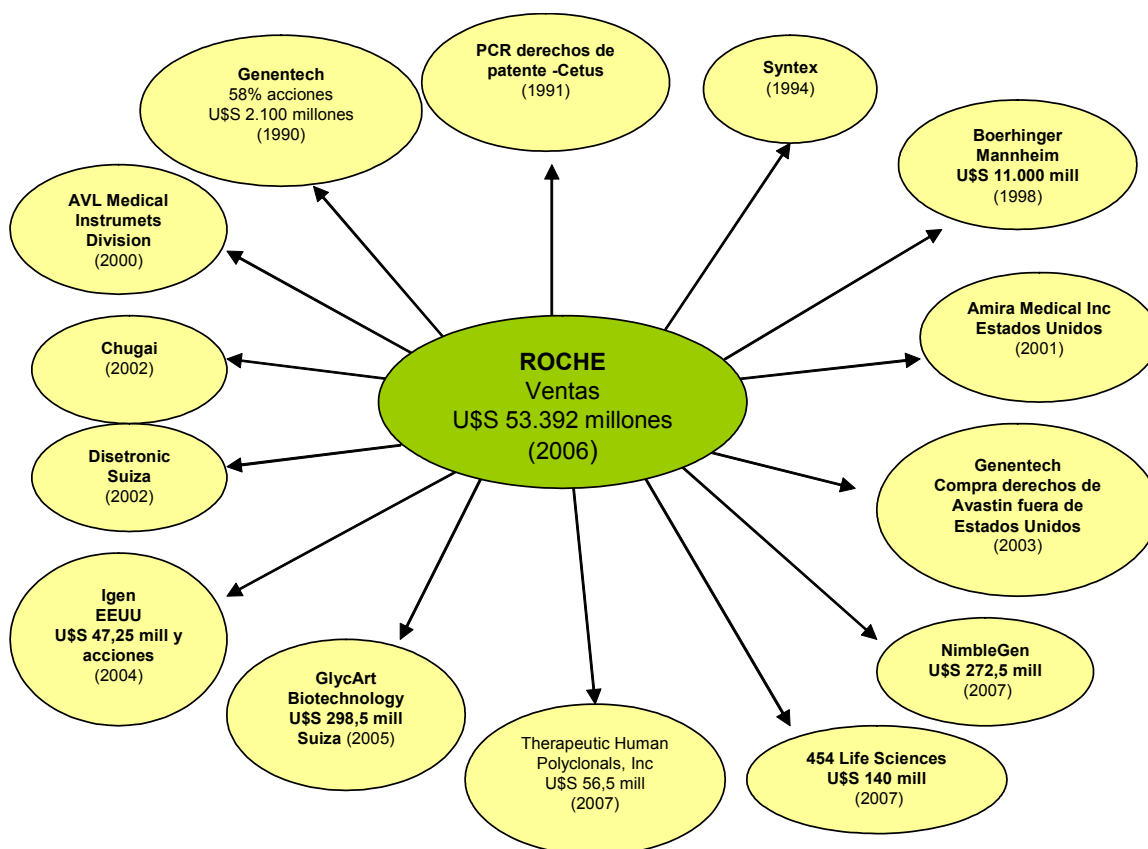


Fuente: elaboración propia en base a Bisang, Gutman, Lavarello, Sztulwark y Díaz (2006), datos de Memorias y Balances de Syngenta y fuentes periodísticas.

Se trata de un modelo que trata de captar al máximo los mecanismos de rentas potenciales generados a partir de una plataforma biotecnológica a la cual es necesario adosar demandas que provienen tanto de nuevos países como de las variedades adaptadas a los nuevos mercados.

El caso de Roche es similar, pero tiene la impronta de una empresa farmacéutica de mayor tamaño, largamente establecida y con capacidad propia de captación de empresas inicialmente muy superior a los casos previos. Sus compras se inician tempranamente con la adquisición de Genentech.

CUADRO 16
PRINCIPALES FUSIONES Y ADQUISICIONES. ROCHE



Fuente: elaboración propia en base a datos de fuentes periodísticas.

Manteniendo una fuerte integración vertical de sus actividades de innovación se hace de nuevos activos tecnológicos no sólo en el campo de los fármacos (Genentech, en 1991) sino de otras perspectivas sanitarias -como las terapias génicas-, (a través de las compras de *Therapeutic Human Polyclonals* y *Glyc Art Biotechnology*). Así como los semilleros integran paquetes tecnológicos, en el caso de Roche ocurre lo mismo pero con el objetivo en la salud humana; ingresan de esta forma a complementar medicamentos con servicios de salud (manejo de diagnóstico por PCR a través de la compra de PCR-CETUS, *Amira Medical* y *AVL Medical Instruments*). El doble juego entre generar activos críticos de base biotecnológica a futuro, usando y potenciando los desarrollos preexistentes, por un lado, y establecer las formas de organización que permitan captar la mayor renta posible en base a la fidelización de la demanda, por otro, tiene en la innovación un componente crítico.

Estos desarrollos tecno-productivos tienen algunos umbrales de riesgo -técnicos, económicos y de conocimientos- que ponen en tela de juicio el modelo de organización lineal previo que en muchas de estas empresas -en décadas pasadas- daba como resultado una elevada integración de estas actividades al interior de la organización. Una ciencia preorientada hacia determinados temas, una aplicación científica sugerida por el eventual uso posterior y una tecnología claramente pensada desde su uso, conllevan a modelos interactivos. Ello, sumado a la magnitud -técnica y económica- y el riesgo de los desarrollos induce a una segmentación de las

actividades innovativas. Obviamente, existen en tales formas de organización uno o varios nodos desde los cuales se articulan las acciones y captan los resultados.

Este tipo de desafío da como resultado que las grandes corporaciones desarrollen una activa política de relaciones con agencias públicas de investigación y/o con una nutrida oferta de empresas de menor porte, oferentes de lo que genéricamente se conoce como “servicios tecnológicos”. La tendencia a descentralizar operativamente los esfuerzos de desarrollo depende, entre otros factores, de la densidad de la oferta que tales demandas encuentran no sólo en los espacios donde se ubican las casas matrices sino también en los restantes países. Ocurre que, a menudo, determinados desarrollos sobre vegetales, salud humana y otros concurrentes tienen una fuerte impronta local lo cual induce a cooperaciones de corte más local. Los cuadros posteriores indican, para dos casos, las principales relaciones establecidas entre estas mega corporaciones y otros operadores del sistema en el marco de la red antes indicada.

CUADRO 17
PRINCIPALES ACUERDOS EMPRESARIOS. MONSANTO (2003-2007)

Fecha	Acuerdo
2007	Acuerdo con Universidad Estatal de Iowa para colaborar en tecnologías de soja.
	La Universidad del Estado de North Carolina y Monsanto Co. anunciaron una subvención de US\$ 675,000 para la ampliación del Center for Plant Breeding and Applied Plant Genomics, de la Universidad con sede en el Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida.
	Acuerdo de licencia con Senesco Technologies que permitirá a las dos compañías incorporar la producción propietaria de Senesco y acentuar la tecnología en maíz y sojas.
	Asociación con Agriculture Future of America (AFA) para apoyar el ingreso de estudiantes a carreras relacionadas con la agricultura.
	Asociación con BASF para co-promocionar el fungicida Headline de BASF para el tratamiento de semillas.
	Anuncio de colaboración con Athenix en la investigación para el control de insectos.
	Bayer CropScience y Monsanto realizaron un negocio de largo plazo y acuerdos de licencia para tecnologías.
	Acuerdo con Chromatin para avanzar en tecnologías genéticas.
2006	Acuerdo de comercialización en colaboración con BASF en biotecnología vegetal. Presupuesto estimado conjunto de 1 500 millones de dólares.
	Acuerdo con el congresista Bennie Thompson y la Universidad del Estado de Alcorn, que incluirá otras 1890 instituciones para beneficiar a estudiantes interesados en estudios de agricultura.
	Acuerdo de cinco años en investigación y desarrollo con Devgen N.V.
	Asociación con 1890 universidades para brindar oportunidades a estudiantes líderes, desarrollar investigaciones en colaboración, entre otras cosas.
	Dos acuerdos con Landec Corporation a través de la subsidiaria American Seeds Inc valuados en unos 70 millones de dólares.
2005	Asociación con el National Association of Farm Broadcasting (NAFB) para ofrecer becas en el marco del Programa de Becas Compromiso con la Agricultura a estudiantes líderes que deseen emprender carreras en agricultura.
	Acuerdo de tres años de cooperación en investigación en biología y bioenergía con Sandia National Laboratories.
	Acuerdos de cooperación con Dow AgroSciences
	Acuerdo con Solae Company para desarrollar una nueva línea de proteínas de soja que mejoran el sabor y la solubilidad.
2005	Investigaciones conjuntas con la Universidad de Missouri.
	Acuerdo de licencia con Arcadia Biosciences para desarrollar y comercializar la tecnología de Arcadia de uso eficiente de nitrógeno en canola.
	Firma de acuerdo de licencia con la Universidad Nebraska-Lincoln para desarrollar cereales tolerante al herbicida dicamba.
	Unión con Ganaissance y el USDA para obtener el mapa del genoma de la soja.

	Relación de colaboración con Modular Genetics Inc en la plataforma de Monsanto de optimización de proteínas. Acuerdo entre Max Planck Society, Bayer CropScience, Garching Innovation, y Monsanto sobre la licencia de Agrobacterium en el mundo. Bayer CropScience, Max Planck y Monsanto van a proveer cada uno en áreas selectas del mundo licencias no exclusivas sobre el desarrollo, uso y venta de cultivos transgénicos. Asimismo, Monsanto le otorgará una licencia a la Max Planck Society en los Estados Unidos con fines de investigación.
2004	Acuerdo de colaboración con Divergence, Inc. Para el desarrollo de sojas resistentes al nematode. Donación de material genético de variedades de soja a la USDA para contribuir a la cría e investigación en soja. Unión entre Monsanto, USDA-ARS y la Universidad de Illinois para localizar el mapa de genes resistentes en el genoma de la soja. Anuncio de apoyo financiero e intercambio de información genética con la recientemente establecida industria de soja QUALISOY.
2003	Extensión del acuerdo existente con Sterling Chemicals para facilitar la producción en Texas y establecer a Saterling como proveedor de uno de los ingredientes más importantes del herbicida Roundup. Acuerdo entre Bayer CropScience y Monsanto para aumentar el grado de difusión de las nuevas tecnologías agrícolas desarrolladas por las dos empresas. Acuerdo con empresas líderes -General Motors y National Ethanol Vehicle Coalition (NEVC)- para mejorar la entrega de granos para la industria del ethanol, aumentar su demanda y expandir la infraestructura para hacerle frente. Acuerdo de colaboración en I&D y comercialización entre BASF y Monsanto en biotecnología vegetal. Inversión estimada en 1 500 millones de dólares.

Fuente: elaboración propia en base a datos de página web de la empresa y fuentes periodísticas.

Nota: Además es sponsor de diversas actividades relacionadas con la agricultura y realiza donaciones en casos de emergencias o para el desarrollo de actividades o apoyo a estudiantes.

Los acuerdos marcan una nueva alianza tanto con las empresas como con entidades públicas. Estos acuerdos, en muchos casos, no se refieren a productos terminados o a complementaciones de productos para completar paquetes técnicos, sino que incluyen partes de procesos de desarrollo, investigaciones, secuencias parciales, etc. Algo similar ocurre en el campo de la salud y los medicamentos (considerando en este caso a Roche).

CUADRO 18 **PRINCIPALES ACUERDOS EMPRESARIOS. ROCHE (2002-2007)**

Fecha	Acuerdo
2007	Alianza con Alnlam para desarrollar medicamentos contra enfermedades difíciles de tratar. Alianza con Alnylam para colaborar en investigaciones sobre RNAI. Acuerdo de licencia con Toyama Chemicals para desarrollos potenciales para el tratamiento de la artritis reumática.
2006	Acuerdo con Aspen para proveer de una vacuna antigripal para África. Asociación con UNICEF para mejorar la vida de niños huérfanos pro SIDA en África. Acuerdo de colaboración con Actelion para investigaciones sobre desorden autoinmune. Ayuda de Roche a fabricantes del África subsahariana y de otros países en vías de desarrollo a producir fármacos contra el HIV. Alianza con Amira Pharmaceuticals para la investigación conjunta de dianas en enfermedades inflamatorias. Con opción para Amira de adquirir la licencia de compuestos clínicos específicos de Roche.

2005	Colaboración entre Roche y SystemsX para la investigación sobre la diabetes. Colaboración conjunta de Roche y BioCryst en el compuesto clínico BCX-4208 para trasplantes y enfermedades autoinmunitarias. Acuerdo con Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, para investigar en forma conjunta sobre la selección y dosificación de drogas para el tratamiento de pacientes en tratamientos psiquiátricos. Acuerdo de colaboración con 454 Life Sciences para el desarrollo, promoción, venta y distribución del Genoma basado en nanotecnología de 454 Life Sciences. Acuerdo de promoción con GlaxoSmithKline de Xenical en EE.UU.. Compromiso con Gilead para la investigación conjunta en el antigripal Tamiflu.
2004	Nuevo acuerdo de diez años entre Roche y Hitachi para liderar un mercado multimillonario en el segmento de la inmunquímica. Acuerdo de colaboración con Japan Tobacco para trabajar en el desarrollar de un novedoso tratamiento para niveles altos de grasa en sangre. Acuerdo de colaboración con deCODE para desarrollar en forma conjunta inhibidores PDE4 para enfermedades vasculares. Acuerdo con Protein Design Labs desarrollar en forma conjunta Zenapax. Alianza estratégica con ArQule en oncología.
2003	Acuerdo de colaboración con Epigenomics de Alemania para desarrollar productos de diagnóstico para la detección temprana del cáncer. Acuerdo con Asprreva para desarrollar CellCept en enfermedades autoinmunes. Extensión de la alianza estratégica en CNS con Memory. Acuerdo de colaboración con ParAllele BioScience para estudiar las bases genéticas de la diabetes. Alianza con Maxygen para desarrollar y comercializar la próxima generación de productos de interferon alpha y beta. Acuerdo con Nippon Shinyaku para desarrollar nuevas medicinas para el tratamiento de desórdenes cardiovasculares.
2002	Acuerdo con Beaufour Ipsen para desarrollar conjuntamente y comercializar las drogas contra el cáncer de Beaufour Ipsen. Acuerdo de colaboración en investigación con New Chugai. Acuerdo de colaboración con Isotechnika de Canadá para el desarrollo de una innovadora medicina para trasplantes, entre otras cosas. Roche y Kosan desarrollan y comercializan conjuntamente el novedoso agente anticancerígeno de Kosan. Nueva colaboración con Vernalis contra la depresión y la ansiedad. Firma de acuerdo de colaboración con Vernalis Group plc para la investigación y el desarrollo de nuevos medicamentos para el tratamiento de la diabetes. Alianza con Bruker Daltonics para desarrollar sistemas analíticos de proteínas de alta sensibilidad.

Fuente: elaboración propia en base a datos de página web de la empresa y fuentes periodísticas.

Más allá de que se trata de listados de corte general que apuntan a identificar las principales actividades, de su lectura se desprenden distintas modalidades y rasgos de estos acuerdos. Inicialmente, es destacable la magnitud de varios de ellos en función de los niveles de recursos que habitualmente se manejan en los países de la región.

Las empresas son proclives a establecer alianzas con otras de similar porte a fin de “completar” partes del negocio desde la perspectiva de ofrecer “soluciones integrales” que incluyan una serie de insumos -semillas, herbicidas, etc.- con servicios, en el marco del control de los canales comerciales. Nótese que esto es válido tanto para empresas semilleras como para farmacéuticas.

3.1 La articulación entre lo público y lo privado

Si bien enfatizamos la relevancia del sector privado en las diversas actividades biotecnológicas (en función de la propia definición de innovaciones y su impacto sobre el desarrollo asociado a la “bajada” productiva que tienen estos avances en el mundo real) ello no va en demérito del rol “disparador” y esencial que tiene -en dichos países- el sector público.

Difícilmente pueda pensarse en el surgimiento de la biotecnología aplicada a los negocios sin mencionarse que los desarrollos iniciales tuvieron lugar en laboratorios de universidades y/o institutos públicos. Los principales desarrollos provinieron de centros dedicados inicialmente a la biología, la salud humana y/o a las ciencias agrícolas. La presencia pública, sin embargo, debe analizarse en el marco de una nueva forma de organización de la investigación y el desarrollo.

Investigaciones y desarrollo en biotecnología: ¿Jaque al modelo lineal?

Varios elementos rápidamente fueron induciendo a la ruptura del modelo previo de relación entre la ciencia, la tecnología y la innovación. En el caso de la biotecnología aplicada a la producción, ello se vio ampliado por:

- a. La magnitud de los desafíos propios de la biotecnología desde el punto de vista científico; secuenciar el genoma de un ser vivo implica varias decisiones ex ante no triviales para el posterior desarrollo:
 - i) ¿cuál de ellos? (¿los más simples? ¿los más complejos?, ¿aquéllos que tienen una potencial relación con determinados problemas -como ciertas enfermedades-, potencialidades económicas -como ciertos cultivos-? etc.);
 - ii) identificados los genes y su relación con las proteínas asociadas, sobre cuál de ellos trabajar en pro de establecer qué característica determina en el individuo (se busca el gen -y el proceso por el cual- los cabellos resultan de un color o se apunta a identificar el/los responsables del Alzheimer).
- b. La complejidad de los desarrollos tecnológicos. Si se decide un objetivo final, el paso siguiente es la necesaria interacción entre el desarrollo científico y la factibilidad tecnológica -en términos técnicos y económicos- de avanzar hacia un producto a nivel de laboratorio; ello necesariamente conlleva a un trabajo conjunto entre tecnólogos y científicos.
- c. El mecanismo de relación entre tecnólogos y empresarios. El paso posterior es la relación entre el tecnólogo y el empresario; este último opera sobre la base de una presunción mínima de éxito en el desarrollo y rentabilidad final de los productos; como tal, apuesta -con fondos propios y/o de terceros- a colocar un producto nuevo o mejorar sustantivamente los costos de otros ya conocidos.
- d. Finalmente, el nivel de riesgo técnico, la necesidad de contar con umbrales científicos de magnitud (en calidad y cantidad de científicos y tecnólogos y los requerimientos de inversión) implican escalas que conllevan a la necesidad de contar con grandes organizaciones para el desarrollo de estas actividades; el tema de la escala se resuelve -como se mencionara previamente- de dos formas:
 - i) mega corporaciones y/o grandes institutos públicos de investigación;
 - ii) redes de un gran número de pequeñas instituciones y/o empresas coordinadas por entes públicos y/o empresas privadas en pro de un desarrollo.

De esta manera, el sistema se vuelve un círculo de retroalimentación que rompe con la forma tradicional de articulación entre etapas segmentadas. En este mecanismo cabe identificar algunos rasgos comunes que luego serán de interés para analizar los casos locales:

- a) el modelo lleva a la necesidad de interactuar entre diversas disciplinas (previas);
- b) el desarrollo en su conjunto puede ser segmentado en partes, lo cual demanda un aceitado mecanismo de contratos a fin de preservar derechos básicos que son las bases de los diversos modelos de intercambio (precios, contratos, etc.); la estandarización de algunos procedimientos y/o productos (un gen, una secuenciación) facilita los intercambios vía mercado/precios en la medida que esté claramente definido el producto y establecido el derecho de propiedad; a medida que ello es más difuso aparecen los contratos con mayores restricciones de libre circulación de la información;
- c) los desarrollos pueden ser efectuados por una única unidad -empresa y/o institución pública- en un modelo de integración vertical, o un conjunto de ellas, sentando en este caso las bases para operar en red;
- d) estas redes pueden tener ubicación en distintos espacios territoriales; es frecuente la subcontratación internacional para el desarrollo de determinadas partes del proceso que luego son “armados” en terceros países;
- e) si por diversas razones los desarrollos son efectuados en el marco de varios actores -empresas/institutos públicos- se torna necesaria la presencia de uno o varios articulador(es);
- f) tales articuladores, operan, habitualmente, en función de controlar dos elementos claves: la financiación y el conocimiento de partes críticas del proceso;
- g) el eje operativo del juego económico es el proyecto (que puede incluir uno o varios productos finales y que puede tener distinta duración temporal).

En el marco de esta forma de organización de la investigación y el desarrollo se inscriben las políticas de alianzas/fusiones/adquisiciones de las empresas privadas, tanto con otras pares como con instituciones públicas; algo similar ocurre con los institutos públicos asociados a proyectos de gran envergadura. Se trata en simultáneo, de fortalecer capacidades endógenas, en el marco de un entorno comercial y financiero favorable para acrecentar su competitividad a futuro con un soporte organizacional reticular que a menudo excede el territorio local (Mytelka, 1999; Barley y otros, 1992; Niosi, 2003).

En paralelo, el propio sector público “reagrupa” sus instituciones intentando conformar (acoplarse a) redes, en pro de avanzar sobre temas que tienen umbrales -económicos y técnicos- cada vez más elevados. Sus objetivos son grandes planes que pretenden servir como plataformas posteriores de desarrollos. Dos casos son ilustrativos sobre el particular y ambos constituyen referentes en la materia. El primero se refiere a la Sociedad Max Planck y el segundo -paradigmático por su trascendencia universal- fue el Proyecto de secuenciación del Genoma Humano.

RECUADRO 2

SOCIEDAD MAX PLANCK PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA ³⁹

La Sociedad Max Planck para el Avance de la Ciencia (MPG) constituye una red de institutos de investigación científica situada en Alemania y fundada en 1948 tras la Segunda Guerra Mundial, como sucesora de la Sociedad Kaiser Wilhelm nacida en 1911. El MPG lleva el nombre en honor de Max Planck, el físico alemán que inició la mecánica cuántica. Es una organización independiente y sin fines de lucro y es reconocida mundialmente por sus aportes a la investigación de ciencia y tecnología. Desde 1948, los científicos de la Sociedad han ganado 16 Premios Nobel.

Su principal objetivo es promover la investigación en los institutos que la constituyen, los cuales cubren amplios y diversos campos de la ciencia y están distribuidos territorialmente por toda Alemania⁴⁰. Si bien es una institución privada, está en gran parte financiada con recursos públicos del gobierno federal y los estatales. Asimismo, recibe aportes de sus miembros, licencias de investigación y donaciones de organizaciones privadas. Su presupuesto para el 2007 es de alrededor de 1 433 millones de euros, con un 82% de aportes estatales.

La MPG posee 80 institutos de investigación que se organizan en departamentos de investigación, liderados por directores. Realizan trabajos de investigación básica en las ciencias naturales, ciencias de la vida, así como en las sociales y humanas. La totalidad de los institutos agrupa aproximadamente 23 400 empleados permanentes. Entre ellos, se incluyen 4 400 científicos, 11 300 estudiantes asistentes de investigación, además de estudiantes de doctorado y post-doctorado, y otros científicos no permanentes y visitantes⁴¹.

Los Institutos Max Planck operan en forma independiente de las universidades (excepto cuando hay acuerdos de cooperación) y se enfocan en la investigación para la innovación; en particular, se concentran en áreas de investigación innovadora que las universidades no pueden cubrir adecuadamente, debido a que estas áreas multidisciplinarias no siempre encajan en las estructuras organizacionales de las universidades, o requieren más fondos o personal y equipo de lo que las mismas disponen. Por lo tanto los trabajos de los institutos del MPG se complementan con el realizado en las universidades.

La Sociedad Max Planck comienza regularmente nuevos proyectos, redefine la dirección de los departamentos y de los institutos y establece nuevas instituciones. Al mismo tiempo, cierra institutos o departamentos cuando éstos han alcanzado sus objetivos de investigación, cuando la investigación se ha instalado satisfactoriamente en alguna universidad o cuando no es posible encontrar un científico de renombre para la dirección exitosa de un instituto. De esta forma, el espectro de investigación se encuentra en un proceso dinámico de permanente cambio y actualización. Los principios y estructuras han hecho de la Sociedad una organización de investigación productiva y eficiente, de la mayor calidad.

Los Institutos Max Planck trabajan de forma interdisciplinaria y con una estrecha cooperación con universidades y otros institutos de investigación alemanes y de otros países. Actualmente los institutos están concentrados en los siguientes campos de investigación:

-Biología y Medicina

Desarrollo y Evolución

Biología/Genética

Inmunobiología e Infección

Biología/Medicina

Investigación Formal

Microbiología/Ecología

³⁹ La información que contiene este apartado proviene de la página de la Sociedad Max Planck para el Avance de la Ciencia: www.mpg.de.

⁴⁰ Además cuenta con tres institutos y varias sucursales en otros países de la Unión Europea.

⁴¹ Más del 50% de los científicos visitantes, los estudiantes de doctorado y post-doctorado así como los asistentes de investigación, provienen del exterior.

Neurociencias

Investigación Vegetal

Biología Estructural y Celular

-Química, Física y Tecnología

Astronomía/Astrofísica

Química

Investigación de Estado Sólido/Material

Ciencias

Ciencias de la Tierra e Investigación Climática

Energía y Plasma

Física/Óptica cuántica

Computación

Ciencia/Matemática/Complejos

Sistemas

-Humanidades

Estudios Culturales

Jurisprudencia

Ciencias Sociales y del Comportamiento

La transferencia de tecnología es también una preocupación central de la Sociedad que involucra a numerosos actores: los institutos, figuras representativas de la industria, las oficinas de patentes, las prácticas legales, entre otros. El Max Planck Innovation -que desde el 2006 cambió su nombre a Garching Innovation- es la organización para la transferencia de tecnología de la Sociedad y tiene a su cargo la tarea de organizar los procedimientos para la transferencia tecnológica y de mediar entre las diferentes partes. Para ello, aconseja a los diversos institutos acerca del desarrollo y la realización del copyright de las invenciones, informa a la industria sobre las nuevas patentes, y negocia las condiciones de la concesión de licencias. Los retornos de los contratos realizados son para la Sociedad Max Planck.

A modo de ejemplo, a continuación se presenta una breve caracterización de dos de los 80 institutos de la Sociedad Max Planck.

Instituto de Biología Celular y Molecular y Genética⁴². El Instituto de Biología Celular y Molecular y Genética fue fundado en 1998. Ha desarrollado un programa de investigación lo suficientemente amplio para cubrir casi todos los aspectos de la organización celular, por lo que los temas de investigación en conjunto brindan una mirada completa de la estructura celular y el funcionamiento de los organismos adultos y en desarrollo. Los estudios de temas específicos se realizan en el marco conceptual de “asimetrías celulares”. Los estudios de temas específicos se realizan en el marco conceptual de “asimetrías celulares”. Posee 361 empleados, 78 investigadores, 120 investigadores junior y 12 investigadores invitados. El presupuesto que le concede la Sociedad Max Planck permite cubrir los gastos de personal, materiales y otros.

Instituto de Fisiología Molecular⁴³. El Instituto de Fisiología Molecular es uno de los institutos líderes en Alemania en el campo de la investigación básica biomédica. Posee una larga historia ya que cuenta con varios antecesores, de los cuales el más antiguo data de 1911. El objetivo de los científicos es elucidar el comportamiento de los bloques que regulan el funcionamiento de todos los procesos de la vida; los genes

⁴² La información utilizada en este apartado proviene de la página del Instituto: www.mpi-cbg.de.

⁴³ La información utilizada en este apartado proviene de la página del Instituto: www.mpi-dortmund.mpg.de.

como portadores de información genética y las proteínas como materiales estructurales y catalíticos de las células. Los científicos del instituto han realizado importantes avances en el desarrollo de métodos innovativos para el diagnóstico del cáncer y una búsqueda más eficiente de nuevas drogas anti-tumores. El instituto es parte de un equipo internacional de expertos; biólogos moleculares, bioquímicos, médicos y físicos de 25 naciones, trabajan juntos para alcanzar el mencionado objetivo. En conjunto, el instituto posee 360 empleados, que incluyen 140 científicos, estudiantes graduados y candidatos a doctores. El instituto está organizado en cuatro departamentos, cada uno de los cuales es dirigido por un director que es autónomo en su actividad científica y que tiene un contrato permanente. Todos los directores son científicos, miembros de la Sociedad Max Planck y deciden juntos la orientación de las actividades de investigación del instituto.

Fuente: elaboración propia.

Instituciones de estas magnitudes, que pueden replicarse en otras decenas de casos -los líderes internacionales- tienden a operar interrelacionadamente. El caso paradigmático del armado de redes organizacionales para llevar a cabo un proyecto es sin duda el caso del desciframiento del Genoma Humano.

RECUADRO 3 PROYECTO GENOMA HUMANO

El Proyecto Genoma Humano es una investigación internacional iniciada oficialmente en el Centro Nacional para la Investigación del Genoma Humano (NCHGR) establecido en 1989 en Maryland, Estados Unidos, con el propósito de desarrollar las investigaciones sobre el genoma humano que hasta ese momento estaban a cargo de los Institutos Nacionales de Salud (NIH). Como primer director del NCHGR fue nombrado el Dr. J. Watson⁴⁴ y el proyecto se inició en colaboración con el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) con el cual quedó conformado un consorcio público.

Si bien la investigación fue liderada por Estados Unidos, otros países como Francia, Alemania, Japón y China, hicieron importantes aportes. El mayor apoyo al proyecto provino de Gran Bretaña desde el Instituto Sanger de Cambridge.

En 1990, comenzó formalmente el proyecto con el objetivo de mapear el genoma humano, para lo cual sería necesario identificar los 30 000 genes humanos y determinar la secuencia de los miles de millones de bases químicas que conforman el ADN. Asimismo se plantearon objetivos adicionales como la recopilación y distribución de datos además de otros relativos a consideraciones éticas y legales, desarrollo tecnológico y transferencia tecnológica.

El proyecto incentivó la investigación privada. En 1994, Craig Venter, que estaba a cargo de investigaciones en uno de los centros de NIH, fundó a través de financiamiento mixto el Instituto para Investigación Genómica (TIGR) y se alejó de la actividad pública.

En 1995, un año antes de lo previsto, el NCHGR obtuvo el mapa del genoma humano. En ese mismo año un equipo en el que se encontraban los Dres. Craig Venter, Hamilton Smith y otros investigadores, consiguió secuenciar el genoma del primer organismo vivo, de la bacteria (*Haemophilus influenzae*), a través de un método más corto para encontrar fragmentos del genoma humano, desarrollado previamente por Venter⁴⁵.

El proyecto público fue ganando cada vez más espacios. En 1996 comenzó el proceso de secuenciación del ADN en seis universidades de Estados Unidos. En 1997, el NCHGR fue rebautizado con el nombre de

⁴⁴ En 1953 James Watson y Francis Crick postularon que la estructura de una molécula de ADN, que contiene la información genética que determina las características de todo organismo, estaba compuesta por dos cadenas de bases nucleotídicas enlazadas en forma de doble hélice. Por este descubrimiento Watson y Crick recibieron el premio Nobel.

⁴⁵ En 1991, cuando se encontraba en el NHI, Venter inventó una forma rápida de encontrar genes que los expertos dijeron que no funcionaría. Ya en el sector privado, inventó una técnica de secuenciación rápida denominada *shotgun*, que también generó desconfianza en el mundo científico y que al poco tiempo Venter utilizó para secuenciar el genoma de la bacteria mencionada.

Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano (NGHRI), lo que elevó oficialmente su status y le permitió interactuar con otras agencias federales.

En 1998, se creó la empresa Celera Genomics, como resultado de la unión de Applera Corporation y TIGR, el instituto dirigido por Venter. Esta empresa se planteó como objetivo secuenciar el genoma humano, en 2001, dos años antes de lo previsto por el proyecto estatal. Posteriormente, Celera realizó un joint venture con Applied Biosystems para la comercialización de los resultados de sus hallazgos⁴⁶.

El proyecto público fue reestructurado y reorientado; se acortaron los plazos estimados para completar la tarea, que se reprogramó para junio de 2000 y se adjudicaron más fondos. Simultáneamente Venter, desde Celera, se propuso el mismo plazo.

A fines de 1998, los biólogos John Sulston y Robert Waterson y científicos del NHGRI secuenciaron el primer genoma animal, el del gusano de la especie *Caenorhabditis elegans*. En 1999 el NHGRI y otros científicos del proyecto completaron por primera vez la secuencia de un cromosoma humano. Al año siguiente el consorcio público y científicos de la empresa Celera completaron la secuencia del genoma de la mosca *Drosophila melanogaster*.

El 26 de junio del año 2000, Collins, del Consorcio del Genoma Humano, y Venter, de la empresa Celera, anunciaron simultáneamente la obtención del primer borrador de la secuencia completa del genoma humano y la localización de todos los genes en los cromosomas. Al año siguiente la empresa Celera publicó la secuenciación del genoma humano en la revista *Science* y el consorcio público hizo lo mismo en la revista *Nature*. De esta forma, la carrera iniciada entre el NGHRI y la empresa Celera Genomics por la secuenciación del genoma humano tuvo un final parejo.

A partir de esa fecha, el Proyecto Genoma Humano se dedicó a conseguir la versión definitiva de la secuenciación y a completar sus otros objetivos, entre ellos el de divulgación de la información obtenida. La secuencia completa y definitiva se anunció en abril de 2003, más de dos años antes de lo programado inicialmente y con un costo de algo más de 2 700 millones de dólares, que resultó menor al previsto⁴⁷. Tras el anuncio, se puso al alcance de científicos de todo el mundo una base de datos que facilita y acelera el logro de avances en investigación biomédica⁴⁸.

Desde la publicación de la secuencia del genoma humano se han obtenido notables avances, tanto en el consorcio público como en varias iniciativas privadas. Se secuenciaron completamente los genomas de más de 130 especies, se identificaron genes causantes de enfermedades y se encuentran en vías de finalización las secuencias de cientos de especies, muchas de las cuales son importantes en agricultura o causan enfermedades en plantas, animales o humanos (Klug, Cummings y Spencer, 2006). Actualmente, el mayor esfuerzo está puesto en la interpretación de los datos reunidos en el proyecto.

Fuente: elaboración propia.

Ambos ejemplos, que se inscriben en los mayores esfuerzos institucionales de la historia de la ciencia brindan -aún en el marco de la brevedad de los casos- una idea sobre dos cuestiones claves en el desarrollo pre-competitivos de la biotecnología:

- i. la magnitud de recursos humanos y económicos que involucran estas organizaciones y su consecuente grado de profundidad temática;
- ii. la relevancia que otorgan las políticas públicas de los países desarrollados a los problemas de coordinación (como parte de los esfuerzos por mejorar la competitividad a largo plazo).

⁴⁶ De este modo Applera quedó conformada por la empresa Celera dedicada a la I&D y la empresa Applied Biosystems dedicada a la comercialización. Los estados consolidados del grupo muestran un porcentaje de I&D sobre ventas superior al 22% en los primeros años y que actualmente se encuentra alrededor del 12%. Véanse las Memorias y Balances de las empresas en: www.applera.com,

⁴⁷ En el proyecto original los científicos esperaban obtener la secuencia en el año 2005 y con un costo estimado en tres mil millones de dólares.

⁴⁸ The GDB Human Genome Database. <http://gdbwww.gdb.org/>.

En consonancia con la irrupción de un nuevo paradigma tecno-productivo, el creciente avance de la biotecnología moderna y su consecuente aplicación al mundo de los negocios y con ello su impacto sobre los procesos de desarrollo, va delineando un modelo donde:

- a) existe una marcada asimetría entre un número acotado de países donde se desenvuelven originalmente estos fenómenos y el resto de los países;
- b) en los espacios centrales donde se producen los mayores avances, su manifestación económica se evidencia a través del surgimiento de empresas de gran tamaño; estas son, o bien el fruto de reconfiguraciones de otras preexistentes (en actividades relacionadas) y/o de emprendimientos totalmente nuevos; la magnitud de estas empresas les otorgan un liderazgo indiscutido en el proceso y ello, necesariamente, se traslada al resto de los espacios nacionales;
- c) existe una tendencia a abandonar el modelo ciencia-tecnología-innovación que operaba a partir de una especialización de actividades coordinadas secuencialmente de manera lineal, por otro donde en simultáneo tienden a borrarse las fronteras de las disciplinas previas y existe una creciente necesidad de interacción entre ciencia/tecnología/innovación;
- d) en este último caso, la organización reticular (*networking*) tiende a ser una forma de funcionamiento que da mejor respuesta a los desafíos que plantean los elevados riesgos, los umbrales mínimos de conocimientos y las grandes escalas económicas inherentes a los desarrollos biotecnológicos modernos;
- e) estas formas de organización -que lleva a empresas y/o organizaciones públicas a establecer múltiples alianzas y/o otros esquemas cooperativos- tiene su costado territorial toda vez que el “despiece” de las actividades -tanto de investigación como de desarrollo y producción- incorpora terceros países en función de sus capacidades, institucionalidades y precios relativos de los factores.

De esta forma el proceso de difusión e interrelación entre los avances registrados en los países centrales y los de la región, adquiere múltiples facetas en función de las capacidades locales. Lo “local” ingresa de diversas maneras. Por un lado, puede referirse a los desarrollos previos tanto en materia científica como tecnológica y/o productiva; en otros términos, se trata de analizar cómo las trayectorias tecno-productivas locales pueden acoplarse -potenciándose y/o destruyéndose- en tal dinámica internacional. Otra manera está centrada en la potencialidad que adquieren determinados activos complementarios -ya desarrollados localmente- (como los canales de distribución, las marcas, las logísticas e incluso, algunas facilidades convencionales de producción en áreas donde la biotecnología moderna introduce nuevos productos y/o procesos). Finalmente, existe una amplia dotación de recursos naturales -con diversos grados de explotación comercial- que abre una amplia gama de posibles efectos (revalorización de activos; usos indiscriminados, etc.). Previo a su análisis, efectuaremos algunas precisiones acerca del proceso por el que tales desarrollos llegan al mercado en las economías más desarrolladas.

4. Los principales “sectores usuarios” de biotecnología: organización, rentas y desarrollo

4.1 Agro y alimentos

El paso siguiente en los procesos económicos se refiere al modo en que estos desarrollos forman parte de organizaciones productivas que permiten extraer la renta a las tecnologías iniciales.

En el caso vegetal, luego de haberse “diseñado” la semilla y haberse completado los pasos para obtener la planta requerida, los pasos siguientes son tanto o más relevantes que los (previos) técnicos:

- a) su aprobación por parte de la autoridades sanitarias, a fin de ser liberadas al uso comercial; en el caso de las semillas, existe una fase de laboratorio y otra posterior de liberación controlada a campo⁴⁹;
- b) los procesos de registro a fin de obtener los respectivos derechos de propiedad intelectual; ello refiere tanto a patentes y/o obtentores vegetales (donde se torna crítica la forma de presentación/confección del instrumento) como a las marcas;
- c) la multiplicación comercial (o sea la multiplicación para llegar a la venta masiva); en este caso, es necesario contar con una red (o bien capital propio) para sembrar para producir semillas, hacer el seguimiento sanitario, cosechar, clasificar, embolsar y otros tratamientos y finalmente contar con el producto para la venta;
- d) la venta de la semilla en competencia con otros oferentes y en concordancia con otros insumos que conforman el paquete técnico; en este caso es relevante la red comercial (cercana al productor).

Este conjunto de pasos -detallado sólo para semillas- se torna tan o mas relevante que el desarrollo de la propia semilla modificada. En términos de costos, diversos trabajos indican que - con particular peso en lo regulatorio- las mayores restricciones en términos de escalas se ubican en esta fase (Bradford y otros, 2005; Pew Initiative, 2004). Como es de esperar, varios de estos costos son disminuidos en las grandes empresas en función de la cantidad de lanzamientos de nuevos productos, de la experiencia previa (los departamentos de Regulación) y de la infraestructura preexistente (incluidas marcas, canales de comercialización y otros productos complementarios).

Actualmente, un conjunto acotado de semillas transgénicas se encuentran liberadas comercialmente (en varios países): sojas tolerantes a herbicidas, maíces resistentes a insectos, algodón (ambos) y otros cultivos menores⁵⁰.

¿Cuál es la estructura productiva inicial a nivel mundial y los principales flujos de comercio? Internacionalmente, los mayores usuarios de las semillas transgénicas se corresponden con las potencias mundiales en materia agrícola. Como se desprende del cuadro siguiente, Estados Unidos, Argentina, Canadá y, en menor medida, otros países son los responsables del grueso de las producciones de transgénicos.

⁴⁹ Mc Elroy (2003) estima entre 20 y 30 millones de dólares el costo que demanda pasar la fase regulatoria (sin considerar los costos asociados con la obtención de derechos de propiedad intelectual). Consultas a expertos coinciden en señalar que los costos regulatorios son (como mínimo) alrededor de cinco veces más que los costos del desarrollo (científico y técnico) de la semilla transgénica.

⁵⁰ El peso de las empresas transnacionales en estos desarrollos, algunas características propias de los cultivos, las demanda existentes a corto plazo y la infraestructura productiva previa son entre otras, las principales razones que llevan a centrar los desarrollos en unos pocos cultivos; se trata de “cultivos globales”; como contrapartida existen muchos cultivos (y temas específicos a solucionar), que técnicamente podrían ser pasible de estas tecnologías, pero que son restringidos a mercados acotados y como tales no forman parte del interés directo de las mega corporaciones; ello abre las puertas a desarrollo locales.

CUADRO 19
SUPERFICIE SEMBRADA CON TRANSGÉNICOS POR PAÍS. 1996-2005
(En miles de hectáreas)

País	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Estados Unidos	1 449	7 460	19 259	26 252	28 245	33 024	37 528	40 723	44 788	47 395	54 600
Canadá	139	648	2 161	3 529	3 331	3 212	3 254	4 427	5 074	5 858	6 100
Argentina	37	1 756	4 818	6 844	9 605	11 775	13 587	14 895	15 883	16 930	18 000
Brasil	0	100	500	1 180	1 300	1 311	1 742	3 000	5 000	9 000	11 500
China	0	34	261	654	1 216	2 174	2 100	2 800	3 700	3 300	3 500
Paraguay	0	0	0	58	94	338	477	737	1 200	1 800	2 000
Australia	40	58	100	133	185	204	162	165	248	275	200
Sudáfrica	0	0	0 08	0 75	93	150	214	301	528	595	1 400
India	0	0	0	0	0	0	44	100	500	1 300	3 800
Otros	0 9	15	62	71	94	112	136	209	527	170	900
Total	1 666	10 071	27 161	38 722	44 163	52 300	59 244	67 357	77 448	86 623	102 000

Fuente: elaboración propia en base a datos de Brookes y Barfoot (2006) y James (2006).

Nota: La superficie corresponde a soja, maíz, algodón y canola.

Estas producciones se destinan parcialmente al mercado interno (como insumo intermedio hacia bienes alimentarios finales, insumos industriales y/o alimentos para las cadenas de proteínas rojas -carne bovina, aviar y otras-) y/o se vuelcan al mercado internacional. Los productos comerciados internacionalmente se refieren tanto a granos como a las primeras etapas de industrialización -especialmente de soja y de maíz-. Estos semi-productos son incorporados a esquemas de producción de empresas locales.

En otros términos, tanto en estos casos, relevantes por su magnitud, como en otros (referidos a frutas finas, productos frescos, etc.), el comercio mundial tiene una composición que es el reflejo de la forma de organización de la producción a nivel global. Se trata de redes internacionales de provisión de alimentos que, emulando lo ocurrido en el plano estrictamente industrial, reprograman la división internacional de las actividades, ahora con una fuerte presencia de nuevos/remozados agentes económicos (OCDE, 2006, Humprey y Schmitz, 2004; Gereffi y otros, 2005; Bisang y Gutman, 2001; PROCISUR, 2001).

Sobre estos tramados de actividades cabe precisar:

- iii) la existencia de una subdivisión de actividades, donde el grueso de la originación y las primeras etapas de elaboración se ubican en los países menos desarrollados;
- iv) la terminación de las fases industriales en regiones más desarrolladas, con una fuerte articulación con los canales de comercialización;
- v) una presencia creciente de los canales de comercialización;
- vi) esquemas de comercio con una fuerte presencia de empresas multinacionales que por este camino reducen los riesgos de aprovisionamiento; en el caso agrario, varias de estas empresas, tienen además una fuerte presencia en el plano innovativo;
- vii) un modelo de innovación que permea a lo largo de la trama, donde existe una presencia fuerte de desarrollos efectuados en los espacios centrales que se suman - con magnitudes variables- a las fortalezas locales en materia de IyD.

Si, como diversos autores lo señalan, existe una tendencia a reconfigurar el modelo internacional de producción y distribución de alimentos en el marco de redes globales, entonces se presentan dos cuestiones claves a considerar -desde la perspectiva de este trabajo-: i) la

identificación de los nodos críticos de las redes; ii) la relevancia que, en el nodo de la tecnología, tiene la biotecnología. Ambos temas son centrales desde la perspectiva de la acumulación de rentas por parte de segmentos/actores económicos de las redes con el consecuente impacto sobre los procesos de desarrollo.

En el primero de los casos, y dependiendo de cada mercado en particular, se tornan relevantes el control de las cadenas de frío, los aspectos de la logística del transporte y la conservación, las marcas propias, la homogeneidad de los productos, la constancia en los flujos de aprovisionamiento, el *packaging* y otros elementos. Nótese que parte sustantiva de la renta puede ser captada en cada uno de estos segmentos/temas.

En el segundo de los casos, la biotecnología que apunta a modificar costos y/o contenidos de la materia prima natural (no industrializada) se torna un elemento crítico pasible de captación de rentas. Ello necesariamente deriva en los problemas asociados con los derechos de propiedad intelectual.

El mercado mundial de alimentos se va desplazando hacia un modelo de organización global conformado por tramados de actividad e interactividades, donde se deslocaliza parte del proceso productivo. En este marco, el control de nodos críticos de la red es esencial en el proceso de captación de la renta y posterior impacto sobre el proceso de desarrollo. De allí que la biotecnología se vuelve un factor clave. No sólo se trata de desarrollar/incorporar masivamente biotecnologías en productos y procesos sino además de identificar en qué nodo pueda ésta operar a fin de captar parte de la renta⁵¹.

4.2 Medicamentos y salud humana

Las múltiples respuestas prestacionales que cada sociedad le otorga al problema de la salud, implican una mengua en la globalización de estas actividades. Aún así, existe un modelo relativamente universal conformado a partir del acto médico y el suministro -fidelizado vía receta médica- de medicamentos. A partir de allí, los medicamentos (incluyendo reactivos y vacunas) pasan a formar parte esencial de los tratamientos de restauración y prevención de la salud humana. Existe una multiplicidad de patologías que se manifiestan habitualmente con diferencias locales, lo cual ha llevado a la existencia de muy diversos aparatos regulatorios locales. Como resultado, los medicamentos a menudo tienen dos tipos de barreras a la entrada: la primera conformada a partir del umbral técnico de conocimiento requerido para su desarrollo y producción (con el asociado tema de derechos de propiedad intelectual) y el segundo, con la autorización sanitaria local para poder liberarlo al consumo. En el otro extremo, como ha sido ampliamente documentado, el producto llega al consumidor (paciente) mediado por la voluntad médica, lo cual introduce una amplia gama de instrumentos de fidelización (por parte de la oferta) y de medidas públicas para que ello no derive en situaciones monopólicas (por parte de la autoridad sanitaria).

⁵¹ Desde esta perspectiva, y con una mirada regional, no resulta neutro en el modelo de organización el segmento de la trama donde se ubica cada país/producción en particular. A modo de ejemplo, cabe señalar el caso de los biocombustibles. Sin duda, la aplicación de la biotecnología -bajo la forma de semillas modificadas genéticamente que eliminan un paso técnico- implica un avance dentro del marco productivo de un determinado país; obviamente resulta deseable que dicho país no se integre a la red mundial de combustible en base a la exportación de granos; es más conveniente, en términos de valor agregado, que los haga a partir de biodiesel y/o etanol en base a producción interna; pero ello no debe ocultar el hecho de que parte de la renta queda en la red comercial del tercer país al cual se exporta, en función del control de las redes de estaciones de servicios y la fidelización de la marca; en el otro extremo, cabe plantearse quién y bajo qué condiciones capta la renta tecnológica asociada a la propia semilla transgénica.

Nuevamente el interrogante clave gira en torno al agente económico que capta la renta tecnológica (biotecnológica) asociada con un medicamento. La estructura de producción tiene al menos dos modelos. El primero se corresponde con empresas que desarrollan sus propios productos (con un gran nivel de IyD), cuentan con facilidades productivas para convertir tales desarrollos en principios activos (la actividad farmoquímica), tienen plantas fabriles donde se formulan, envasan y acondicionan los medicamentos y redes de comercialización. Estas últimas se componen tanto de las estructuras de distribución mayorista y minorista como de los agentes de propaganda médica. Se trata en este caso de esquemas totalmente integrados, de un volumen relevante de facturación y elevados niveles de capitales fijos y capacidades científicas. Una revisión histórica de este modelo indica que varios casos -hoy empresas de primera línea internacional- se desarrollaron siguiendo este esquema, comenzando desde un desarrollo inicial clave.

Otro modelo -más propio de la sociedades menos desarrolladas- comienza en sentido contrario; inicialmente son importadores de medicamentos terminados (control de la comercialización), luego pasa a formular a baja escala (las recetas magistrales son el comienzo) como paso previo a cierta escala industrial en formulación y envasado industrial (en este estadio incorpora la marca que refuerza el modelo comercial con agentes de propaganda médica); por lo general adquiere el principio activo a terceros (y/o lo importa desde terceros países); finalmente en unos pocos casos, “integra” hacia la farmoquímica y comienza la investigación sobre sus propias moléculas. Obviamente existen distintos puntos de ingreso/egreso a la actividad; en particular en los países de la región existe un fuerte desarrollo a partir de la importación de principios activos.

Ambos modelos tienen una interacción que depende de cada submercado en particular, pero que tienen en común un esquema de configuración del precio final, donde la comercialización explica alrededor del 50% del precio pagado por el consumidor. En otros términos, buena parte de la renta se capta a nivel comercial, lo cual implica que la fidelización del médico y el peso de las marcas son esenciales.

El tema cobra relevancia cuando se plantea el desarrollo de moléculas (derivadas en principios activos) o de procedimiento de producción (como los que se analizaron previamente en relación con la biotecnología) cuyo impacto primario opera en las etapas iniciales. Sin duda su efecto puede ser importante, pero desde la perspectiva económica, se torna relevante sólo si se cuenta con las marcas, las carteras completas de producto por clase terapéutica, los canales de distribución mayoristas y la fuerza de venta (agentes de propaganda médica) (OPS, 1992; Bisang, 1992).

Al igual que en los cultivos, el marco regulatorio, nuevamente adquiere relevancia, pero en este caso asociado con regulaciones sanitarias. Los pasos técnicos son similares: un conjunto de requisitos estrictamente teóricos-analíticos, otros a nivel de laboratorio y finalmente los ensayos clínicos primero en animales y luego en humanos. A ello se suman regulaciones en la fase productiva (esto es habilitaciones de plantas de producción, normas de buenas prácticas manufactureras, etc.). Cabe por último señalar que estas regulaciones son de corte nacional, con lo cual, de plantearse la posibilidad de exportación requiere de nuevas aprobaciones; en algunos casos, las compras de los sistemas de salud pública y/o seguros privados también incluyen regulaciones específicas y adicionales.

Empleando el mismo esquema se resalta la importancia que tienen algunos temas: contar con un nuevo producto es clave; desarrollar una red de laboratorios productores en diversos países vecinos, con sus respectivas fuerzas de venta es tan clave como lo anterior a la hora de entablar negociaciones con quienes detentan nuevas moléculas; conocer y dominar los mecanismos regulatorios locales también se torna crítico. Todo ello potencia algunos activos previos que se revalorizan cuando aparece la biotecnología como forma de generar nuevos productos y/o procesos.

La aplicación de la moderna biotecnología ha comenzado a plasmarse en una serie de nuevos productos y procesos de producción, con particular énfasis en un núcleo acotado de empresas y países desarrollados. Los desarrollos se refieren a dos estadios: i) un nuevo modelo de articulación entre ciencia y tecnología destinado a conformar una plataforma técnica de usos múltiples; ii) nuevas formas de relacionamiento entre tecnología e innovación aplicada a sectores concretos y preexistentes (entre ellos, la agricultura, la ganadería, los alimentos, los medicamentos y la producción de insumos industriales). En un proceso que se encuentra en sus primeras décadas, los efectos recaen tanto en una mejora de los procesos de producción como en el “diseño” de nuevos productos biológicos. Obviamente, los desarrollos, así como abren ventanas de oportunidades en el marco de un cambio schumpeteriano (que involucra sectores, empresas, regulaciones e instituciones), también demandan umbrales crecientemente altos de conocimientos y recursos económicos. La respuesta, tanto en producción como en investigación y desarrollo, es la convivencia de formas de organización vertical (grandes empresas y/o instituciones públicas) con otras de corte reticular (donde existen repartos -incluso deslocalizados territorialmente- de actividades entre actores diversos, coordinados financieramente por instituciones y/o empresas claves). En este nuevo modelo -tanto organizacional como técnico- se refuerza el rol de los derechos de propiedad (ahora sobre procesos e intangibles) como base necesaria para facilitar el intercambio tanto de los bienes finales como de los conocimientos para llegar a ellos.

Llevado al terreno productivo y más allá de la imprescindible presencia pública en las etapas pre-competitivas, la aplicación a la producción y el posterior proceso de captación de rentas e impulso al desarrollo está centrado en un núcleo acotado de grandes firmas en cada una de las actividades. Tales empresas provienen, en su mayoría, de sectores considerados maduros que rápidamente se incorporan a la “oleada” de la biotecnología, aprovechando múltiples externalidades provenientes de sus actividades previas (facilidades productivas, canales comerciales, marcas, etc.). A partir de ello, y desde inicios de los noventa, comenzaron un rápido proceso de crecimiento basado en compras, fusiones y alianzas; ello les permitió redefinir sus ejes de negocios en dos sentidos: i) ingresan a una nueva tecnología; ii) conforman ofertas de varias tecnologías bajo la forma de paquetes completos, con mayores posibilidades de captar mercados. Sus acciones rápidamente traspasan fronteras en el marco de estrategias globales. Son en definitiva, el núcleo duro del desarrollo de este nuevo paradigma y cuentan, en la casi totalidad de los casos, con convenios/alianzas con las instituciones públicas de sus países de origen, lo que les permite consolidar su desarrollo. Con dinámicas muy similares -alianzas con “lo público”, integración vertical en etapas claves de la IyD, la producción y la comercialización (con subcontratación secundaria), intentos de fidelización de la demanda, fuerte apuesta a la IyD como base de competitividad futura y rápida expansión económica- es dable observar la presencia de una decena de empresas de menos de dos décadas de antigüedad que encontraron en la moderna biotecnología la herramienta para su desarrollo.

Mientras estos desarrollos tenían lugar en las economías más avanzadas, los países de la región -desde los ochenta- atravesaron décadas de desequilibrios que pueden resumirse con dos frases: “la década perdida” y “los experimentos de apertura hacia el neoliberalismo y las privatizaciones”. En ese marco, cabe ubicar el contraste entre el desarrollo internacional y el entorno local como escenario para indagar acerca de los esfuerzos locales en la materia bajo análisis.

IV. La producción de biotecnología en países de la región. ¿Esfuerzos públicos, desarrollos privados, ilusiones colectivas?

1. Encuadre: ¿Por qué surgen desarrollos biotecnológicos endógenos en los países de la región?⁵²

El grueso de los desarrollos biotecnológicos tuvo y tiene lugar en un conjunto acotado de centros de investigación y empresas de gran porte ubicados en los países centrales; si bien pueden identificarse contribuciones -tanto científicas como tecnológicas- provenientes de los países de la región, las mismas se insertan en proyectos y redes cuyos nodos residen en las economías desarrolladas⁵³.

El grueso de los temas de las agendas de investigación responde, como es de esperar, a las demandas de tales sociedades, recordando siempre que los avances científicos en este campo de la tecnología tienen una clara y (a menudo) determinada utilización en actividades productivas concretas⁵⁴.

⁵² El presente capítulo se centra preponderantemente en empresas dedicadas a producir biotecnología excluyéndose taxativamente el análisis de las empresas usuarias. Si bien en el primero de los casos puede suceder que además de producir exploten comercialmente “aguas bajo” su utilización comercial, se excluyen los usuarios de tecnologías de este origen generados por terceras empresas. A modo de ejemplo se consideran los “fabricantes de semillas transgénicas o convencionales” pero generadas por técnicas de biotecnología moderna a la vez que se excluyen los productores de granos (que utilizan tales semillas) a pesar de que los mismos sean transgénicos.

⁵³ Cabe resaltar la presencia de aportes científicos de relevancia efectuados desde países latinoamericanos claves para el desarrollo posterior de la biotecnología (como los avances de Milstein sobre el desarrollo de proteínas) y/o la presencia de desarrolladores latinoamericanos de empresas exitosas en países desarrollados (Chiron fundada por un empresario chileno, ahora dueño de BioChile, un caso similar es el de un empresario uruguayo que funda Syntex en México).

⁵⁴ El desarrollo de una soja tolerante al glifosato es consistente con la presencia de grandes mercados que demandan una amplia serie de productos finales (desechos de molienda para alimentación de ganado a corral; consumo de aceite de soja, usos industriales posteriores, etc.) compatible con una estructura

Ello, sin embargo, no presupone la posibilidad de que la provisión de este tipo de tecnologías sea plenamente “envasada” y transferida automáticamente desde el exterior de forma automática. Varios son los elementos que -incluso en el plano de la propia generación- conllevan la necesidad/oportunidad de una mayor ingerencia local en estos desarrollos⁵⁵.

Inicialmente, cuando los desarrollos se refieren a modificaciones genéticas relacionadas con la vida vegetal y/o animal, existe una amplia gama de particularidades de suelos y climas que -evolutivamente- inducen a considerar las “reacciones/conductas” locales de estos seres vivos. En otros términos, climas y suelos diversos demandan semillas -naturales y/o modificadas genéticamente- “regionales” (ante la imposibilidad de contar con semillas universales). De esta forma, la variabilidad genética induce/demanda/abre las puertas a la necesidad de desarrollos endógenos, adaptaciones domésticas o, al menos, la posibilidad de los espacios propios para estos desarrollos en las agendas de las investigaciones locales.

Algo similar ocurre con la aplicación de la biotecnología a la producción de alimentos y, con mayor énfasis, al desarrollo de medicamentos y vacunas destinados a restablecer/mantener la salud. Patologías locales/regionales, mutaciones de virus, etc. inducen/demandan ciertos desarrollos locales.

Sumado a ello, la dinámica endógena de los sistemas productivos locales -en varias de las actividades donde la biotecnología tiene una clara manifestación económica- y/o del sistema científico establecido previamente, también son impulsores de estos desarrollos. En el primero de los casos, las industrias semilleras, los viveros, los productores de genética bovina/ovina, los laboratorios farmacéuticos e incluso las empresas alimenticias, -que se habían desarrollado previamente- ven en la biotecnología una herramienta de desarrollo/refuerzo de sus rentabilidades y/o de oportunidades de nuevos negocios, tanto por lo que significa incorporar nuevos productos y/o procesos de producción (con reducciones de costos sustantivas) como de explotar más acabadamente otros activos complementarios ya instalados en sus lógicas de negocios (tales como las marcas, los canales de comercialización, algunas facilidades genéricas de producción, etc.). Además, estos desarrollos se ven alentados por el conveniente costo comparativo de algunos insumos claves (como el caso de los costos laborales de los científicos y de tierras, material genético y otras facilidades).

En segundo lugar -en el terreno científico-, varios de los países de la región fueron estableciendo capacidades humanas y de equipamiento en áreas de base para la biotecnología desde mediados de los años cincuenta que -bajo ciertas circunstancias- son/pueden convertirse en plataformas de desarrollo biotecnológico. En tal sentido resultan claves las formaciones universitarias en las áreas de química y biología.

Complementariamente en la casi totalidad de los países de la región existen instituciones públicas de investigación y desarrollo en diversas disciplinas pasibles de aplicación de la biotecnología. Así todos los países de la región cuentan con institutos de investigación y desarrollo agrícolas (INIA) vinculados al sector primario; institutos de producción de vacunas,

previa de producción (mecanización, fertilización y uso de herbicidas); poca relevancia tiene en una agenda de este tipo el desarrollo de vacunas para enfermedades endémicas y/o cultivos transgénicos de consumo regional acotado. Desarrollar un conejo con pelaje fosforescente es más atractivo -en dichos casos- que modificar el contenido proteico del arroz o secuenciar el genoma de insectos (como la vinchuca) que producen enfermedades regionales.

⁵⁵ Ello ocurrió en décadas recientes, donde las condiciones macroeconómicas generales estuvieron lejos de convertirse en un marco alentador a estas iniciativas. Como se verá posteriormente, existe una mínima capacidad regional empresaria, que se desarrolló en contextos de alta vulnerabilidad dado el complejo entorno macroeconómico e institucional (desde la década perdida -los años ochenta- a los masivos intentos de aplicación drástica de políticas neoliberales -los noventa-).

reactivos, sueros antiofídicos (y aladaños), acoplados a demandas públicas en el plano sanitario y laboratorios de desarrollo de tecnologías industriales diseñados décadas atrás en el marco del modelo de generación endógena de tecnologías (PROCISUR, 2001; OPS, 1992). Ello generó capacidades en varias disciplinas que son básicas para el desarrollo posterior de la biotecnología.

Finalmente, en la casi totalidad de los países es dable encontrar pequeños empresarios que ya en los ochenta comenzaron a desarrollar -en común con grupos de investigación públicos- algunos procesos y/o productos en base a biotecnologías. Si bien se trata de casos aislados que no lograron conformar una cohorte de empresas capaces de generar cluster y/o empresas de gran porte, se destacaron en el promedio y establecieron -en simultáneo con sus pares de los países desarrollados- las primeras empresas biotecnológicas de la región.

2. El subsistema público

2.1 De las instituciones de CyT a la biotecnología

Con diversos énfasis y modalidades en los distintos países que conforman la región se establecieron, a partir de la década del cincuenta, una serie de instituciones de investigación. Estas se conformaron con distintas variantes: i) Consejos nacionales de Ciencia y Tecnología; ii) Institutos de investigación y desarrollo agropecuarios (INIA); iii) Institutos de investigación y desarrollo industriales; y iv) Institutos de investigación, desarrollo y producción de insumos para la salud.

A lo largo de esos años en varios de estos ámbitos se desarrollaron, bajo diversas modalidades y con distintos énfasis, programas de investigación y producción que sentaron las bases para desarrollos que posteriormente pasan -en el marco del nuevo paradigma- a ser parte de las “insumos” para la biotecnología. Así, en la casi totalidad de los INIA, los programas de mejoramiento de plantas sentaron las bases para el posterior desarrollo de los híbridos en simultáneo con una profundización sobre la biología particular de vegetales; algo parecido ocurrió con el control de plagas; en el caso de los institutos de salud pública, varias de las enfermedades endémicas dieron lugar a programas de investigación, que en unos pocos casos se tradujeron en el desarrollo y posterior producción de vacunas. Todo ello fue generando incipientes “insumos” para algunos eventuales desarrollos de la biotecnología a nivel regional (Vessuri, 2003; Echeverría, Trigo, Byerlee, 1996; Carbonell e Infante, 1996; PROCISUR, 2001). Varios documentos públicos recogen la inquietud al incorporarlos en los Planes Nacionales de Ciencia y Tecnología (SECYT, 1997).

Sin embargo, muchas de estas instituciones fueron pensadas y diseñadas bajo la lógica del modelo sustitutivo, donde primaba la idea de apoyo a un desarrollo endógeno. Ello implicaba dependencias funcionales de diversas reparticiones públicas y una escasa preocupación, en el diseño inicial, por operar sistémicamente. La inercia que fueron cobrando estas instituciones (modeladas en base al paradigma lineal de CyT), las recurrentes crisis fiscales que indirectamente afectaron su funcionamiento a través de las restricciones financieras y las ya casi legendarias oscilaciones de las políticas públicas, tendieron a reforzar el aislamiento de las actividades institucionales.

La década de los noventa puso a la casi totalidad de los complejos de ciencia y técnica de la región en la tarea de ir conformando un sistema. En este contexto se inscriben los mecanismos de incentivos, los fondos sujetos a concursos abiertos, las evaluaciones externas y la creación de las Agencias de Financiamiento en el marco de un intento de separar las funciones estratégicas de las de financiamiento y de las de ejecución y posterior control.

A partir de esta estructura institucional y contando con el desarrollo (proveniente del modelo previo) de un conjunto de activos tecnológicos, humanos y de equipamiento, cabe instalar la temática del desarrollo de la biotecnología.

Pero, como se examinara en el capítulo previo, los propios desafíos de la biotecnología demandan un modelo interactivo que entra en colisión con la linealidad institucional preexistente. De esta forma, a los problemas propios de la nueva disciplina -capacidades humanas, recursos financieros, etc.- se suma la necesidad de coordinar los desarrollos previos.

La biotecnología aparece -desde hace más de una década-, en las agendas tecnológicas públicas de todos los países de la región, pero lo hace en el contexto que le plantea la institucionalidad preexistente. A fines de los noventa, un trabajo específico sobre el área agraria reportaba la existencia de unas 85 unidades diseminadas en Latinoamérica de las cuales 22 correspondían a institutos públicos, 37 a laboratorios/ institutos relacionados con universidades y el resto estaba en manos privadas y/o de agencias de cooperación. Según la encuesta, empleaban en su conjunto alrededor de 1 400 científicos involucrando un presupuesto del orden de los 16 millones de dólares anuales (Trigo y otros, 2000; Cohen y otros, 2001). La mayor densidad de conocimientos se ubicaba en Argentina y Brasil; como es de esperar, existían mayores desarrollos en los procesos más sencillos e iniciales (micropropagación, PCR y otros) y menos densidad a medida que se ingresaba a la ingeniería genética.

2.2 Investigación y desarrollo en biotecnología: recursos, organización y estrategia en el sector público

Existe una gran heterogeneidad dentro de los países analizados en lo referido a los esfuerzos de investigación y desarrollo en el campo de la biotecnología. Algunos son recientes y otros derivan de actividades e instituciones previas (ver Anexo). Aún en este marco, es dable observar algunos temas comunes.

Todos los países analizados tienen instalado el tema en las agendas de las instituciones de CyT; en algunos casos, ello ocurre desde hace dos décadas y en otros el esfuerzo es más reciente (y en todo caso reconocen grupos de investigadores y/o individuos, que trabajaban sobre el tema desde hace décadas). Concurrentemente existen asociaciones privadas que nuclea a las empresas y tienen frecuentes contactos con el sector público. Como tales tienden a reconocerse como “sector”, demandando representaciones internacionales. Algo similar ocurre con la presencia de ONGs, que en algunos casos incursionan en la investigación⁵⁶.

Un breve repaso de temas de investigación indica que existen desarrollos -de muy diversos grados-, lo cual revela al menos un punto de partida, a pesar de las vicisitudes económicas de las últimas décadas (cabe recordar que estos desarrollos en los países centrales fueron concomitantes con severas crisis en varios de los casos analizados); en buena medida estos avances -disparos, erráticos, a veces trancos- se asocian con las instituciones previas y algunos desarrollos en áreas específicas que son complementarios y/o sirven de base a la biotecnología; mejoras en semillas (en los institutos públicos) son la base de eventuales desarrollos usando moderna biotecnología; institutos públicos dedicados a enfermedades endémicas sentaron las bases para el trabajo experimental de biólogos que los trasladaron a la producción de vacunas y -en unos pocos casos- pueden ser bases a vacunas recombinantes.

⁵⁶ Existe una larga lista de Fundaciones dedicadas a los temas de biotecnología desde distintas ópticas. Pero en varios países -por caso Argentina con la Fundación Leloir; o en Chile con la Fundación BiosChile- se dedican a investigación y desarrollo de cierta magnitud (en términos comparativos internacionales). Se unen varios temas en la elección de esta figura jurídica: temas impositivos; orígenes de los fondos (donaciones, legados etc.), posibilidad de captar mejor recursos internacionales.

Una somera revisión de los montos por proyectos/programas y de las capacidades humanas involucradas indican dos temas recurrentes: i) se trata de proyectos de montos claramente inferiores a los exhibidos por institutos o universidades ubicadas en los países desarrollados, que acota la cantidad de proyectos que se manejan y con ellos la posibilidad de una consecución exitosa de los mismos; ii) la presencia de mecanismos de financiación atados a fuentes no siempre sustentables en lapsos prolongados (en base, por ejemplo, a créditos internacionales y/o donaciones de agencias).

RECUADRO 3 **INSTITUTO DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y CELULAR DE ROSARIO (IBR)⁵⁷**

El Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (IBR) fue creado en 1999 por Resolución del Directorio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de quien, junto a la Universidad Nacional de Rosario (UNR), depende. Es una organización sin fines de lucro cuyos objetivos principales son la investigación, desarrollo y enseñanza de las Ciencias Biológicas.

Sus orígenes se remontan a 1987 cuando las diferentes Divisiones que hoy lo constituyen -Biología Molecular, Microbiología y Biología del Desarrollo- comenzaron a trabajar en forma conjunta. Derivado de esto, en 1995 un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Bioquímicas conformó el Programa Multidisciplinario de Biología Experimental (PROMUBIE), también dependiente del CONICET. Este programa de duración estimada de cuatro años fue elevado al rango de instituto y renombrado como IBR.

El instituto tiene como objetivo principal contribuir a la creación y difusión del conocimiento científico a través de la investigación y la docencia. El resto de sus objetivos según detalla el IBR son:

- a) Promover el desarrollo de investigaciones científicas y tecnológicas en las áreas de Biología Molecular y Celular, Bioquímica, Biología Estructural, Genética, Microbiología y Biología del Desarrollo, estudiando mecanismos moleculares subyacentes en procesos biológicos vinculados con estos temas.
- b) Contribuir a la formación de investigadores y técnicos.
- c) Capacitar profesionales en las áreas mencionadas, coordinando este quehacer con el de las Universidades Nacionales o de otras instituciones científicas y/o tecnológicas del país y del extranjero.
- d) Desarrollar proyectos tecnológicos y asesoramiento al sector productivo en áreas de su competencia.

Asimismo, el IBR posee un fuerte compromiso con la educación y la innovación científica y tecnológica como motores del desarrollo. Por esto desarrolla una intensa actividad académica, tiene a su cargo una importante parte de los cursos de grado de las carreras de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la UNR, en la que también dicta numerosos cursos de post-grado. Los objetivos fundamentales de los equipos de investigación, especialmente de aquellos integrados en la comunidad universitaria, son:

- Generar nuevos conocimientos, con la máxima calidad que permitan sus capacidades e infraestructura.
- Comunicar los nuevos aportes científicos de la manera más amplia y precisa.
- Transferir las habilidades y saberes adquiridos a los discípulos, al sector productivo y a la sociedad en su conjunto.

⁵⁷ Este apartado fue elaborado con la información que se encuentra en la página web del IBR: www.ibr.gov.ar.

El instituto alberga a unas 239 personas distribuidas de la siguiente manera: 116 personas con dedicación exclusiva provenientes del CONICET, 76 personas provenientes de la UNR, 28 becarios del FONCYT, 11 Personales de Apoyo y ocho becarios provenientes de otras instituciones.

Cuenta con instalaciones que incluyen bibliotecas, salas de cómputos y laboratorios especialmente equipados para la investigación en biología molecular, bioquímica, microbiología y biología estructural. Posee equipamiento científico por un valor total de más de 3 millones de dólares. Entre el equipamiento se destaca un Espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear de Alto Campo, el único existente en el país que tuvo un costo de 1 millón de dólares y que fue instalado a principios del año 2006 en un edificio construido especialmente para tal fin.

Los dos organismos de los que depende el IBR -el CONICET y la UNR- aseguran financiamiento para la mayor parte de los gastos básicos de funcionamiento, los servicios, las modificaciones y ampliaciones edilicias, la mayoría de los sueldos de los investigadores y las becas para la realización de doctorados.

Las investigaciones básicas y aplicadas que se realizan en el IBR son financiadas por medio de subsidios que obtienen los investigadores del instituto a través de concursos abiertos de proyectos e ideas que son evaluados por otros científicos. Estos subsidios son otorgados por organizaciones gubernamentales nacionales y extranjeras, otros organismos de financiación de la ciencia y fundaciones privadas nacionales e internacionales.

El aporte estatal es fundamental para el desarrollo y continuidad de los distintos proyectos. Pero el apoyo a través de auspicios de instituciones nacionales e internacionales que actúan en colaboración con el IBR, le permitió crecer, principalmente en períodos de restricción presupuestaria estatal por las crisis atravesadas a lo largo de su existencia. Las instituciones nacionales son: el CONICET, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), el Centro argentino brasileño de Biotecnología (CABBIO), FIRCA, la Fundación Antorchas, el Instituto Universitario Italiano de Rosario, el MAGIC Prov. Santa Fe, el Ministerio de Salud de la Nación, la Municipalidad de Rosario, la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT), la Universidad Nacional de Misiones, la Universidad Nacional de Tucumán, y la Universidad Nacional de Rosario. Entre las internacionales se cuenta con el apoyo de: Comunidad Económica Europea, Cooperation Program Argentina (SECyT)-Belgium (FNRS), DLR Internationales Büro des BMBF, FEMS (Federation of European Microbiological Societies), Fundación Guggenheim (EE.UU.), Fundación Rockefeller (EE.UU.), Fundación Volkswagen (Alemania), Howard Hughes Medical Institute (HHMI) (EE.UU.), ICGEB (Italia), Instituto de Cooperación con Iberoamérica (España), International Cell Research Organization (ICRO), International Foundation for Sciences (Suecia), International Society for Infectious Diseases (ISID) (EE.UU.), Kosan Biosciences, Inc.(EE.UU.), National Institutes of Health (NIH) (EE.UU.), Organización Panamericana de la Salud, The International Human Frontier Science Program Organization (HFSP), y Third World Academy of Sciences (Italia).

El IBR se trasladará al Proyecto Polo Tecnológico que estará situado en la Ciudad Universitaria, ámbito en el que también confluirá el Centro Binacional Argentino-Español de Genómica Vegetal (Cegive) y el Instituto de Agrobiotecnología de Rosario (Indear). Este proyecto apunta a conformar un polo de investigación en biotecnología que posicionará a Rosario como referente en el tema en Latinoamérica⁵⁸. Para concretar la mudanza del IBR se está ejecutando actualmente la construcción del nuevo edificio que tiene un monto estimado de más de 10 millones de pesos que serán aportados por el CONICET, de quien se han recibido hasta el momento 4 600 000.

Fuente: elaboración propia.

Este desarrollo institucional se destaca como una de las pocas formas sustantivas de organización dedicadas al tema en Argentina (casos similares -como se detallan en el Anexo 2- pueden verificarse en Brasil, Cuba y México). Aún así tienen una clara diferencia de tamaño -en recursos humanos y monetarios- respecto de las instituciones líderes mundiales. El menor tamaño relativo puede no afectar necesariamente la calidad y profundidad de los desarrollo, pero se torna relevante sobre la “masa” de generación de nuevos desarrollos científicos. En tal sentido, el

⁵⁸ Periódico Digital IBR.

número de líneas de trabajo desarrolladas en las instituciones locales es claramente inferior lo cual redundará en menores éxitos finales.

En este contexto, a nivel de los países de la región, no se relevan casos de mega-proyectos sustentados con fondos cuantiosos que reúnan masas críticas considerables para efectuar desarrollos científicos que sirvan de plataforma para múltiples usos biotecnológicos. Las pocas excepciones a los problemas que plantean las escalas mínimas -en lo económico y en lo referido a capital humano- se ubican en los grandes institutos de investigación agropecuaria y/o en algunos de salud humana. Como contrapartida no se verifican nuevas instituciones dedicadas a estos desafíos con proyectos y recursos sustantivos.

Como es de esperar -con la forma organizacional estatuida asociada al modelo previo- buena parte de los desarrollos fueron llevados a cabo por grupos no siempre coordinados ni sobre temas de vacancia y/o demandas reales o potenciales de la sociedad. Ello, especialmente en los países de mayor peso económico, fue generando la necesidad de un fuerte coordinación interna al propio sector público. Esto pone de manifiesto un tema tan relevante como el de la escasez de los recursos, así como la coordinación entre múltiples pequeños grupos en pro de un sistema que genere sinergias y permita paliar el problema de la escala. Un caso que pudo superar estos problemas, en vías de ser emulada por otros países- es el de Brasil y en menor medida Chile, experiencias -como el caso de la ONSA (*Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis*)- donde, desde lo económico, existen mecanismos interinstitucionales que inducen a la coordinación y concurrencia de trabajos complementarios.

RECUADRO 4

PROYECTO GENOMA DE LA XYLELLA FASTIDIOSA: O CÓMO ARMAR UNA RED DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL MARCO DE UN MODELO INTERACTIVO

El Proyecto Genoma de la *Xylella fastidiosa* constituye la primera experiencia exitosa de organización de un consorcio de investigadores brasileños con el objetivo de lograr el secuenciamiento del genoma de un fitopatógeno. Su importancia está dada tanto en el plano de la relevancia económica del descubrimiento para la economía de Brasil (se asocia con una enfermedad que afecta la producción de naranja), como en la propia experiencia- inédita en América Latina- de organización en red; en el logro en la creación de capacidades en biología molecular y bioinformática y en el posicionamiento del país en la corriente mundial en el área de la Biotecnología. Se trata de un caso completo de desarrollo siguiendo un modelo interactivo entre ciencia, tecnología y producción.

En 1997, a iniciativa de la FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo) se crea la red ONSA (*Organization for Nucleotide Sequencing and Analysis*), una red virtual de laboratorios, con el objetivo de lograr el secuenciamiento del genoma de la bacteria *Xylella fastidiosa*. Esta bacteria es el agente causal de la colorosis varigerada de los cítricos (CVC). Brasil produce un tercio de los frutos de naranja y aproximadamente la mitad del concentrado de jugo de naranja del mundo. Estimaciones de 1996, establecían que un treinta por ciento del área plantada del Estado de San Pablo presentaba signos severos de esta enfermedad, lo que daba lugar a la producción prematura de frutos pequeños y duros, carentes de valor comercial. La *Xylella fastidiosa* crece en el intestino anterior del cicadelido, un insecto que se alimenta de la savia del xilema (el principal tejido conductor de agua en las plantas) y al hacerlo lo infecta con la *Xylella fastidiosa*.

El modelo establecido fue la identificación de un proyecto, la centralización financiera por parte de la FAPESP y la segmentación de las actividades en distintos laboratorios. Cada uno de ellos debía secuenciar una parte del genoma, bajo contratos donde se establecían resultados, mecanismos de apropiabilidad y transferencias de recursos.

El origen del proyecto tuvo lugar en la FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, la agencia de promoción científica del estado de São Paulo). FAPESP aportó los fondos para cubrir el 98% del costo total. También participaron en el proyecto el CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, la agencia de promoción científica del gobierno federal de Brasil; a través de su

Programa de Capacitación de Recursos Humanos para Actividades Estratégicas (RHAE) y Fundecitrus (Fundo Paulista de Defesa da Citricultura). Esta asociación paulista de productores colaboró con el Proyecto mediante la contratación de técnicos adicionales.

La estructura organizacional del proyecto estuvo conformada por:

1 coordinador de DNA: Andrew Simpson de la rama paulista del Instituto Ludwig Institute for Cancer Research.

1 laboratorio de Bioinformática; el Laboratório de Bioinformática del Instituto de Computação de la Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), a cargo de dos coordinadores: João Meidanis y João Carlos Setúbal. 2 Laboratorios Secuenciadores Centrales, dirigidos respectivamente por Fernando Reinach, de la Universidad de São Paulo y Paulo Arruda de la Universidad de Campinas. Estos laboratorios cumplen las mismas funciones de secuenciamiento que los restantes, pero teniendo en cuenta su competencia en secuenciamiento de DNA a gran escala cumplían el rol adicional de proveer apoyo y capacitación a los laboratorios secuenciadores.

32 Laboratorios Secuenciadores. Los laboratorios secuenciadores fueron contratados para entregar la secuencia final de clones y los datos originales usados para generarla al Centro de Bioinformática. Como parte del contrato, se establecía un estándar de calidad prescripto y un tiempo de entrega. Para desarrollar esta tarea, los laboratorios recibieron los clones del coordinador de DNA, consejo técnico, y capacitación por parte de los laboratorios secuenciadores centrales y del centro de bioinformática. Los fondos otorgados a los laboratorios podían ser usados para sostener la investigación con total libertad, mientras que el equipamiento sería donado al laboratorio luego que la secuencia fuera enviada.

2 Laboratorios Colaboradores: El Funktionelle Genomanalyse Deutsches Krebsforschungszentrum de Heidelberg, Alemania y el Institut National de la Recherche Agronomique et Université Victor Ségalen de Bordeaux, Francia.

1 Comisión Directiva formada por tres científicos internacionales y dos científicos brasileños de la Escola Paulista de Medicina y de la Universidad de São Paulo.

El costo total del programa alcanzó los US\$ 13 millones según fuentes periodísticas. Por otra parte, las estimaciones de la Fundación de Defensa de la Citricultura (Fundecitrus) ubicaban las pérdidas provocadas por la enfermedad producida por la *Xylella fastidiosa* en los cultivos de cítricos en el año 1999, en el entorno de los 235 millones de reales (aproximadamente unos 130 millones de dólares).

La “secuencia” histórica de la “secuenciación” fue la siguiente:

- En mayo de 1997, F.C. Reinach sugiere la idea del proyecto al director científico del FAPESP, J.F. Perez.
- Entre mayo y agosto de 1997, se define la estructura del proyecto, se forma una comisión directiva internacional y se selecciona el organismo.
- En septiembre de 1997, el proyecto es anunciado. La fecha límite para solicitudes es el 30 de octubre.
- El 15 de noviembre de 1997, la comisión directiva selecciona a los participantes.
- En enero de 1998, llega la primera máquina de secuenciamiento.
- El 19 de marzo de 1998, la primera secuencia es depositada en el centro de Bioinformática.
- En noviembre de 1999, se logra el cierre virtual.
- En enero de 2000, se logra el cierre real.
- En febrero de 2000, se completa la secuencia.
- En marzo de 2000, se completa la anotación.
- El 13 de julio de 2000, se publica en la revista Nature un documento que relata los resultados. Como consecuencia, luego de dos años de iniciado el proyecto y en un tiempo menor al previsto, se concluyó el secuenciamiento del genoma de la bacteria *Xylella fastidiosa*. En julio del año 2000 el consorcio conformado por 192 científicos brasileños provenientes de 35 distintos laboratorios, publicaron en la revista Nature, la secuencia completa del genoma de la *Xylella fastidiosa* (Nature le

dedicó su nota de tapa del 13 de julio a este descubrimiento). La organización de una red de investigadores de distintos laboratorios con un objetivo común representó una experiencia original en Brasil y en América Latina.

Fuente: elaboración propia.

En tales casos, un ente con capacidad técnica y económica articula las actividades de un conjunto con claras ganancias para el conjunto de cientos de investigadores y decenas de instituciones en pro de lograr un salto cualitativo en las investigaciones.

De esta forma, la institucionalidad dedicada a la CyT establecida en el marco del proceso sustitutivo, sustentó la generación de una serie de capacidades humanas y físicas en el terreno de la biología, la química fina, la genética vegetal y animal, e incluso en la génesis de varias enfermedades de alta prevalencia regional. Varias de estas investigaciones se convierten en puntos de partida para incursionar en la biotecnología. Esta capacidad -a menudo contenida en grupos acotados y diseminados en un gran número de instituciones- no cuenta con una aceptada organización reticular que le permita captar sinergia en sus actividades; recientemente y con distintos énfasis, se verifican esfuerzos públicos sustantivos de coordinación a través de dos mecanismos: la coordinación científica/financiera de proyectos de cierta envergadura y la constitución de fondos específicos (sujetos a concursos) especializados en biotecnología que apunten a centralizar y coordinar tales desarrollos; poco son, en cambio, los avances comunes a grupos y/o instituciones de diversos países. Independientemente de ello, existen grupos de excelencia, que operan no alejados de los desarrollos mundiales y que se articulan muy estrechamente con los centros internacionales de excelencia. Por lo general, estos grupos se relacionan con empresas privadas, sin que ello signifique se estos puentes entre la ciencia local y la producción interna sean habituales en los países de la región.

3. El subsistema privado de “producción” de moderna biotecnología

3.1 Panorama general

La producción de biotecnología por parte de empresas privadas y públicas tiene una marcada heterogeneidad entre los diversos países que conforman la región. A grandes rasgos, una visión general indicaría que en todos los casos existen esfuerzos y preocupaciones para su desarrollo (habitualmente es un tema en las agendas gubernamentales referidas al desarrollo), pero también que el desenvolvimiento real está lejos de alcanzar la magnitud y los efectos dinamizadores sobre otros sectores, que tienen en las economías desarrolladas (Dellacha y otros., 2003; Verástegui, 2003; Genoma España, 2005).

En lo que sigue de la sección, pasaremos una rápida revista a los desarrollos recientes, las principales áreas de desarrollo y las formas de articulación con los sectores que les siguen “aguas abajo” en la producción.

3.2 Argentina

Las primeras empresas de biotecnología en Argentina surgen a partir de mediados de los ochenta. Se trató de varios emprendimientos relacionados con capacidades preexistentes en las industrias farmacéuticas, alimenticias y de las semillas. En el primero de los casos surge a partir de un desarrollo de recombinantes por parte de un laboratorio local; pronto se sumó un *joint venture* entre un grupo local (Arcor) y una empresa americana (Milar) destinada a la producción de enzimas recombinadas; en la actividad de reproducción vegetal, Polychaco fue una empresa pionera en aplicar comercialmente las técnicas de micropropagación de cultivos, a la que

rápidamente se sumó TecnoPlant (de mismo grupo farmacéutico que desarrolló el recombinante) mientras que Nidera/Asgrow hicieron lo propio introduciendo un gen (resistente al glifosato) en variedades locales de soja (lo cual permitiría el lanzamiento comercial de la soja RR a mediados de los años noventa); en la producción de medicamentos, los primeros desarrollos -el interferón recombinante, la erythropoyetina- correspondieron a Biosidus (Katz y Bercovich, 1990; Bisang, 2003b; Banchero, 2003).

Dos décadas más tarde, en los primeros años del siglo XXI, existen en Argentina poco más de 80 empresas, todas ellas pertenecientes al sector privado. Los campos de actividades que cubren se ubican en tres áreas: agropecuario, medicamentos-salud humana y alimentos (Bisang y otros., 2006b). De las aproximadamente 80 empresas locales de biotecnología -80% de las cuales son de capital nacional- el grueso son firmas pequeñas y medianas cuyas actividades son casi exclusivamente biotecnológicas (mientras que las de mayor porte forman parte de grupos empresarios diversificados con elevados niveles de facturación)⁵⁹. Considerando sus actividades se destaca que 54 son vinculadas al sector agropecuario: 25 trabajan en inoculantes, 19 en semillas y plantines y 10 en sanidad animal.

Se estima que estas empresas facturaron -entre los años 2003 y 2004- poco más de 300 millones de dólares en concepto de productos biotecnológicos (sobre un total de 1 800 millones de dólares que facturan anualmente en todo concepto). Las empresas relevadas invierten alrededor de unos 17/20 millones de dólares en IyD. La cifra no es nada desdeñable si además se observa que las empresas analizadas dan empleo aproximadamente a 5 000 personas, de las cuales poco más del 11% se dedica a actividades de IyD. En relación al comercio exterior, los saldos de esas empresas son positivos, poco menos del 25% de las producciones se coloca en el exterior, dato que revela alguna competitividad internacional. Algunos desarrollos -como los del Recuadro 5- indican cierta excelencia internacional en el área farmacéutica y vegetal⁶⁰.

RECUADRO 5 BIOSIDUS Y EL TAMBO FARMACÉUTICO

BIOSIDUS S.A. es una empresa biotecnológica argentina establecida en 1983, perteneciente al GRUPO DE EMPRESAS FARMACEUTICAS SIDUS. Las ventas totales del grupo superan los 250 millones de dólares anuales; Sidus (medicamentos) factura -año 2006- 195 millones, TecnoPlant (micropropagación), algo más de cinco millones; Biosidus alrededor de 30 millones y Lasifarma (medicamentos de venta libre) otros 20 millones. Biosidus es la empresa más relevante del grupo y del sector en Argentina. Destina alrededor del 15% de sus ventas a IyD. Su actividad se centra en desarrollos biotecnológicos en las áreas vegetal, animal y de salud humana, generando materias primas biotecnológicas mediante el empleo de

Actualmente comercializa en mercados nacionales e internacionales seis proteínas recombinantes para uso en salud humana, cuenta con cerca de una decena de moléculas en desarrollo, varias de ellas de próximo lanzamiento, e incursiona en el campo de las biotecnologías vegetal y animal y la síntesis química.

En 1997, Biosidus comenzó a experimentar con técnicas de clonación animal. En agosto de 2002 nació Pampa, la primera vaca clonada en América latina, que fue concebida después de que le extrajeran células a un feto de raza Jersey.

⁵⁹ No todas las empresas se dedican de forma exclusiva al desarrollo de productos y procesos biotecnológicos. Para las grandes empresas, la biotecnología es sólo una parte variable de un conjunto más amplio de negocios lo que les permite mejorar su capacidad de financiación de nuevos proyectos. Por ejemplo, Biosidus forma parte de un grupo mayor de empresas -SIDUS- que (inicialmente) le da sustento económico y financiero. Sin embargo, la mayoría de las empresas son chicas, con uno o dos productos biotecnológicos donde la suerte de la empresa depende del éxito comercial.

⁶⁰ Argentina es uno de los nueve países mundiales con capacidad para clonar exitosamente animales.

En septiembre de 2002, nació Pampa Mansa, cuarta ternera integrante de la dinastía “Pampa” también de raza Jersey, que además de clonada es transgénica, dado que es portadora del gen de la Hormona de Crecimiento Humana (hGH). Las células somáticas que aportan el material genético fueron previamente modificadas por la inserción del gen de la hormona de crecimiento humano o somatotropina (hGH)-proteína que naturalmente se produce en la hipófisis humana y tiene como función específica promover el crecimiento en todas las células del organismo por aumento de la biosíntesis de proteínas.

En diciembre de 2004, nació el primer ternero macho transgénico Pampero- hijo de Pampa Mansa. Pampero, lleva en sus genes la hormona de crecimiento que transmitirá por su semen cuando se reproduzca. Con Pampero se hace posible la reproducción natural, más rápida y menos costosa que la clonación.

Este es el origen del Proyecto Tambo Farmacéutico Biosidus, que permite al laboratorio la producción de hormonas de crecimiento humano a partir de la leche bovina. Biosidus invirtió 7 millones de dólares en esta primera etapa del Proyecto.

Este segmento del mercado de medicamentos mueve en el mundo unos 1 000 millones de dólares anuales. Tanto Biosidus como otras empresas competidoras (Novartis, Pfizer) obtienen esta hormona a partir de microorganismos genéticamente modificados, pero esta nueva forma de producción a partir de la leche de bovinos transgénicos permitirá la producción de medicamentos de alta tecnología y de menor costo. Se estima que la producción de apenas un animal transgénico podría satisfacer la demanda total de (hGH) en nuestro país mientras que con un rebaño de 20 ejemplares, se abastecería la demanda mundial.

Una vez lograda y afianzada la tecnología de generación de animales transgénicos en el marco del proyecto de Hormona de Crecimiento Humana, la segunda etapa del tambo farmacéutico se centró en la elaboración de Insulina Humana Recombinante, a partir de los bovinos.

En abril del 2007, Biosidus presentó Patagonia, el primer rodeo de bovinos transgénicos y clonados en el mundo capaces de producir en su leche un precursor de la insulina humana. Esta alternativa de producción permitirá disponer de altas cantidades de medicamento idéntico a la proteína humana y a un menor costo.

Las terneras Patagonia I, II, III y IV nacieron entre febrero y marzo de 2007. Son cuatro terneras de raza Jersey que poseen en su material genético el gen del precursor de insulina humana. Una vez que alcancen su madurez, estarán en condiciones de producir, en forma natural, leche que contenga el precursor de insulina humana. El precursor consiste en la molécula de insulina humana a la que se le ha agregado un pequeño fragmento de proteína que le cambia su estructura espacial y la hace inactiva en el animal.

La leche con el precursor de insulina humana es una etapa intermedia del proceso de producción. El paso siguiente a partir de la obtención de dicho precursor será la optimización del proceso de aislamiento y purificación, a escala industrial, de la insulina humana a partir de leche bovina para elaborar con ella un medicamento inyectable, eficaz y seguro.

La diabetes es una de las enfermedades de mayor impacto sanitario por su alta incidencia sobre la población -alrededor del 6%- y la complejidad de las afecciones crónicas que este trastorno metabólico genera. Este desarrollo, íntegramente nacional, que permitirá la obtención de Insulina Humana recombinante mediante métodos más eficientes que los existentes apunta a un mercado que anualmente en el mundo mueve unos 3 000 millones de dólares.

Se estima que el volumen de producción de un rodeo de alrededor de 25 vacas será suficiente para cubrir la totalidad de la demanda de insulina humana de Argentina, que cuenta con más de un millón y medio de pacientes diabéticos.

Se trata de un caso exitoso donde la vaca dejó de ser un “recurso natural” y pasó a ser una biofábrica de insumos precursores para la industria farmacéutica (espacio que otrora ocupaba la química fina).

Investigación y desarrollo en Biosidus

Las actividades de investigación y desarrollo de Bio Sidus pueden clasificarse en las siguientes líneas:

* Desarrollo de sistemas de expresión para producir proteínas recombinantes. Con la finalidad de disponer del sistema óptimo de expresión para cada producto, se desarrolla la producción de proteínas recombinantes en bacterias, en distintas líneas de células de mamíferos en cultivo, en levaduras, en vegetales transgénicos y en animales transgénicos.

- * Utilización de la biotecnología para la obtención de materias primas para uso en salud humana.
- * Investigación clínica con proteínas recombinantes.
- * Desarrollo de animales de granja transgénicos para la producción de proteínas humanas de uso terapéutico.
- * Desarrollo de vacunas recombinantes contra infecciones bacterianas.
- * Desarrollo de sistemas de liberación controlada de macromoléculas.
- * Desarrollos de sistemas de diagnóstico (métodos de determinación cuali y cuantitativas de distintas enfermedades infecciosas, tales como hepatitis C, etc.)
- * Biotecnología vegetal (resistencia a virus, genotipificación de especies, resistencia a herbicidas, etc.)

Fuente: elaboración propia.

El caso de Biosidus, es en extremo representativo de otros varios relacionados con la aplicación de la biotecnología al campo sanitario. Amerita algunas reflexiones sobre el tema central de este trabajo antes de continuar examinando otros casos nacionales. La empresa creció al resguardo de beneficios asociados con la particular forma de funcionamiento del mercado de la salud y fue derivando recursos para el desarrollo de ventajas genuinas en un campo nuevo de los medicamentos. Su primer desarrollo fue el interferón (contemporáneo con lo ocurrido internacionalmente a mediados de los años ochenta). En un contexto hostil -una década perdida y otra de apertura indiscriminada- logró cierta excelencia técnica, pero que aún no se tradujo plenamente a nivel productivo. Ocurre que sólo parte del grupo opera con productos de origen biotecnológico dado que el flujo de desarrollo de éstos se acota a unos pocos casos; mientras que AMGEN -que nació en fecha simultánea- tiene 25 eventos tecnológicos comercializados, en el caso de Biosidus son sólo cuatro; en otros términos, un tamaño menor implica un flujo menor de nuevos productos y un sendero menos explosivo, en un sistema que se amplifica pero con distintas potencias. El paso siguiente del desarrollo técnico es contar con la aprobación para la venta (local e internacional), sólo cuando ello se verifique, la empresa comienza a realizar la captación de la renta tecnológica. Contar con canales de comercialización propios, marcas, equipos de profesionales para registrar productos en diversos mercados y hacer esfuerzos para fidelizar el uso del producto (vía incentivos sobre los médicos) se convierten en condiciones suficientes para unir desarrollo innovativo con desarrollo económico.

Si el lapso entre el desarrollo y la posibilidad de comenzar a hacer negocios (especialmente a nivel internacional) es prolongado, mayores son las posibilidades de ser captado/cooptado/comprado por grandes empresas para las cuales, las barreras regulatorias, financieras y de riesgo son (en términos relativos) menores que para una empresa pequeña en el contexto internacional⁶¹. Obviamente, las regulaciones -sanitarias, comerciales, de propiedad intelectual- no son neutras en este proceso y se suman a otros temas tradicionales de las políticas públicas en materia de innovación y competitividad⁶².

Otros desarrollos relevantes se ubican en las semillas, mercado que para los países de la región se torna clave en función de la relevancia que tiene como originadores de granos (especialmente oleaginosas) dentro del tramado mundial de los aceites vegetales y de los derivados del maíz. En este caso, la matriz del problema/desafío -común a varios países de la

⁶¹ Un caso paradigmático es Biobrás, una empresa brasilera que a mediados de los años 80 ingresó al desarrollo de la insulina genética y fue luego absorbida por Novo Nordisk una de las dos empresas mundiales líderes en insulina; un caso similar, pero una década más tarde fue Beta-Sintyal (de Argentina) que luego de efectuar un desarrollo similar fue comprada también por la antes mencionada empresa nórdica.

⁶² Un esquema similar se aplica si el análisis se refiere a otros insumos para la salud humana como vacunas, test de análisis etc.

región- es el siguiente: modificar genéticamente una planta demanda de una variedad adaptada a suelos y climas locales y genes específicos (con sus técnicas de pegar y reproducir). El primero de ellos, fue largamente desarrollado en forma local a través del fitomejoramiento y protegido por las leyes de obtentores vegetales; como resultado, existen en Argentina unos 60 semilleros locales con una amplia gama de variedades que cubren la casi totalidad de las demandas -reales y potenciales- según zonas y climas del país. En cambio, mínimo o nulo desarrollo local privado existe en la identificación, aislamiento y tecnología de manejo para pegar un gen a una variedad; ello es territorio casi exclusivo de las grandes empresas multinacionales que además tienen subsidiarias localmente⁶³. El panorama se completa con la presencia de unas pocas empresas locales que tienen capacidades -propias y/o por alianza/convenios con el sector público- de desarrollar su propia “ingeniería genética”. Los proyectos -a los que se hiciera mención previamente- demandan tiempo y una vez concretados deben ser aprobados por la autoridad local, con anterioridad a su uso comercial. ¿Cómo se articulan ambos grupos que tienen intereses concurrentes pero asimetrías -económicas y técnicas- para captar una demanda derivada creciente (dada la expansión del comercio mundial)? Una opción es que la multinacional compre al semillero local (si es que este desea vender ya que cuenta con un activo de creciente valorización como lo son las variedades); otra es que acuerden un pago privado de derecho de uso (regalías u otros); y una tercera es que la empresa local emule el modelo multinacional y desarrolle sus propios eventos locales completos.

Estas opciones -comunes a todos los países de la región- ponen de relieve dos temas adicionales (propios de las agendas públicas): los derechos de propiedad intelectual y el marco regulatorio (seguridad, inocuidad, etc.). *A posteriori* se torna necesario -para captar la renta- el control “aguas abajo” del negocio, no sólo de las semillas, sino fundamentalmente del resto de los componentes de los paquetes técnicos (que en el marco de la denominada revolución de la vida, se vuelven cada vez más complejos); en otros términos es necesario contar con la red de ventas de varios insumos simultáneos y con los mecanismos de financiación -por un lapso que permita recuperar la inversión al final de la cosecha- es tan imprescindible como el “diseño” de la semilla. Todos estos elementos hacen a la respuesta del interrogante inicial sobre el nexo entre biotecnología y desarrollo y tienden a incluir nuevos temas en las agendas públicas referidas a la competitividad y el desarrollo.

3.3 Brasil

A diferencia de Argentina, en el caso de Brasil, el desarrollo empresario tiene una fuerte presencia de empresas públicas⁶⁴ (Da Silveira y otros., 2004; Gadelha, 1990). La dinámica propia de la Fundación Fiocruz y/o del Instituto Butantán dio como resultado un par de empresas dedicadas a la producción de vacunas, retrovirales y otros medicamentos de base biotecnológica. En el caso de la Biomaghinos (una empresa controlada por la Fundación Fiocruz que produce -entre otros desarrollos biotecnológicos- una

⁶³ ¿Cómo resolvieron las mega corporaciones internacionales el problema? En parte y gracias a su tamaño, ingresando al mercado financiero para apalancar compra de semilleros y empresas biotecnológica y, en parte, recostándose en el desarrollo de las grandes universidades (las que a su vez estaban interesadas en explotar comercialmente las patentes y, con ello, captar recursos adicionales). En el caso local, el mercado financiero no generó ni la solidez ni el horizonte temporal para tales emprendimientos ni los instrumentos (inversiones de riesgo); tampoco la investigación científica de las universidades y/u otros institutos de CyT operan a modo de soporte masivo de investigación para la actividad privada.

⁶⁴ A estas instituciones se suma desde hace varias décadas la Universidad de Sao Paulo, la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, el Instituto Biológico de Sao Paulo y el Instituto Agronómico de Paraná. Un relevamiento del año 2002 indicaba la existencia de unos 6 600 investigadores nucleados en 1718 grupos y alrededor de unas 3 800 líneas de trabajo. (Salles Philo y otros, 2002).

serie de retrovirales controlando tales submercados) se trata de un emprendimiento de magnitud, que se cuenta entre las de mayor facturación entre los países de la región.

Algo similar ocurre con el complejo EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). En este caso, se verifican una serie de desarrollos hasta la fase precomercial, tanto en semillas transgénicas -con control de las técnicas genéticas, aislamiento de genes y otros- como en técnicas de micropropagación. La posterior aplicación comercial se ve mediada por dos elementos, especialmente en el caso de las semillas; el primero lo constituyen las prevenciones y los avatares de la aprobación comercial de las semillas transgénicas lo cual implica un lento transvasamiento hacia el uso comercial; mientras que lo segundo es la imposibilidad legal de EMBRAPA de ingresar el terreno comercial. Esto último da lugar a un mecanismo donde la “salida” de los desarrollos de EMBRAPA, entre ellos los de origen transgénico, se viabiliza –en varios casos- a través de mecanismos de las Fundaciones Estaduales. Estas fundaciones, tienen participación de cada uno de los estados federales, capitales privados (generalmente relacionados con productores agropecuarios de gran escala) y la propia EMBRAPA. Es en este contexto, que debe analizarse la dinámica del mercado de semillas transgénicas de Brasil, completado con la presencia de firmas multinacionales (Castro, Lima, Lopes, Machado y Martins, 2006; Fuck y Bancelli, 2006; Wilkinson, 2002).

Un trabajo reciente (Biominas, 2007) señala la existencia de 181 empresas dedicadas a las ciencias de la vida de las cuales 71 pueden calificarse como biotecnológicas (en concordancia con las definiciones internacionales sobre la materia). Según sus actividades, el 23% se dedica a agricultura; un porcentaje similar a insumos, mientras que salud humano y animal tiene relevancias parecidas (17%). El análisis del perfil de empresas revela un peso muy grande de pymes: el 75% tiene niveles anuales de facturación inferior a los 500 000 dólares anuales); solamente un 10% de las empresas emplea más de 50 personas.

Sólo unos pocos emprendimientos tienen más de dos décadas; se trata de un par de firmas farmacéuticas y otras relacionadas con la micropropagación de cultivos (asociados con cultivos masivos como el tabaco, la caña de azúcar y los cítricos); el resto tiene menos de una década. La mayoría de las empresas se concentra en Minas Gerais, Sao Paulo y Río de Janeiro. Biobrás (empresa local con desarrollos en insulina genética, luego comprada por Novo Nordisk); Vallée, (dedicada a producir vacunas con métodos recombinantes y kits de diagnósticos), una docena de empresas productoras de inoculantes, son entre otros, las empresas privadas de mayor peso. Finalmente, cabe señalar que parte del menor dinamismo (en términos de productos finales y no de desarrollo) de las empresas de biotecnología en genética vegetal se asocia con el retraso de Brasil de aprobar transgénicos especialmente en soja y maíz. El sector privado se ha nucleado en ABRABI (Asociación Brasileira de Industrias de Biotecnología).

3.4 Chile

Chile tiene una historia más reciente y menos densa en el tramado empresario que los países previos. En parte por la presencia de un menor desarrollo de los sectores usuarios más vinculados con la biotecnología -como el agro extensivo y/o los medicamentos-.

Una reciente revisión de la actividad empresaria, indica la presencia de unas 120 empresas dedicadas a la producción de biotecnología en Chile (CORFO, 2006; Genoma España, 2005c; Ciencia y Trabajo, 2006). El perfil es altamente heterogéneo en función de las actividades que desarrollan. Un conjunto destacado se dedica a la micropropagación de cultivos, otros a vacunas, reactivos e insumos para la salud humana y un tercer grupo en relación con temas ambientales.

Las empresas relevadas tienen dos rasgos comunes: i) se trata de empresas que, a juzgar por los niveles de empleo, son de muy pequeño porte y operan muy relacionadas con el sector público (sea en términos de financiamiento y/o de apoyatura técnica), y ii) son de lanzamiento reciente.

3.5 Colombia

Las primeras empresas de base biotecnológica aparecieron en 1996, con dos iniciativas importantes: la primera, dedicada a la biología molecular, CorpoGen; y la segunda, de anticuerpos monoclonales, Histolab. Las dos fueron incubadas en Innovar, incubadora de empresas de base tecnológica de Bogotá.

Actualmente existe un decena de empresas, las cuales efectúan desarrollos en el campo de la micropropagación de cultivos, el desarrollo de levaduras y los antes mencionados avances en biología molecular aplicado a inoculantes y similares. Orius es la empresa de mayor porte; emplea unas cincuenta personas.

3.6 Cuba

Cuba sobresale por su desarrollo biotecnológico, especialmente en el campo sanitario. El tema forma parte central de la estrategia de desarrollo y como tal se articula a partir de una presencia exclusiva del Estado, tanto a nivel de investigación como de desarrollo y producción. En lo específico del tema biotecnológico, el sistema se articula a partir de las siguientes instituciones:

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)⁶⁵.

- La Academia de las Ciencias de Cuba. Es una institución oficial del estado cubano, independiente y consultiva en materia de ciencia.

- Portal de la Ciencia en Cuba. Recoge en sus páginas numerosos organismos y asociaciones cubanos implicados en la promoción y el apoyo de la ciencia y la tecnología.

- Los Centros de Información y Gestión del Conocimiento (CIGET): tienen como misión la dirección metodológica del Sistema Territorial de Información Científica y Tecnológica a nivel territorial, la prestación de servicios científico-técnicos de Información, Gestión Tecnológica, Propiedad Industrial y Servicios Telemáticos.

- La Consultoría Biomundi: desarrolla sus actividades como una de las organizaciones que integraban el Polo Científico del Oeste de La Habana. Brinda servicios y productos de inteligencia corporativa de utilidad en la esfera científica, tecnológica, económica y comercial.

- Polo Científico del Oeste de La Habana⁶⁶. Integra 52 instituciones y más de 4000 científicos e ingenieros. La actividad científica, tecnológica y productiva desplegada ha permitido un importante avance en la generación y gerencia de la propiedad intelectual materializada en 158 objetos de invención y más de 300 patentes, muchas de éstas con registro en países desarrollados; así como la obtención y comercialización de importantes productos biofarmacéuticos y de

⁶⁵ El Sistema de Ciencia y Tecnología cubano está integrado por las actividades de los Frentes, los Polos Científicos y el Forum Nacional de Ciencia y Técnica. Cuba cuenta en la actualidad con 15 Polos Científicos, 12 de carácter territorial y tres sectoriales: **el del Oeste de la Habana, está dedicado al desarrollo de la Biotecnología**, para el uso de la salud, la farmacia y la agroindustria en general; el Industrial, encaminado esencialmente al desarrollo de nuevas fuentes de energía, y el de Humanidades que se concentra en temas de su especialidad.

⁶⁶ En la década de los ochenta por impulso del gobierno, se creó el Frente Biológico, germen de lo que después sería el principal centro de investigación y producción en Biotecnología del país, el Polo Científico del Oeste de La Habana, creado con el objetivo de potenciar el avance de la biotecnología y de la industria médico farmacéutica en un principio y luego ampliarlo a la esfera agropecuaria.

equipos médicos de aplicación médica y reconocido impacto en el sistema de salud de Cuba⁶⁷. Involucra más de 100 proyectos de Investigación y Desarrollo entre sus principales instituciones y orienta sus principales acciones de investigación estratégica a las temáticas de: Vacunas terapéuticas y nuevos adyuvantes, los estudios de Proteómica, Genética poblacional, la Bioinformática, las Neurociencias cognitivas, así como hacia el fortalecimiento de sus plataformas tecnológicas y el desarrollo de nuevas formulaciones de productos biofarmacéuticos, medicamentos genéricos y productos naturales⁶⁸.

- Sistema de biofábricas. Quince biofábricas funcionan como bancos de germoplasma y se dedican a la producción de materiales de propagación libres de enfermedades. Cuentan con capacidad para producir anualmente 60 millones de plantas in Vitro y semillas artificiales.

En su conjunto este complejo de investigación y producción ocupa alrededor de 13 000 personas que trabajan en actividades vinculadas a la Biotecnología y sus especialidades repartidas en más de 50 instituciones y centros de investigación. Como resultado, más de 360 patentes han sido presentadas por instituciones cubanas en la esfera de la salud desde 1987⁶⁹.

⁶⁷ Entre otros productos se destacan: Vacuna Natural (contra las Meningitis B y C); Vacuna recombinante contra hepatitis B; Vacuna sintética contra el *Haemophilus influenzae* tipo B; Vacuna contra la leptospirosis; Vacuna contra la *Salmonella tiph*; Factor de Crecimiento Epidérmico; Anticuerpo monoclonal IOR-T3; Eritropoyetina recombinante; Ateromixol (PPG); Interferones (natural y recombinante); Estreptoquinasa recombinante; Factor de transferencia; Derivados de la sangre; equipamiento y Sistemas Diagnósticos: Detección de Hepatitis C, el HIV, la toxoplasmosis y otras enfermedades infectocontagiosas; Enzimas de restricción y modificación; GAVAC (Vacuna recombinante contra la garrapata).

⁶⁸ Las principales Instituciones del Polo Científico del Oeste son: Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC); Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB); Centro de Inmunoensayo (CIE); Centro de Neurociencias de Cuba (CNC); Centro de Química Farmacéutica (CQF); Instituto Finlay; Centro de Inmunología Molecular (CIM); Centro Nacional de Biopreparados (BIOCEN); Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB); Centro Nacional de Salud Animal y Vegetal (CENSA).

⁶⁹ Los principales desarrollos son: a) **46 medicamentos** entregados al registro estatal, **seis más en fase avanzada de ensayo clínico**, **20 patentes solicitadas** en Cuba y **cuatro** en el exterior, además de **177 publicaciones** en revistas científicas de impacto internacional; b) Obtención de la vacuna antimeningocócica tipo B en 1986, premiada por la Organización Mundial de la Propiedad Industrial. La vacuna denominada VA-MENGOCBC, abrió el camino al primer caso de transferencia de tecnología de Cuba hacia empresas europeas. Smith Kline Beecham Pharmaceuticals obtuvo en junio de 1999 autorización del Departamento del Tesoro de Estados Unidos para firmar con **el Instituto Finlay**, de La Habana, un convenio con el fin de introducir la vacuna en el mercado europeo; c) Obtención de fármacos como el Policosanol (PPG), también premiado por la OMPI; d) La generación y producción de una amplia gama de **anticuerpos monoclonales**; e) El desarrollo de la estreptoquinasa recombinante, registrada como Heberkinasa, de probada eficacia en enfermedades trombóticas, especialmente en el infarto agudo del miocardio; f) Producción de semillas de alta calidad a través de una red de biofábricas que cubren todo el país, con una capacidad de más de 60 millones de vitroplantas; g) Obtención de la tecnología de inmersión temporal por organogénesis con un coeficiente de reproducción de plantas diez veces superior a los métodos tradicionales de micropropagación; h) Desarrollo de metodologías eficientes de transferencia con técnicas de ingeniería genética y biología molecular en caña de azúcar, boniato, café, plátano, etc. para incrementar su resistencia a plagas, enfermedades o estrés ambiental. Consecución de un Arroz Bt resistente a insectos, Maíz Bt resistente a palomilla y un Boniato Bt resistente a Tetuán; i) Invención de biofertilizantes y maduradores biológicos para la industria azucarera; j) Obtención de dos vacunas veterinarias de nueva generación y algunas nuevas tecnologías para la nutrición. Una de ellas es la vacuna recombinante contra la garrapata (GAVAC). Comenzó a aplicarse en 1995 al ganado bovino en reemplazo de los acaricidas químicos. El antídoto crea un

Posiblemente este país tenga -junto a Argentina y Brasil- los mayores avances. Pero a diferencia de los anteriores, el modelo se articula a partir de una fuerte apuesta pública en la investigación de base, en el marco de un esquema de investigación claramente orientado hacia el campo de la salud humana y de actividades específicas de la agricultura (Borroto, 2006).

La empresa pública -Finlay S.A.- es necesariamente un derivación del escalamiento industrial de desarrollos científicos públicos y está diseñada al sólo efecto de darle una salida comercial hacia el exterior a tales emprendimientos comerciales. Cuba produce hoy 13 productos biotecnológicos, dos de ellos de patente propia y únicos en el mundo (la estreptokinasa recombinante y la vacuna antimeningocócica B).

3.7 Uruguay

La industria biotecnológica de Uruguay comenzó a desarrollarse en la década de los ochenta, impulsada por un programa del sector público. Su impulso provino de la convergencia de un núcleo de científicos básicos del Instituto Clemente Estable, de algunas Facultades de la Universidad de la República y de empresarios privados. Se creó un Comité Nacional de Biotecnología, integrado por representantes públicos y privados y se organizó la Asociación Nacional de Empresas Biotecnológica de Uruguay (AUDEBIO). En la década del noventa, el Comité decayó y los equipos se dispersaron. La AUDEBIO continuó trabajando sin lograr impactos sobre las decisiones del gobierno. En la actualidad se está produciendo un relanzamiento de la organización.

Existen en Uruguay unas 30 empresas de biotecnología, la totalidad de las cuales facturan menos de cinco millones de dólares anuales y tiene menos de 50 empleados. Poco más de la mitad tienen menos de 15 años de antigüedad (INIA, 2001). Sus esfuerzos en IyD son modestos considerando los valores totales, pero la casi totalidad de ellas tiene una fuerte dependencia del sector público (tanto en financiamiento como en asistencia técnica). Se trata de empresas de tamaño pequeño dedicadas a diversos grupos de actividades: i) micropropagación de cultivos; ii) inoculantes; iii) reactivos y desarrollos de algunos medicamentos recombinantes. Las principales empresas son Laboratorios Lage (dedicadas a inoculantes, con una subsidiaria en Argentina - Nitrasoil- y crecientes exportaciones), Laboratorio Santa Elena (*kits* de diagnósticos y vacunas biológicas algunas en base a recombinantes), Semillera Santa Rosa, Paso Alto S.A., Otegui Hnos y Biosur (en micropropagación de cultivos) y Laboratorios Castellanos y Genia SA en salud humana (Dellacha y otros., 2003; Carullo y Dellacha, 2005; Capdevielle, 2006).

En todos los casos los desarrollos guardan, de manera directa y/o indirecta una marcada relación con un número acotado de institutos públicos (Clemente Estable, INIA, etc.). Varios de los principales productos de las empresas del campo de la biotecnología en el Uruguay tienen como destino el mercado internacional, dado lo acotado del mercado local⁷⁰.

anticuerpo que reacciona y destruye una de las proteínas de la garrapata cuando ésta succiona la sangre del bovino; k) Obtención de animales transgénicos (conejos y ratones) que expresan diferentes proteínas para uso humano.

⁷⁰ En el campo de la producción vegetal, Lage S.A. produce y comercializa un inoculante de gran calidad, considerado de primer nivel internacional. La aplicación de este producto no logra expandirse en el campo uruguayo, por lo que están trabajando utilizando el 25% de la capacidad instalada. Lage y otras empresas del sector están exportando productos a Brasil, por una cifra total de US\$ 300.000. Otros productos de Lage, como los inoculantes en base a azospirilos para la producción de gramíneas, no han logrado ninguna aceptación en el mercado local y su producción se exporta a Italia, país que lo combina con otros productos.

4. Empresas, tamaños y estrategias

En el marco de una actividad donde no existe un desarrollo masivo de empresas, una revisión de la situación de algunos países seleccionados de la región, indica la presencia de una mínima base de emprendimientos. En otros términos, se registra un núcleo relativamente importante de firmas, dedicadas al desarrollo local de biotecnología.

Sin embargo cabe precisar algunos rasgos de las empresas locales respecto de sus pares internacionales a fin de dimensionar su realidad y potencialidad futura.

Tamaño. Las mayores (y pocas) empresas locales dedicadas a la biotecnología tienen una facturación máxima ubicada en el entorno de los 40 millones de dólares anuales. Biosidus de Argentina (fármacos), Vallé y Biobrás de Brasil (fármacos), Nidera (semillero argentino), Finlay (Cuba), son las más relevantes. Respecto de las empresas pares mundiales líderes (por caso AMGEN de EE.UU., con un nivel de facturación del orden de los 11 mil millones de dólares), se trata de empresas muy pequeñas, a pesar de que tengan una edad similar y que en sus inicios -a mediados de los años ochenta- tenían desarrollos parecidos.

Como es de esperar, aún con esfuerzos innovativos similares -estimados en porcentajes respecto de ventas- los montos para futuros desarrollos son -relevantes localmente- pero de muy menor valía en términos internacionales. Ello se traduce en un flujo de productos nuevos claramente inferior al de sus homónimas internacionales; en otros términos retroalimentan un sendero de desarrollo mucho más acotado que sus pares internacionales.

Forma de organización. Una perspectiva general de las empresas indica la presencia de dos perfiles organizacionales claramente diferenciados.

Un primer conjunto de firmas se conforma con emprendimientos de unos pocos productos de origen biotecnológico base de su escueta cartera de productos, tienen menos de una década de antigüedad descansan parte sustantiva de su IyD en el sector público (universidades, institutos u otros) vía acuerdos (con distintos grados de formalización) y tienen en cartera unos pocos proyectos de investigación a futuro. Se encuentran en un proceso de desarrollo donde las vías de crecimiento tienen en un extremo la asignación de mayores recursos para profundizar IyD y con ello ampliar la cartera de productos y por otra, la necesidad de mejorar los aspectos productivos y de comercialización (desde los canales hasta las marcas). Se trata de -en la visión latinoamericana- pymes con ciertas posibilidades de complejo desarrollo a futuro a las cuestiones de entorno (financiero, comercial, cambiario, etc.). Como tales son endeble frente a procesos de compras/alianzas asimétricas por parte de empresas internacionales de mayor porte; ello resiente la densidad empresarial local a mediano plazo⁷¹.

Un segundo grupo de empresas, si bien son jurídicamente independientes y centradas en la biotecnología, forman parte de grupos empresariales de mayor porte. En tal sentido, existen al menos tres perfiles claramente establecidos. Uno de ellos lo conforman empresas dedicadas al comercio de granos que derivaron sus actividades hacia las semillas y dentro de éstas, a las transgénicas. Otro, forman parte de grupos dedicados a la producción (privada o pública) de medicamentos; cuentan con marcas, canales comerciales y esquemas de fidelización de médicos/pacientes en los cuales insertan sus estrategias de desarrollo de empresas controladas dedicadas a la biotecnología; en algunos casos se trata de medicamentos y en otros de vacunas de uso humano (ambos bajo técnicas recombinantes); finalmente un tercer perfil se conforma a partir de empresas biotecnológicas que forman parte de grupos empresarios más diversificados. En estos casos si bien las empresas de biotecnología tienen niveles de facturaciones de cierto porte

⁷¹ A modo de ejemplo pueden consultarse varios casos en Katz y Bercovich (1990) y Díaz (2001).

para el contexto local, tienen la fortaleza económica y financiera que les otorgan el resto de las actividades del grupo; se trata de desarrollos económicos que pueden descansar -al menos por un cierto lapso de maduración- sobre las evoluciones de las restantes empresas del grupo. Obviamente ello abre mayores posibilidades de emprendimientos en el campo de la investigación.

Finalmente, existen unas pocas empresas públicas, que en el caso de Brasil y Cuba tienen una clara potencialidad económica y técnica.

Actividades productivas y tecnológicas. Las empresas analizadas cubren una amplia gama de actividades; tienen en común casos concretos: vacunas recombinantes como derivaciones de los desarrollos públicos y privados de los institutos de Salud Pública; inoculantes; micropropagación de vegetales; insulina genética (Biobrás en Brasil, Lab. Beta en Argentina). En cambio, es la presencia de desarrollos más avanzados como la secuenciación de determinados genes (sólo presentes en algunos proyectos de EMBRAPA, el INTA, algunas facultades de Ingeniería Química), la clonación de animales (por caso sólo Biosidus) y/o intentos de desarrollos completos (variedades más genes) por parte de empresas (Proyecto de Bioceres en Argentina, BioChile en Chile).

A ello cabe sumar otros rasgos comunes (que las diferencia claramente de sus pares internacionales):

- a) al desplegar el conjunto de actividades que las empresas desarrollan surgen aglomeraciones de actividades que se repiten en varias de las empresas (centradas en actividades de menor complejidad), mientras que en simultáneo existen múltiples áreas de vacancia en extensos campos de la moderna biotecnología;
- b) formas de organización empresaria altamente verticalizadas donde las firmas tratan de “integrar” la mayor cantidad posible de pasos técnicos y productivos; por el contrario no es habitual la subcontratación como práctica operativa; en otros términos, existe un muy débil mecanismo de cooperación/subcontratación entre las firmas privadas; en ese contexto, no hay un desarrollo abundante de empresas proveedoras de “servicios” biotecnológicos (como es dable observar en las economías más desarrolladas);
- c) las carteras de productos biotecnológicos son muy acotadas, por lo cual, en algunos casos, son complementadas con otros productos afines (medicamentos, semillas convencionales, plantines, y otros). Aún así ello implica que el flujo de ingresos recae sobre un número acotado de productos, lo cual las torna endeble frente a la competencia de firmas de mayor porte; obliga, en otro orden a desarrollar activos complementarios (por el lado de la comercialización) que les permita mejorar la captación de rentas asociadas inicialmente a la biotecnología;
- d) estas empresas exhiben una tasa de IyD respecto de ventas que se destaca nítidamente de los promedios evidenciados por las restantes empresas del sector manufacturero en cada uno de los países; se cuentan entre las empresas más destacadas en el contexto local en las actividades de innovación (tanto de producto y/o de procesos); ubican tales porcentajes de gastos en niveles superiores al 10% de las ventas y tienen -en general- un dotación laboral con altos niveles de calificación;
- e) aún con gastos en IyD similares -en porcentajes- a los verificados en las empresas internacionales, los montos absolutos de inversiones en estas actividades resultan significativamente inferiores a los registrados por sus homónimas internacionales; siendo así, el número de desarrollos a futuro se centra en unos pocos proyectos, lo cual indica que -aún suponiendo un grado de éxito similar que el certificado internacionalmente- los desarrollos futuros quedan acotados a unos pocos productos.

- f) Finalmente, por diversas maneras, estos emprendimientos tienen relaciones con grupos de investigación públicos, pero sin un esquema donde estas últimas organizaciones puedan operar a modo de plataformas de provisión de desarrollos innovativos.

Una visión global en función del análisis de algunos casos representativos, indica que existe en la región cierto mínimo grado de desarrollo empresario aunque con tamaños, estructuras y articulaciones con el sector público con diferencias respecto de las observadas en los casos exitosos/destacados en el plano internacional.

Aún considerando que se trata de una actividad con empresas más selectivas que masivas -independiente de su posterior impacto multiplicador- la presencia de empresas latinoamericanas parece ser el resultado de: i) evoluciones fuertemente emparentadas con los desarrollos en biología, química, genética vegetal y animal y otras disciplinas ocurridos en el sector público; ii) derivaciones de actividades preexistentes en el ámbito privado en áreas proveedoras de las producciones primarias, los medicamentos y los alimentos.

En el plano interno lucen muy dinámicas respecto de sus desarrollos pasados y en comparación con el sector industrial, se destacan por sus esfuerzos innovativos, calidad de exportaciones y dinamismo técnico-. Sin embargo, se trata de empresas pequeñas -en comparaciones internacionales- que ocupan nichos productivos, de cierta excelencia técnica, muy vinculadas a los sistemas públicos de CyT y que tratan, en general, de completar sus actividades hacia la producción y la comercialización de sus productos. El control de tales activos complementarios facilita la captación de rentas y el crecimiento empresario. En conjunto no logran conformar un tramado capaz de generar sinergias; no existen mayores evidencias de la existencia de un “mercado de servicios tecnológicos” que opere como cemento técnico en las relaciones inter empresariales. Aún así conforman un sector con fuerte presencia de empresas de capital local que se articulan, en algunos casos, favorablemente con sus homónimas internacionales de mucho mayor porte.

5. Aguas Abajo: Uso de la biotecnología, formas de organización de la producción y el comercio internacional

Como se ha enfatizado a lo largo del trabajo, un rasgo destacable de las empresas/organizaciones que se dedican a estos desarrollos es su marcado interés en el desarrollo/integración con las etapas siguientes a la generación de biotecnología moderna. Se trata no sólo de desarrollar estos activos críticos sino también de acoplar facilidades de producción y de comercio a fin de captar rentas.

Escapa al presente trabajo una descripción analítica de las formas de organización y dinámica que caracteriza a los sectores usuarios. En reemplazo efectuaremos algunas precisiones al respecto, especialmente para mercados/usos relevantes desde el punto de vista del comercio exterior.

Genética vegetal y primeras etapas industriales. Se trata del caso donde mayor difusión tiene los eventos transgénicos. Ello se materializa en distintas actividades: la soja, el maíz, el algodón y una amplia y poco cuantificada utilización de micropropagación para generar plantines en tabaco, caña de azúcar, cítricos, y otros cultivos de menor relevancia económica.

El caso paradigmático es la soja transgénica. Veamos como está “armada” la red. Argentina y Brasil (y en menor medida Uruguay, Paraguay y Bolivia) son los grandes productores de la región; controlan poco más del 50% de las exportaciones de granos (por cierto, mínima) y de los mercados de expellets y aceites de soja. En el caso de Argentina, el uso de transgénicos supera el 95% de la superficie sembrada; algo parecido ocurre en Bolivia, Paraguay y Uruguay; Brasil si bien ha aprobado la liberación a venta comercial, todavía no tienen una

amplia cobertura⁷². Obviamente ello redundará en mejores costos (estimados en una reducción del orden del 20/25% del costo total de producción). El paso siguiente es la presencia de una industria de la molienda -en todos los países- fuertemente concentrada; en el caso de Argentina, seis empresas tienen poco más del 85% de la molienda (y por ende de la producción de aceite y expellets); de ellas, cuatro son multinacionales, una pertenece a un grupo local y una es una cooperativa.

El modelo de concentración se repite con escasas variantes en Brasil, Uruguay, Paraguay y Bolivia (los tres últimos países con mayor originación de grano y bajo porcentaje de molienda interna). Estos productos -aceites y expellets- forman parte creciente de las exportaciones y pasan a integrar distintos circuitos internacionales de transformación -sean en el caso de los aceites: refinación, lecitinas, etc; o de los expellets: alimentación de ganado en el caso de exportar a la UE o para posterior producción de carne local-. Varias de las empresas exportadoras desde los países de la región son los propios compradores en los países desarrollados a fin de completarlos en sus redes de producción. El esquema se complementa con una tendencia mundial a gravar importaciones en forma inversa a los niveles de valor agregado -menores derechos a granos, respecto de aceites y más aún de lecitinas, aceites refinados, y/o proteínas rojas- carnes vacunas y/o aviar.

En el caso del maíz opera una estructura muy similar; parte sustantiva de las exportaciones son granos; las restantes corresponden a primeras etapas de elaboración -especialmente los derivados de la molienda húmeda (fructuosas)-; en el caso argentino, a poco de analizar el perfil de los exportadores, comienzan a aparecer las empresas multinacionales y unos pocos grupos locales; en el caso de Brasil, el modelo se replica, pero la magnitud del mercado local (y su consecuente consumo interno), sumada al sesgo de las políticas públicas, tienden a morigerar este fenómeno. Indirectamente, -vía maíz transgénicos- en algunas cadenas de producción -como la aviar y/o la cárnica- y con especial mención a Brasil, aparecen mayores posibilidades (con algunas realidades, como el caso de Sadia, Perdigao, Marfrig, Friboi, Arcor) de acrecentar valor en las cadenas mundiales.

Países de menor tamaño, como Uruguay, Paraguay y Bolivia, tienen aún menos posibilidades de escalar en la trama internacional, en las etapas de mayor valor agregado.

Alimentos. Los países de la región, no tienen, en general, un peso relevante de alimentos elaborados en sus canastas de exportaciones; el grueso de los valores se refiere a primeras etapas de elaboración industrial (carnes, cereales, soja, etc.). Las excepciones pasan por las frutas finas (Chile), los jugos de naranjas (Brasil), los cortes selectos de carne bovina (asociados en la casi totalidad de los países a la denominada Cuota Hilton).

Dentro de los alimentos exportados, escaso es el uso de biotecnología generada localmente; existe por el contrario una fuerte tendencia a importar desde las empresas multinacionales, por un lado, y, por otro, a mantener un esquema de uso de biología convencional.

Aún dentro de este marco, el grueso de las exportaciones, se realiza a través de comercio intra empresas multinacionales; se trata de las grandes empresas internacionales que utilizan las producciones locales como fuente de abastecimiento y/o complemento de sus líneas de productos con productos generados localmente. Mínimo -pero existente- es el desarrollo de empresas alimentarias de capitales locales con capacidad de encarar el montaje de redes internacionales (o al menos articulaciones con menores asimetrías con las grandes cadenas de hipermercados y/o las redes HORECA -hoteles/restaurantes/catering). El listado incluye unos pocos grupos locales, ubicados particularmente en las economías de mayor tamaño (Molinos Río de la Plata, Quilmes, Arcor, Marfrig, SADIA, Friboi, Perdigao, Coimbra, Ivipal, Frangosul) y algunos

⁷² Aunque algunas estimaciones privadas señalan que alrededor del 30% de la siembra es transgénica (por efecto “difusión” desde países vecinos).

emprendimientos cooperativos (SANCOR, CONAPROLE) con mínimas posibilidades de ubicarse (sin mayores asimetrías) como actores de cierto peso en redes internacionales.

Medicamentos y salud humana (y otros concurrentes). Se trata de una actividad donde en simultáneo existen desarrollos biotecnológicos de cierta envergadura y desarrollos previos en manos de empresas de capitales de la región.

Los casos de Biosidus y de Farmanghinos son emblemáticos por sus logros, pero existen otros más pequeños (en reactivos, en producción de test de enfermedades, etc.).

Colocar un medicamento en el mercado internacional es una actividad tan compleja como rentable (especialmente si se destina a los mercados desarrollados aunque se trate de productos genéricos).

Compleja pues supone el cumplimiento de una larga serie de regulaciones locales -de alta complejidad y costos en Europa y Estados Unidos y/o en las licitaciones de organismos internacionales que financian consumo de fármacos en países menos desarrollados-, el control de la logística (especialmente en reactivos y vacunas), la certificación/autorización sanitaria de venta del producto y principalmente la fidelización de quien prescribe su uso. Demanda además, la autorización de la Autoridad Sanitaria del país importador (el caso más destacado es la autorización de la FDA -Food and Drug Administration- de EE.UU.) sobre la planta de producción local a nivel de instalaciones y de procesos de producción. Algunas apreciaciones empresarias señalan que estos aspectos -extra científicos y productivos- son más costosos (al menos en las fases iniciales y para empresas en desarrollo) que los propios desarrollo técnicos.

Rentable por dos razones: por los niveles de precios internacionales y sus relaciones con los costos de producción local y, fundamentalmente, por los volúmenes de ventas que tales operaciones representan. Para ubicar el tema de los activos complementarios (al desarrollo técnico) cabe resaltar que -grosso modo- el 50% del precio final pagado corresponde a actividades extra laboratorio de producción (comercialización mayorista, minorista, publicidad, etc.) y que el resto es el precio de salida de fábrica (beneficio incluido); además dentro del precio de salida de fábrica, el costo de la materia prima -donde se ubica el desarrollo biotecnológico- representa (según los casos) entre el 20% y 35% de dicho total.

Para captar la renta tecnológica en estos casos, es tan necesario desarrollar nuevos productos como contar (por la propia o vía alianzas) con los activos complementarios posteriores. En síntesis y retornando a nuestras preocupaciones iniciales y considerando las formas reticulares que adquiere la producción y el comercio para los bienes que utilizan como insumos a la moderna biotecnología se destaca la débil ubicación que caracteriza a los países de la región; aún contando con mínimas capacidades técnicas de desarrollo de nuevos procesos y/o productos de origen biotecnológico, las fases posteriores de su incorporación a la producción y, particularmente, al comercio internacional, demanda una larga serie de activos complementarios y escalas económicas sólo parcialmente accesibles para las firmas de la región.

V. Reflexiones finales

La irrupción de la biotecnología aplicada a diversas actividades productivas impacta, crecientemente, sobre los senderos previos de desarrollo de los Países de la Región. Por sus rasgos intrínsecos, la biotecnología -“industria de bienes de capital de la sociedad del conocimiento”- abre nuevos espacios de intercambio a nivel científico, tecnológico y productivo; bajo ciertas condiciones (umbrales mínimos de conocimiento, facilidades técnicas y productivas, derechos de propiedad, desarrollo de las actividades “aguas abajo”, control de los activos complementarios) estos nuevos espacios de intercambio generan/potencian mercados a partir de los cuales es factible captar rentas adicionales. ¿Bajo qué condiciones pueden, entonces, los países de la región captar partes crecientes de tales rentas?

El punto de partida es una situación, donde el grueso de los desarrollos es realizado en las economías centrales, mientras que localmente se cuenta con algunos avances científicos, tecnológicos y productivos en biotecnología y una larga trayectoria evolutiva en los sectores productivos ubicados “aguas abajo” en el tramado productivo (agricultura, ganadería, alimentos, medicamentos, vacunas y otros). Si lo biotecnológico afecta el sentido económico de los recursos naturales, estas tecnologías no son neutrales para las economías locales.

El grueso del desarrollo de la biotecnología moderna y su aplicación a los distintos campos de la actividad económica tienen lugar en los países centrales. El proceso ciencia-técnica-tecnología-producción, crecientemente, se organiza de una manera distinta a la preexistente. Por sus propias especificidades da lugar a la ruptura del modelo lineal tradicional -donde la ciencia básica y aplicada eran dominios exclusivos de “lo público” y la tecnología y la innovación de “lo privado”- reemplazándolo por otro de constante retroalimentación entre las distintas etapas-articulado desde la lógica de un proyecto específico destinado a lograr un resultado predeterminado. Tal retroalimentación se verifica tanto entre las fases científicas con las tecnológicas y las tecnológicas con las de innovación, como entre actores públicos y privados. La complejidad de los diversos pasos que involucra pasar de una idea a un producto en biotecnología, las múltiples disciplinas que, en lo científico, técnico y productivo, son requeridas en estos desarrollos, las escalas mínimas de recursos humanos, económicos y de conocimientos, como asimismo los riesgos propios inherentes a una nueva actividad, inducen al desarrollo de redes como forma apropiada para el desarrollo de estas actividades. Obviamente, grandes corporaciones/instituciones públicas pueden prescindir parcialmente de ello en la medida que sus escalas les permitan integrar parte sustantiva de las actividades científicas y/o tecno-productivas.

Existen varios elementos que afectan la dinámica del conjunto: i) la definición de un objetivo específico a lograr; ii) la presencia de actores (sean estas empresas y/o instituciones públicas) que operan a modo de coordinadores/inductores de la segmentación de actividades; iii) reglas de apropiación (generalmente contractualizadas) que permiten intercambios de los desarrollos parciales; iv) conocimientos y códigos comunes a quienes son parte de la actividad (que a menudo son barreras de ingreso para quienes no forman parte de la red). Estos tramados de investigación y desarrollo, frecuentemente, se tornan globales: se convierten, en consecuencia, en (uno de los espacios de) nuevas oportunidades para las capacidades regionales desarrolladas previamente.

En estas formas de organización se torna relevante el conjunto de empresas y/o grandes instituciones que tienen controles sobre determinados nodos operativos. En el mundo desarrollado, el control (y/o la inducción a través) de estos “nodos” está en manos de los gobiernos (con el rango de políticas de estado) y/o de un número acotado de mega corporaciones. Tratándose de organizaciones públicas, las acciones apuntan a establecer “saltos” en la frontera del conocimiento que sirvan de plataformas de múltiples usos productivos. El caso paradigmático es el secuenciamiento del genoma humano por parte del gobierno norteamericano; otros casos, de menor cuantía pero, no por ello menos relevantes en términos de sus resultados, se ubican en los institutos de las universidades norteamericanas (Stanford, Columbia y otras) o instituciones como Louis Pasteur, Max Planck y otros. En el plano privado, es destacable el surgimiento, en los últimos años, de un conjunto acotado de empresas que lideran los procesos de desarrollo biotecnológico en el campo de la salud humana, los vegetales y los alimentos. En el marco de un campo de paradigma schumpeteriano, las nuevas tecnologías -de producto y proceso- modificaron las estructuras empresarias de producción en tres direcciones:

- a) facilitaron el desarrollo de nuevas empresas que en poco más de una década superan facturaciones del orden de los diez mil millones de dólares anuales compitiendo con los otros tradicionales líderes de medicamentos de origen farmoquímico;
- b) indujeron al desarrollo de un proceso de fusiones y adquisiciones por parte de empresa “aledañas” a la biotecnología que comenzaron a conformar las (auto) denominadas “empresas de la vida”; proviniendo de la farmoquímica y/o la química fina avanzaron primero sobre empresas biotecnológicas y luego sobre las productoras de semillas, hasta conformar oferentes de “paquetes tecnológicos” completos articulados a partir de las semillas transgénicas; sus niveles de facturación crecieron exponencialmente en la última década, *pari passu* con sus esfuerzos (sustantivos) por nuevos desarrollos;
- c) consolidaron empresas largamente establecidas (especialmente en el campo de las farmacéuticas) que adquieren firmas menores de biotecnología y redirigen sus esfuerzos de IyD hacia esta nueva actividad.

Este conjunto de firmas tiene una magnitud económica creciente, tendiendo a disputar los primeros lugares en los ordenamientos de facturación mundial. Se trata de empresas multifirmas (grupos económicos) que invierten entre el 15% y el 25% de sus ventas en IyD, lo cual -junto a las capacidades de recursos humanos- les permite contar con una masa crítica para nuevos desarrollos superior -en muchos casos- a la totalidad de los gastos en tales actividades de varios países de la región. La magnitud de los recursos involucrados les permite trabajar en varias decenas de investigaciones en paralelo, lo cual, además de lograr sinergias internas, otorga más posibilidades de contar con productos finales.

Complementariamente a sus dinamismos innovativos, y más allá de las diferencias de patrones de comportamientos entre semilleras, alimenticias y/o farmacéuticas, tienen un marcado desarrollo en la explotación comercial de tales avances. Se trata de empresas que controlan,

además, la producción de medicamentos, de alimentos y/o de otros componentes de paquetes tecnológicos (en el caso de las semilleras) y las facilidades de comercialización. Entre estas últimas se desatacan, no sólo los canales comerciales, sino principalmente las marcas y los lentos y prolongados mecanismos de fidelización de consumos. Ello permite: i) captar en las etapas comerciales y productivas, las rentas generadas en las innovaciones; ii) crear severas barreras al ingreso de nuevos competidores; iii) darle estabilidad a la evolución de la empresa al reducir los riesgos de corto plazo. Como es de esperar, tales empresas tienen fuertes y crecientes inserciones a terceros países tanto a través de subsidiarias como de convenios/alianzas con unas pocas firmas locales y/o instituciones públicas. En este esquema operan como coordinadores globales detentando nodos críticos en tramas de rápido crecimiento.

Frente a este panorama -de gobiernos, instituciones, mega empresas, regulaciones y control de activos complementarios- tecnológico y productivo, la relación nueva tecnología (en este caso la biotecnología) y desarrollo tiene como epicentro la forma en que las capacidades locales se integran y avanzan en tales entramados organizacionales a nivel global. Ello se refiere tanto al plano científico-tecnológico (base de competitividades futuras) como al estrictamente productivo (incluyendo en ello la comercialización).

Parece poco probable pensar en una plena y exclusiva provisión de estas tecnologías -desde el punto de vista local- por parte de este núcleo selecto de empresas y/o instituciones internacionales. Climas y suelos con rasgos específicos, el desarrollo de genéticas “convencionales” (vegetales y animales) ajustadas -vía décadas de desarrollo adaptativo- a tales circunstancias, patologías regionales propias (y/o globales pero con rasgos particulares), perfiles alimentarios propios, introducen un sesgo al desarrollo local de estas técnicas. Aún más, los avances previos en biología, fitomejoramiento, química fina y otras disciplinas aplicadas, sientan las bases para un genuino desarrollo local.

A modo de ejemplo, desarrollar una semilla transgénica demanda genes, tecnologías de proceso y variedades vegetales que operan a modo de soporte del nuevo evento. Tecnologías y genes son -en su mayoría- dominio de grandes empresas y/o instituciones internacionales, pero las variedades locales están en poder de firmas locales -fruto de un proceso evolutivo que lleva varias décadas y a los cuales no son ajenos los institutos públicos-. En algunos casos, el agente económico local -empresa y/o cooperativa- tiene además varios activos complementarios (red de distribución, reputación, marcas, silos, etc.) de desarrollo lento y costoso. El intercambio entre ambos agentes económicos -claramente asimétricos en lo tecnológico y económico- tiene varias aristas: i) el proceso revaloriza el activo local, lo cual posiciona a la empresa nacional; ii) los derechos de propiedad de los nuevos eventos se tornan claves para asegurar una relación mínimamente simétrica en el reparto de las rentas; iii) existen algunas posibilidades de ganancias mutuas; iv) en gran medida la captación de renta final depende de la estructura de los activos complementarios con que cuenten cada una de las partes. Las soluciones -que pueden ejemplificarse con varios casos en los países de la región- fueron y son de muy diversas índoles, pero se enmarcan en tres tipologías: i) la empresa extranjera compra el desarrollo local completo y hegemoniza el mercado; ii) existe una alianza (donde la multinacional aporta genes -cobrando regalías- y utiliza los activos complementarios locales, mientras que la empresa local se desarrolla -pero sin ingresar al corazón de los nuevos desarrollos-); iii) la empresa local no acuerda, se recuesta sobre el sector público local (con quien se alía bajo nuevas formas de desarrollo y complementación) y trata de reproducir localmente la trayectoria de la mega empresa, pero en un espacio más reducido. En este último caso se torna crítica la relación con el sistema de innovación local. Ejemplos similares en lo sustantivo, pero con rasgos propios en los detalles, pueden verificarse en alimentos y medicamentos.

En este juego de relaciones resulta clave el perfil biotecnológico de las sociedades locales (receptoras). En la casi totalidad de los países analizados existen desarrollos públicos y privados

que indicarían una incipiente capacidad para integrarse a redes externas y/o desarrollar proto/redes locales. Ello responde a: i) la presencia de sectores productivos de cierta importancia que escaparon a los procesos de ajuste de décadas pasadas (alimenticias, farmacéuticas; las producciones de granos y carnes, los productos veterinarios, etc.) y actualmente operan como usuarios/(proto) desarrolladores de las nuevas biotecnologías (y controlan activos complementarios de cierta relevancia); ii) el desarrollo de capacidades en el campo de la biología, la farmacología, la agronomía y otros concurrentes tanto a nivel universitario como de investigación y desarrollo; iii) la presencia de institutos públicos de IyD en áreas primarias (los INIA) y/o de corte general (Consejos Nacionales de CyT); iv) institutos públicos de salud dedicados al estudio de patologías locales con posteriores desarrollos productivos en biológicos (vacunas, reactivos, etc.) que son precursores necesarios para el desarrollo de la moderna biotecnología.

A nivel privado, la estructura actual indica la presencia de unas pocas y selectas firmas, la mayoría de las cuales tiene un tamaño relativo muy menor a las mega-corporaciones internacionales. Exhiben dos perfiles: emprendimientos con una cartera acotada de productos exclusivamente biotecnológicos (por lo general de baja complejidad -micropropagación de cultivos, inoculantes, algunas vacunas recombinantes, etc.-) con alta dotación de profesionales y muy dependiente en sus desarrollos a futuro de la articulación con instituciones públicas; y, empresas con mayor tamaño y nivel de complejidad tecno-productiva que forman parte de grupos empresarios, lo cual les permite contar con mayores posibilidades de desarrollo. Aún así tienen tamaños muy alejados de los estándares internacionales y, más allá de determinados logros técnicos (clonación de animales, desarrollos de medicamentos recombinantes, etc.), no logran aún traducir ello en un desarrollo exponencial de sus ventas y beneficios. No existe un tramado de empresas de servicios biotecnológicos que opera a modo de argamasa de una red empresarial sólida y dinámica sino más bien intentos aislados de actividades con elevados grados de integración interna de sus desarrollos y fuerte dependencia de las financiaciones públicas.

En el caso de las instituciones públicas el tema se instaló desde hace varios años, pero, en general, en el marco de esfuerzos puntuales y sin un sentido estratégico. En todos los países existen programas de investigación sobre la materia pero, a excepción de Brasil, y recientemente Chile y Argentina, no existen esfuerzos por establecer redes de cierta potencia en términos de sus masas críticas, los recursos que involucran y los desafíos hacia los que orientan sus esfuerzos. Al igual que en el plano empresarial, existen esfuerzos institucionales de cierta relevancia, pero se realizan en instituciones con masas críticas de investigadores y niveles de recursos (sustentables en el tiempo) inferiores a los evidenciados en las instituciones líderes internacionales. Poco frecuentes son los esfuerzos de coordinación y el alineamiento de varias instituciones que, aunque públicas en su financiamiento, tienen dificultades para integrarse sistémicamente.

Completando el panorama de las sociedades receptoras locales, “aguas abajo”, en los sectores usuarios locales de las modernas biotecnologías, existe una aceptable capacidad productiva con una mínima participación de empresas locales con control de un conjunto de activos críticos importantes (marcas, canales de comercialización y distribución, logística, etc.). Sin embargo, en varias actividades (aceites de soja, maíz en grano, biocombustibles) el desarrollo local de los productos derivados de la aplicación biotecnológica se interrumpe en las primeras etapas industriales, para volcarse a los mercados internacionales como semi-elaborados; en otros (como medicamentos y/o vacunas de base biotecnológica) el acceso a los mercados externos es muy acotado; en otras palabras, el acceso a los mercados más relevantes se efectúa sobre productos ubicados en los primeros peldaños de los encadenamientos productivos, lo cual mengua los efectos sobre la acumulación interna.

De esta forma, los países de la región cuentan tanto con algunas (mínimas y variables por sector de aplicación) capacidades científicas e institucionales como otras de corte empresarial que

operan a modo de condiciones iniciales (necesarias). Captar las ventanas de oportunidades requiere un impulso estratégico a las actuales actividades a fin de potenciar su desarrollo y aprovechar los activos desarrollados previamente. Ello abre nuevos desafíos para las políticas públicas. Esfuerzos en coordinar desarrollos pre-competitivos a nivel público (pasando de un amplia cantidad de proyectos individuales a unos pocos mega proyectos articulados elegidos estratégicamente), mayores recursos, nuevos formatos institucionales que sustenten las relaciones entre los desarrollos públicos y la pequeña elite de empresas biotecnológicas privadas, un uso integrado y estratégico de los instrumentos regulatorios específicos (más allá de su cometido original de resguardo del consumidor y del medio ambiente), una cuidadosa revisión de los derechos de propiedad industriales (y su institucionalidad) y un diseño de precios relativos para las actividades “usuarias” de las biotecnologías que facilite su avance en las redes globales hacia segmentos de mayor valor. Estos son los espacios para las políticas públicas que facilitarían la captación de las ventanas de oportunidades que abre la biotecnología aplicada a la producción.

Bibliografía

- Ager, F. (2007), “Donde la biotecnología apuesta al futuro”, *Campo Litoral*, septiembre.
- Banchero E. (2003), *La difusión de los cultivos transgénicos en la Argentina*, Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.
- Barley, Freeman, Hybekls (1992), “Strategic alliances in commercial biotechnology”, en Nohria Eccles (Eds.), *Networks and Organizations*, Harvard Business School Press, Estados Unidos.
- BIOMINSA (2007), *Estudo de Empresas de Biotecnologia do Brasil*, Fundacao Biominas, Mina Gerais.
- Bisang R. (1992) “Aspectos Económicos y Financieros de los Medicamentos”. *Documento Oficial* de OPS/OMS, Washington, EE.UU.
- Bisang, R. (1995); “Libremercado, intervenciones estatales e instituciones de Ciencia y Técnica”, *Revista Redes*, Nro 3, Buenos Aires.
- Bisang, R. (2003a), “Apertura económica, innovación y estructura productiva: La aplicación de la biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina”, *Desarrollo Económico*, Vol. 43, N° 171.
- Bisang, R. (2003b), “Diffusion process in networks: the case of transgenic soybean in Argentina”, First Globelics Conference, Río de Janeiro, Brasil.
- Bisang, R. y Gutman, G. (2001), Agrofood networks and regional accumulation processes: which is the institutional framework needed?, III International conference on Agrifood Chain-Networks Economics and management, Universidad de Sao Paulo, Brasil.
- Bisang, R. y Gutman, G. (2005), “Acumulación y tramas agroalimentarias en Latinoamérica: Dinamismo reciente, desafíos futuros”, *Revista de la CEPAL*, Santiago de Chile.
- Bisang, R. y Varela, L. (2006), “Panorama internacional de la biotecnología en el sector agrario. Dinámica de las mega empresas internacionales de agro-biotecnología e impacto sobre la oferta local”, en Bisang (comp.) y otros (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Bisang, R., Diaz, A., Gutman, G., Krimer, A., Lavarello, P., Sztulwark, S., Cornejo, K., Varela, L., Britos, C. y Cajal Grossi, J. (2006a), “Las empresas de biotecnología en argentina”, en Bisang (comp.) y otros (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Bisang, R., Gutman, G., Lavarello, P., Sztulwark, S. y Diaz, A. (Comp.) (2006b), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Borroto C. (2006), “Seguridad Alimentaria, semillas y biotecnología: El caso de Cuba”, Centro de Ingeniería Genética y de Biotecnología, La Habana, Cuba.

- Bourlag, N.E. (1997), "Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead", *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 3:119.127.
- Bradford, K., Van Denyze, A., Gutterson, N., Parrot, W. y Strauss, S. (2005), "Regulating transgenic crop", *Nature Biotechnology*, Vol 23.
- Brookes, G. y Barfoot, P. (2006), *GM Crops: The First Ten Years - Global Socio-Economic and Environmental*, PG Economics Ltd., UK, ISAAA Briefs 36-2006.
- Capdevielle, F. (2006), "Diversidad dentro de la revolución biotecnológica, La oportunidad de poder elegir", INIA, Uruguay.
- Carbonell, W. e Infante, D. (1996), "Oportunidades y Desafíos de la biotecnología para la agricultura y agroindustria de América Latina y el Caribe", BID, Washington, Setiembre.
- Carullo, J. y Dellacha, J. (2005), "Uruguay Perfil de la industrias biotecnológicas a nivel nacional", mimeo, Buenos Aires, Octubre.
- Castro A., Lima S., Lopes M., Machado M. y Martins M. (2006), "O futuro do melhoramento genetico do Brasil: impactos da biotecnologia dais lei de portecao do conhecimento – Embrapa", *Informacoes tecnologicas*.
- Ciencia y Trabajo (2006), "Biotecnología en Chile: Un desafío para los investigadores", Año 8, Nro 22.
- Cohen J., Komen J., Verástegui J. (2001), "Plant biotechnology Research in Latin American countries: Overwiev, strategies ADN development policies", presentado en el IV Latinamerican Plant Biotechnolgy Meeting, RedBio 2001, Junio Goiania Brasil.
- CORFO (2006), "Directorio Nacional de Biotecnología", Chile.
- Da Silveira, J. M. (2007), "Melhores alternativas para investir no setor de Biotecnologia", Presentación en 2da Edición Biotecnologia no Brasil, Sao Paulo.
- Da Silveira, J., Dal Poz, M., Fonseca, M., Borges, I. y Melo, F. (2004), "Evolucao recente da biotecnologia no Brasil", IE/UNICAMP, Nro 114, Feb.
- Dellacha, J., Carullo, J., Plonsky, G. y De Jesús, K. (2003), "La Biotecnología en el MERCOSUR: Regulación de la Biseguridad y de la Propiedad Intelectual", CABBIO, CONICET, UNL Ed. UNL, Santa Fe, Argentina.
- Di Cappa (2006), "Aplicaciones Industriales de la Biotecnología", *Trabajo de Maestría GCTI*, UNGS, Los Polvorines, Noviembre 2006, mimeo.
- Díaz, A. (2001), "Biotecnología Italia-Argentina. Cooperación para el desarrollo Económico y Social", Ed. Univ. Nacional de Quilmes, Bernal, Buenos Aires.
- Echeverría, R. G., Trigo, E. y Byerlee, D. (1996) "Institutional Change and Effective Financing of Agricultural Research in Latin America", *World Bank Technical Paper*, No. 330, Washington, D.C., World Bank.
- Encrucijadas (2001), "Biotecnología El infierno puede esperar", Número especial sobre biotecnología, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Ernst & Young (2007), "Beyond Borders. The Global Biotechnhnology Report 2007" (online). Dirección URL www.ey.com/beyondborders
- FAS-USDA, "Livestock and Poultry: World Markets and Trade", marzo 2006.
- Ferrante, D., Perry G., Lederman D. y Maloney W. (2005), "From natural resources to the knowledge economy", World Bank, Washington DC.
- Foro de Competitividade de Biotecnología (2006), "Estrategia Nacional de Biotecnologia. Política de Desenvolvimento da Biodindustria", Brasília, Julio 2006.
- Fuck, M. y Bonacelli, M. (2007), "A Pesquisa e Industria Sementeira nos segmentos de soja e mihlo híbrido no Brasil", *Revista Brasileira de Inovacao*, Rio de Janeiro.
- Gaddelha, C. (1990), "Biotecnologia em saude", Campinas, IE/UNICAMP, Dissertacao Maestría.
- Genoma España Hiperion Biotech, Trikart (2005a), "Situación Actual y oportunidades de Negocios en el Sector Biotecnológico en América Latina: Argentina".
- _____ (2005b), "Situación Actual y oportunidades de Negocios en el Sector Biotecnológico en América Latina: Brasil".

- _____ (2005c), “Situación Actual y oportunidades de Negocios en el Sector Biotecnológico en América Latina: Chile”.
- _____ (2005d), “Situación Actual y oportunidades de Negocios en el Sector Biotecnológico en América Latina: Cuba”.
- _____ (2005e), “Situación Actual y oportunidades de Negocios en el Sector Biotecnológico en América Latina: México”.
- Gereffi, G. (1996), “Global Commodity Chain: New form of Coordination and control among countries and Firms in international industries”, *Competition and Change*, Vol. 4 1996, Amsterdam.
- Gereffi, G., Humphrey, J. y Sturgeon, T. (2005), “The governance of global value chains”, *Review of International Political Economy*, Volumen 2.
- Gil, L., Martínez, V. y Dornberger U. (2003), “Caracterización de la industria Biotecnológica Chilena”, Santiago de Chile.
- Gutman, G., Lavarello P. y Roisimblit, D. (2006), “La promoción de actividades de investigación y desarrollo en biotecnología en Argentina”, en Bisang (comp.) y otros (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Gutman, G., Lavarello, P. y Cajal Grossi, J. (2006), “Biotecnología y alimentación. Estrategias de las empresas transnacionales de ingredientes alimentarios”, en Bisang (comp.) y otros (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Humphrey y Schmitz (2004), “Las empresas de los países en vías de desarrollo en la economía mundial: Poder y mejora de las cadenas de valor”, INTI, Buenos Aires.
- INIA (2001), “La Biotecnología en Uruguay”, Montevideo, Recyt-Dinacyt.
- _____ (2002), “Prospectiva tecnológica: biotecnología en el sector agro alimentario”, Montevideo.
- James, C. (2004), “Situacao Global da Comercializacao de Lavouras Geneticamente Modificadas (GM): 2004”, ISAAA, N° 32-2004.
- _____ (2006), “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006”, ISAAA, N° 35-2006.
- Kaplinsky, R. (1998), “Globalization, industrialization and sustainable growth: the pursuit of the nth rent”, IDS, *Discussion Paper* 365.
- _____ (2005), “Revisiting the Revisited Terms of Trade: Will China Make a Difference?”, mimeo, Brighton, Institute of Development Studies, University of Sussex.
- Katz, J. y Bárcena, A. (2004), “El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico. El caso de los productos transgénicos”, en Bárcena A. y otros., *Los Transgénicos en América Latina y el Caribe. Un debate abierto*, CEPAL Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Katz, J. y Bercovich, N. (1990), *Biotecnología y economía política: estudios del caso argentino*, Buenos Aires, CEPAL, CEAL.
- Klug, W., Cummings, M. y Spencer, C. (2006), *Conceptos de genética*, Pearson Educación, Madrid.
- Laderman, D. y Maloney, W. (2006), “Natural Resources, Neither Curse nor Destiny”, World Bank, Washington, DC, EE.UU.
- Magariños, C. (2006), “Aportes de la biotecnología al crecimiento industrial de los países en vías de desarrollo”, *Biolatina* 2006.
- Mc Elroy, D. (2003), “Sustaining biotechnology through lean times”, *Nature Biotechnology*, 21, 996-1002, Estados Unidos.
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2006), *Biotecnología*, Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes.
- Mytelka, L. (1999), “New Trends in biotechnology networking”, *International Journal of Biotechnology*.
- Niosi, J. (2003), “Alliances are not enough explaining rapid growth in biotechnology firms”, *Research Policy*, Nro 32.

- OECD (2006), “OECD Biotechnology Statistics - 2006”, OECD.
- OECD-FAO (2006), Agricultural Outlook 2006-2015, Agriculture and Food, OECD.
- OPS (1992), “La investigación en Salud en América Latina”, *Publicación Científica*, Washington, EE.UU.
- Orsenigo, L. (1989), The Emergence of Biotechnology, Londres, London Pinter.
- Oteiza, E. (1992), La Política de investigación científica y tecnológica. Historia y Perspectiva, CEAL, Buenos Aires.
- Pavitt, K. (1984), “Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory”, *Research Policy*, 13, 343-373.
- Pew Initiative on Food Biotechnology (2004), “Impact of biotechnology regulation on Small business and University Research”, Washington, www.pewagbiotech.org
- PROCISUR (2001), “Estrategias de biotecnología Agropecuaria para el Cono Sur”, Coordinador Mauro Carneiro, Montevideo, Uruguay Marzo 2001.
- Rabobank Internacional (2000), “The Global Food Ingredients Industry”, Países Bajos, Rabobank International.
- Ramon, D. (1999), *Los genes que comemos*, Alzira, Editorial Algar, Valencia.
- RICYT (2005), “El estado de la ciencia. Principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos”, RICYT, Buenos Aires.
- Rifkin, J. K. (1998), *Tech Biotechnology Century*, New Cork Putnam.
- Sachs, J. y Warner, A. (1995), “Natural Resources and economic growth” *Discussion Paper Harvard Institutie of International development*, EE.UU.
- Salles Philo, S. y otros. (2002), “Instrumentos de opoio a definicao o politica em biotecnologia”, Campinas, MCT/FINEP.
- Sasson, A. (1993), “Biotechnologies in developing countries: present and future”, V.1. Regional and national survey, UNESCO, Francia.
- SECYT (1997), “Plan Nacional de Ciencia y Tecnología 1998-2000”, Buenos Aires, Diciembre.
- Solbrig, O. (2004), “Ventajas y desventajas de la agrobiotecnología”, en Bárcena y otros., *Los Transgénicos en América Latina y el Caribe. Un debate abierto*, CEPAL Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Trigo E., Traxler G., Pray C, y Echeverría R. (2000), “Agricultural biotechnology and Rural Development in Latin America and the Caribbean”, BID, January.
- Valdez, M., López, R. y Jiménez, L. (2004), “Estado actual de la biotecnología en Costa Rica”, *Revista de Biotecnología Tropical*, Nro 52, San José.
- Verástegui, J. (ed.) (2003), “La Biotecnología en América Latina: Panorama al año 2002”, CAMBIOTEC, Ottawa, Canadá.
- Vessuri, H. (2003), ““El hombre del maíz de la Argentina’: Salomón Horovitz y la tecnología de la investigación en la fitotecnica sudamericana”, *Estudios Interdisciplinarios de América Latina y el Caribe*, Vol. 14, N° 1, enero-julio.
- Wilkinson J. (2002), “Biotecnología y agronegocio”, Campinas, UNICAMP/IE/NEIT, 2002.
- Zamudio, T (s/f), “Proyecto Genoma Humano. Su historia”, Derecho, Economía y Sociedad, Equipo de Docencia e Investigación, Facultad de Derecho, UBA, en: www.bioetica.org

Páginas de Internet

- Applera Corporation. Dirección URL: www.applera.com
- Celera Genomics. Dirección URL: www.celera.com
- Portal de la ciencia en Cuba. Dirección URL: www.cubaciencia.cu/index.asp
- National Human Genome Research Institute. Dirección URL: www.genome.gov
- IBR. Dirección URL: www.ibr.gov.ar www.monsanto.com Página de Monsanto
- Syngenta. Dirección URL: www.syngenta.com
- DuPont. Dirección URL: www.dupont.com

Anexos

Glosario⁷³

ADN (Ácido Desoxirribonucleico): ácido nucleico formado por nucleótidos, en los que el azúcar es desoxirribosa, y las bases nitrogenadas son adenina, timina, citosina y guanina. Excepto en los retrovirus que tienen ARN, el ADN codifica la información para la reproducción y funcionamiento de las células y para la replicación de la propia molécula de ADN. Representa la copia de seguridad o depósito de la información genética primaria, que en las células eucarióticas está confinada en la caja fuerte del núcleo.

ADNr (ADN recombinante): molécula de ADN formada por recombinación de fragmentos de ADN de orígenes diferentes. La (o las) proteína que codifica es una proteína recombinante. Se construye mediante la unión de un fragmento de ADN de origen diverso a un vector como por ejemplo, un plásmido circular bacteriano. El vector abre por un sitio específico, se le inserta entonces el fragmento de ADN de origen diverso y se cierra de nuevo. El ADN recombinante se multiplica en una célula huésped en la que puede replicarse el vector.

Anticuerpo monoclonal: anticuerpo muy específico, que puede ser creado en el laboratorio a partir de cultivo de células y reconoce una pequeña estructura química del antígeno original. Proviene de un solo clon de linfocitos B.

Biochip (también denominados ADN chips o *microarrays*): son equipos que permiten de manera rápida y segura determinar pequeñas diferencias en las secuencias genéticas o visualizar el perfil de la expresión genética.

Biología molecular: parte de la biología que trata de los fenómenos biológicos a nivel molecular. En sentido restringido comprende la interpretación de dichos fenómenos sobre la base de la participación de las proteínas y ácidos nucleicos.

Bioprocesamiento: una técnica en la cual los microorganismos, células vivas o sus componentes se utilizan para producir un producto final deseado.

Biorreactor: un contenedor usado para bioprocesamiento.

Biotecnología: toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos.

Biotecnología moderna: a diferencia de la biotecnología tradicional, la biotecnología moderna surge en la década de los ochenta, y utiliza técnicas, denominadas en su conjunto ingeniería genética, para modificar y transferir genes de un organismo a otro.

Biotecnología tradicional: es el empleo de un organismo vivo para la obtención de un producto útil para la industria. Existe una primera diferenciación entre biotecnologías tradicionales, (que incluyen a las técnicas de bio procesamiento -como la fermentación-), y biotecnologías modernas (entendiendo estas últimas como las que se basan en ingeniería genética). Puede darse el caso de obtener antiguos productos biotecnológicos (como los fermentos lácticos) utilizando modernas biotecnologías; ello introduce a la innovación como otro de los aspectos para caracterizar a las empresas de biotecnología. A partir de la definición de los alcances de la biotecnología moderna, se desprende la definición de lo que se considera una empresa biotecnológica innovadora. Se trata de empresas que desarrollan y dominan un conjunto de técnicas que pueden agruparse en: a) identificación, secuenciación y manejo del ADN; b) las técnicas de bioquímica e inmuoquímica;

⁷³ Extraído de Bisang y otros (2006b).

y c) las técnicas de bioprocesamiento⁷⁴. Dichas técnicas pueden ser aplicadas tanto a la producción, la IyD o a los ensayos y pruebas clínicas.

Bt: Abreviatura de *Bacillus thuringiensis*. Cuando se refiere a un cultivo, es aquel al que se la ha introducido un gen de esta bacteria (toxina Cry) con el fin de hacerlo resistente a cierta plaga de insectos.

Clon: conjunto de células u organismos descendientes de una sola célula u organismo respectivamente.

Clonación: método de multiplicación celular in vitro, asexual, que permite obtener copias exactas de las células seleccionadas. Esas células pueden contener un “transgén” (por ejemplo, el de insulina humana en una bacteria) y su clonación sirve para producir proteínas recombinantes. Familiarmente en los laboratorios se utiliza esta palabra como sinónimo de aislar un gen y producir (expresar) una proteína.

Enzima: catalizador biológico, normalmente una proteína que mediatiza y promueve un proceso químico sin ser ella misma alterada o destruida. Son catalizadores extremadamente eficientes y muy específicamente vinculados a reacciones particulares.

EPO (eritropoyetina): es la citoquina producida en el riñón, que es esencial para un determinado estado de desarrollo de glóbulos rojos (eritrocitos) en la médula ósea.

Fenotipo: Conjunto de todas las características observables de una célula u organismo, sean éstas hereditarias o no.

Fitomejoramiento: modificación de los atributos de los organismos vivientes mediante la introducción de material genético que ha sido trabajado in vitro (fuera del organismo).

Gen: unidad física y funcional del material hereditario que determina un carácter del individuo y que se transmite de generación en generación. Su base material la constituye una porción de cromosoma (locus) que codifica la información mediante secuencias de ADN.

Genética: ciencia que trata de la reproducción, herencia, variación y el conjunto de fenómenos y problemas relativos a la trascendencia.

Genoma: conjunto de todos los genes de un organismo, de todo el patrimonio genético almacenado en el conjunto de su ADN o de sus cromosomas.

Genómica: estudio del conjunto completo de genes de un organismo.

Híbrido: individuo resultante del cruzamiento de dos progenitores genéticamente distintos.

Ingeniería genética (o tecnología del ADN recombinante): conjunto de técnicas utilizadas para introducir un gen extraño (heterólogo) de un organismo con el fin de modificar su material genético.

⁷⁴ Muchas de las biotecnologías industriales en uso actualmente (bioprocesamientos, bio blanqueadores, bio-remediación), son plataformas tecnológicas que pueden usar microorganismos o alimentos OGM o no OGM. Por lo tanto, una definición de biotecnología que no esté limitada a las biotecnologías de avanzada puede capturar mejor el potencial de adopción de las biotecnologías en el futuro.

Anexo 2

Actividades de IyD públicas en Biotecnología

Argentina

Argentina estableció el grueso de su institucionalidad en esta materia a partir de la década del 50 (Oteiza, 1992; Bisang, 1995); ello fue reconfigurado desde mediados de los noventa, en el marco de una reforma estatal de mayor alcance, en pro de establecer una arquitectura institucional distinta en base a viejas organizaciones y unas pocas nuevas iniciativas. La idea era conformar un sistema, en base a la separación de la financiación de la ejecución y el posterior control. En función de ello, quedó configurado el siguiente esquema sobre el que operan las investigaciones en biotecnología⁷⁵:

- Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (ANPCyT). Creada en 1996, su misión es el financiamiento de las investigaciones científicas y tecnológicas y la promoción de las actividades privadas innovativas. Su acción se desarrolla a partir de dos fondos concursables: el Fondo para la Innovación Científica y Tecnológica (FONCyT) y el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR).

El FONCyT apoya proyectos y actividades orientadas a la generación de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos en ciencias básicas y aplicadas, desarrollados por investigadores pertenecientes a instituciones públicas y privadas sin fines de lucro.

El FONTAR administra recursos públicos y privados para financiar proyectos de innovación por medio de convocatorias públicas, dirigidos a mejorar la competitividad en el sector privado.

- Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICET). Su actividad se desarrolla en cuatro grandes áreas: Ciencias agrarias, ingeniería y de materiales; Ciencias biológicas y de la salud; Ciencias exactas y naturales; Ciencias sociales y humanidades.

Su misión consiste en fomentar el intercambio y la cooperación científica y tecnológica; otorgar subsidios de investigación; subvencionar institutos, laboratorios y centros de investigación, administrar las carreras de investigador científico y de Personal de Apoyo a la Investigación y el Desarrollo.

- Instituto de Tecnología Industrial (INTI): Es un organismo descentralizado del Gobierno Nacional dependiente de la Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa. Su función es promover el desarrollo y la transferencia de tecnología a la industria, como así también certificar estándares, especificaciones técnicas y de calidad de los procesos y de los bienes y servicios producidos de acuerdo a las normas vigentes. Al interior del INTI funciona un Programa de Biotecnología, destinado al “escalado” de desarrollo desde la fase de IyD a la de tecnología aplicable a la producción.

⁷⁵ Un análisis más detallado puede verse en: Gutman, Lavarello y Roisimblit (2006).

- Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA): Es un organismo descentralizado dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Su objetivo es contribuir a asegurar una mayor competitividad del sector agropecuario, forestal y agroindustrial.

Desde 1994 cuenta con un programa específico dirigido al área de biotecnología: el Programa Nacional de Biotecnología Avanzada (PNBA), cuyas prioridades actualmente se dirigen a la investigación genómica y proteómica y la bioinformática. Este Instituto desarrolla diversas líneas de investigación en dos grandes áreas: Biotecnología Vegetal y Biotecnología Animal.

El área de Biotecnología Vegetal está orientada a proyectos de fitopatología molecular, ingeniería genética de plantas, análisis genómico, prospección de genes, y desarrollo y prestación de servicios de identificación molecular.

El área de Biotecnología Animal se concentra en el desarrollo de reactivos de diagnóstico, vacunas de última generación y estudios moleculares de patógenos veterinarios para aves y mamíferos.

- Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA). Creada en 1991, le corresponden las actividades de investigación, desarrollo, aplicación y liberaciones al ambiente de los organismos genéticamente modificados.
- Comisión Nacional de Biotecnología y Salud (CONBYSA). Creada en 1993, es responsable de asesorar al gobierno nacional en lo referido al desarrollo y aplicación de la biotecnología en el área de salud. La Comisión está conformada por tres representantes de la Administración Nacional Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), y tres representantes del Foro Argentino de Biotecnología (FAB) y es coordinada por el Director de la ANMAT.
- Centro Argentino- Brasileño de Biotecnología (CABBIO). En julio de 1986 los gobiernos de Argentina y de Brasil firman el “Acta de Integración Bilateral Argentino - Brasileña. Protocolo N° 9: Biotecnología”, creando el CENTRO ARGENTINO - BRASILEÑO DE BIOTECNOLOGÍA. Este fue puesto en marcha el 1 de enero de 1987 y ha mantenido un funcionamiento ininterrumpido. El CABBIO es un ente de coordinación, en el que se integran grupos de trabajo oficiales y privados de Argentina y Brasil, a través de proyectos definidos y con correlato productivo. Los proyectos financiados por la CABBIO son realizados, en forma conjunta, por grupos de investigadores argentinos y brasileños sobre temas específicos de la biotecnología con aplicación industrial.

Además, funciona bajo su órbita, la Escuela Argentino - Brasileña de Biotecnología (EABBIO), cuyo objetivo es la formación de recursos humanos, promoviendo el intercambio científico en las áreas de Ingeniería Bioquímica; Ingeniería Genética; Microbiología; Producción de Células animales y vegetales y Bioética y Bioseguridad, a través de distintas modalidades: apoyo a cursos de especialización teórico - prácticos, simposios y seminarios promovidos por instituciones académicas y científicas de los dos países; realización anual de cursos de corta duración, financiación de estadías en centros argentinos o brasileños con vistas al intercambio de experiencias, etc.

- Polo de Biotecnología de Rosario. Se trata de una iniciativa ubicada en Rosario (zona productora de oleaginosas por excelencia) que intenta nuclear diversas iniciativas públicas y privadas. Concurren la Municipalidad de Rosario, los gobiernos provinciales y nacionales, agencias internacionales y la ANPCyT).

En lo sustantivo está conformado por el Instituto Biotecnológico de Rosario (dependiente del CONICET), el INDEAR (una empresa privada de biotecnología)⁷⁶ y una incubadora de empresas biotecnológicas. Junto a los programas del INTA, este emprendimiento se convierte en la mayor concentración de recursos humanos y económicos para encarar desarrollos sustantivos en el área vegetal.

- Foro Argentino de Biotecnología (FAB). Esta organización reúne a empresas, entidades gubernamentales, científicos, tecnólogos y especialistas que desarrollan su trabajo en distintas áreas del campo biotecnológico. Cuenta con 50 entidades adherentes entre empresas nacionales y extranjeras e instituciones. Su misión es promover la biotecnología e impulsar la cooperación y colaboración entre los sectores de la ciencia, la empresa y el gobierno.

Otras iniciativas sobre proyectos biotecnológicos pueden ubicarse en la Administración Nacional de Laboratorios de Salud (ANLIS), el INGEBI (dependiente de la Universidad de Buenos Aires), varias universidades (Nacional del Litoral, Entre Ríos, Misiones y otras), el Centro de Referencia de Lactobacilos (dependiente del CONICET y ubicado en Tucumán).

En síntesis, existen diversas iniciativas públicas, varias de ellas articuladas con el sector privado, pero sin un programa nacional coordinado que cuente con fondos suficientes y sustentables por varios años como para emprender varias iniciativas sustantivas. En ese marco cabe plantear las diferencias existentes entre las instituciones locales y las de los países desarrollados. Posiblemente en el caso de Argentina- el IBR (junto a unos pocos institutos más) sea la mayor concentración de recursos humanos y económicos dedicados a estas actividades. Si consideramos la cantidad de científicos y se compara con los involucrados en los Institutos Max Planck y/o en el mega proyecto del Genoma humana, se puede apreciar una diferencia sustantiva en tamaño; a modo de ejemplo, mientras en el caso de los institutos alemanes existen institutos completos (con unos centenares de científicos que trabajan temas muy específicos -por caso el Instituto de Fisiología Molecular- en las instituciones locales ello se desarrolla en grupos de no más de diez personas. Algo similar ocurre si se compara la experiencia del Proyecto Genoma Humano con el secuenciameinto de la *Xilella fastidiosa* en Brasil (que examinaremos más adelante).

⁷⁶ Compuesta a su vez por Biosidus -la mayor empresa de biotecnología privada de Latinoamérica- y Bioceres -una empresa semillera privada de capitales nacionales involucrada en cuatro proyectos de eventos propios de semillas transgénicas-. La empresa Bioceres, la Universidad Nacional del Litoral y el CONICET firmaron un convenio para desarrollar una patente sobre el gen que genera mayor tolerancia al estrés hídrico y salino. En esta oportunidad, Bioceres aportó los fondos para la investigación y el FONTAR, a través de su instrumento ANR REG, otorgó un subsidio para contribuir a este desarrollo. En el laboratorio de la Universidad Nacional del Litoral se realizó el aislamiento y caracterización de un gen de Girasol (de la especie *Arabidosis thaliana*) cuya función podría estar relacionada con la respuesta natural de la planta a condiciones de estrés abiótico tales como sequía y salinidad. Durante la primera etapa del proyecto, se presentó la solicitud de patente para la protección del gen y se caracterizó el efecto de su expresión en combinación con distintos elementos genéticos regulatorios. La segunda etapa del proyecto implicó la introducción de construcciones genéticas que permiten expresar este gen en soja, trigo, maíz y alfalfa. El financiamiento para esta etapa, es aportado por inversores privados, quienes asumen una inversión de riesgo y participan de las utilidades futuras que dicha invención genere, mediante la compra de cuota partes del proyecto. Bioceres tiene la licencia exclusiva para el uso y/o explotación de las patentes y/o resultados obtenidos, mientras que el CONICET y la Universidad Nacional de Litoral, propietarios de las patentes, participan de un porcentaje de la utilidad neta obtenida.

Brasil

En el caso de Brasil –país que explícitamente le otorga mucha relevancia al tema (Forum de Competitividade, 2006), el tema de investigaciones sobre biotecnología se articula como programas radicados en una serie de instituciones; las principales son las siguientes:

- Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT). El Plan Plurianual de MCT (PPA) está formado por 22 programas. El Programa de Biotecnología y Recursos Genéticos- GENOMA es uno de los más importantes y articula las políticas de apoyo al sector. De esta manera, para un conjunto de iniciativas, el MCT opera a modo de coordinador de la red.

- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Fundación vinculada al MCT, para el apoyo a la investigación, formación de recursos humanos y financiación de proyectos.

- Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Sao Paulo (FAPESP). Vinculada a la Secretaría de Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Turismo; fue creada en 1962, y es autónoma por ley, posee varios programas de interés en Biotecnología. Su presupuesto proviene de un impuesto a la venta en el Estado de Sao Paulo, lo cual le confiere fondos sustantivos para investigación. Su política consiste en financiar (no ejecutar) proyectos y coordinar la obtención de resultados.

- Empresa Brasileira de Pecuaria e Agricultura - EMBRAPA. El mayor de los institutos de I+D agropecuario de la región cuenta con una multiplicidad de proyectos sobre biotecnología que son coordinados internamente a través de una estructura matricial⁷⁷.

- Ministerio de Sanidad. Posee varios institutos relacionados con la biotecnología, el más importante es el Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz)). La fundación Fiocruz integra -en varios casos- la totalidad de las actividades; arranca desde la formación de biólogos, desarrolla las investigaciones, las escala a nivel de planta piloto y, en algunos casos, les da salida productiva; en el caso de los medicamentos (retrovirales, insulina, eritropoyetina) deriva los desarrollos a Famanghinos, que es la empresa estatal -dependiente de Fiocruz- que elabora y vende (casi con exclusividad al sector público).

- Ministerio de Medio Ambiente.

- Fundación Biomina. Institución privada sin fines de lucro. Programas y proyectos de generación y desarrollo de nuevos negocios y apoyo al sector biotecnológico.

- Asociación Nacional de Entidades Promotoras de Emprendimientos Innovadores- ANPROTEC.

- Fundações Estaduais de Amparo a Pesquisa (FAPS). Se trata de fundaciones estatales que operan en el campo productivo y comercial y que se convierten en la faceta productiva de desarrollos efectuados por entes de investigación del sector público.

La multiplicidad de instituciones, programas, modelos de desarrollo de la investigación ha llevado, ya desde mediados de los ochenta, a la necesidad de establecer -pari passu el fortalecimiento científico y económico- dos tipos de acciones concurrentes. El primero de ellos se refiere a un conjunto de programas específicos entre los cuales se destacan:

- Programa de Biotecnología y Recursos Genéticos/ MCT
- Programa de Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico (PADCT) /MCT/CNPq

⁷⁷ Junto con la FAPESP y Fundación Fiocruz, son los tres centros más relevantes en investigación en la materia.

- Programa de Capacitación de Recursos Humanos para Actividades Estratégicas (RHAE)/MCT/CNPq
- Programa de Desenvolvimento das Atividades de Prospecção em Ciência e Tecnologia (ProspeCTar)
- Proyecto Genoma Brasileño/Redes Regionales de Estudios Genómicos/MCT/CNPq
- Programa Genoma (red ONSA)/FAPESP
- Programa BIOTA/FAPESP
- Programa de Innovación para Pequeñas Empresas (PIPE)/FAPESP
- Programa de Innovación Tecnológica para el apoyo a la Investigación del Estado de Sao Paulo (PITE)/FAPESP:

El segundo, políticas de coordinación bajo la lógica de establecer redes para el desarrollo de proyectos específicos, donde la articulación aúna en determinadas instituciones, el financiamiento con el logro específico de determinados desarrollos concretos. Se trata de un émulo de proyectos internacionales (como el del secuenciamiento del genoma humano sustentado por el gobierno de los estados Unidos), pero con objetivos menos ambiciosos aunque no por ello menos relevantes desde la perspectiva tecno-productiva local. Las principales redes se analizan a continuación.

Red ONSA (Organization of Nucleotide Sequence Analysis)- coordinada y financiada por el FAPESP. Creada en mayo de 1997 se integró en su origen por 32 laboratorios de secuenciación genómica y uno de bioinformática del estado de Sao Paulo. En colaboración con el Fondo de Defensa de la Citricultura (Fundecitrus) desarrollaron el primer proyecto brasileño de secuenciación de un genoma: la bacteria *Xylella fastidiosa*, causante de la CVC, una enfermedad de los cítricos. El proyecto se concluyó en 1999 y como resultado Brasil entró en la historia por el primer secuenciamiento de un fitopatógeno.

Esta primera experiencia generó otras líneas de investigación, y se convirtió en un modelo organizacional para nuevos programas. La red ONSA continuó trabajando en otros proyectos Genoma tales como el genoma completo de la bacteria *Xanthomonas campestris*; el Proyecto Genoma del Cáncer Humano (en colaboración con el Instituto Ludwig para la Investigación del Cáncer); y el Proyecto Caña de Azúcar para la secuencia de genes que se expresan en la caña. A su vez, unos 20 laboratorios participaron en la "Iniciativa de Genómica Funcional", estudiando las funciones biológicas de los genes identificados en el Proyecto Genoma de la *Xylella fastidiosa*.

Tomando el modelo de la ONSA, desde el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil se lanza en el año 2000, la Red de Laboratorios Nacionales del Programa Genoma Brasileño, cuya implementación estuvo a cargo del CNPq e integró 25 laboratorios de diversas regiones del país y un laboratorio de bioinformática. Entre sus logros se cuentan:

- El secuenciamiento y patentamiento del genoma de la bacteria *Chromobacterium violaceum*, que abunda en aguas de la Región Amazónica; siendo la infección en humanos fatal, tiene actividad antibiótica y otras propiedades de interés. (Publicado en Vasconcelos y otros., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 100, no. 20: 11660-11665, septiembre 30, 2003.)
- Secuenciamiento del genoma de la bacteria *Mycoplasma synoviae*, causante de enfermedades respiratorias en pollos y pavos. La investigación incluyó también el secuenciamiento del genoma de una cepa patógena y una no patógena de la bacteria *Mycoplasma hyponeumoniae*. (Swine and Poultry Pathogens: the Complete Genome Sequences of Two Strains

of *Mycoplasma hyopneumoniae* and a Strain of *Mycoplasma synoviae*; *Bacteriol.* 2005 187: 5568-5577).

A partir de ello se secuenciaron (hasta 2003) una treintena de casos.

Además, el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), por medio del CNPq, apoya la implantación de redes regionales para el estudio de genomas de interés social, económico y regional. Red de Centro-oeste (*Paracocidioides brasiliensis*); Red de Minas Gerais (*Schistosoma mansoni*); Red del Nordeste (*Leishmania chagasi*); Red Genopar (*Herbaspirillum seropedicae*); Red Riogene (*Gluconacetobacter diazotrophicus*); Rede Bahia/Unicamp (*Crinipellis pernicioso*).

Red del Programa BIOTA/FAPESP. Lanzado en marzo de 1999, el objetivo es mapear y analizar la biodiversidad del Estado de São Paulo, incluyendo la fauna, la flora y los microorganismos. Es una red virtual de más de 500 investigadores paulistas participando en 50 proyectos de investigación.

Red de Biología Molecular Estructural (SMOLBnet)/FAPESP/Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, ligado al MCT. Creada en diciembre del 2000, estudia las estructuras tridimensionales y las funciones de cerca de 200 proteínas (Brasil participa en cerca del 0,25% del total de proteínas analizadas mundialmente). Analiza los genes mapeados en el proyecto Genoma Humano de Cáncer, Caña, *Xilella fastidiosa* y *Xanthomonas citri*.

Red de Laboratorios Nacionales del Programa Genoma Brasileño, lanzada en el año 2000 e implementada por el CNPq. Integra 25 laboratorios de diversas regiones del país en un laboratorio de bioinformática. Secuenció y patentó el genoma de la bacteria *Chromobacterium violaceum*. La otra línea principal de investigación es el secuenciamiento de la *Mycoplasma synoviae* que afecta a la producción avícola.

El MCT, por medio del CNPq, apoya la implantación de redes regionales para el estudio de genomas de interés social, económico y regional. Existen 9 redes organizadas:

- Red del Centro-Oeste
- Red Genoma del Estado de Minas Gerais
- Red Genoma del Nordeste-ProGeNe
- Programa de Implantación del Instituto de Biología Molecular de Paraná
- Programa Genoma del Estado do Paraná- GenoPar
- Programa de Implantación de la Red Genoma del Estado de Río de Janeiro- RioGene.
- Ampliación de la Red de Genómica del Estado de Bahía
- Red de Amazonía Legal de Investigaciones Genómicas- REALGENE
- Programa de Investigación de Genomas Sul- PIGS

Chile

Tiene un modelo innovativo centrado en la idea de concursabilidad de fondos en función de una serie de lineamientos generales donde las instituciones preexistentes se van integrando paulatinamente hacia la consolidación de un sistema. A partir de esta idea rectora, las principales instituciones relacionadas con el tema son las siguientes:

- Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología.
- CONICYT es una institución pública autónoma y descentralizada que se relaciona con el Gobierno a través del Ministerio de Educación.

- FONDEF: depende de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) y financia proyectos de investigación y desarrollo (I+D), entendidos como aquellos orientados a producir innovaciones de procesos, desarrollos de nuevos productos o servicios u otras innovaciones tecnológicas, cuya aplicación industrial o incorporación en el mercado o en el ámbito social respectivo, sean consecuencia de los resultados de los proyectos. FONDEF también financia proyectos de Transferencia Tecnológica a través de la modalidad de ventanilla abierta. Estos proyectos son la implementación directa en el sector productivo de los resultados obtenidos en aquellos proyectos exitosos de I+D.

- CORFO Para promocionar el actual desarrollo de la industria en Chile, Corfo lideró la creación de un Directorio Oficial de Biotecnología y Biomedicina 2007, que contiene la totalidad de la "Oferta País" en empresas, productos y servicios del área⁷⁸.

- Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura, es la agencia sectorial de fomento de la innovación.

- Fundación Ciencia para la Vida. Institución privada sin fines de lucro dedicada a estimular y desarrollar la interfase entre academia e industria a través de proyectos de investigación en temas de biotecnología de importancia nacional⁷⁹.

A esta estructura se le suman dos iniciativas privadas concurrentes: i) la Asociación Chilena de Empresas de Biotecnología (ASEMBIO) y ii) Primer parque chileno de biotecnología. A fines del año pasado, se inauguró oficialmente el primer parque biotecnológico de Chile, una aglomeración de instituciones abocadas a esta disciplina, pero que funciona hace casi dos años, puesto en marcha por la empresa BiosChile y la Fundación Ciencia para la Vida⁸⁰. Incluye además: una empresa norteamericana que produce arroz transgénico, BiosWerfer, Austral

⁷⁸ El directorio agrupa a 166 instituciones, dentro de las que se destacan 58 empresas productivas (importadoras y/o exportadoras), 14 organizaciones vinculadas al mercado de los ensayos clínicos, diez centros de transferencia tecnológica y 15 incubadoras de empresas. Esto convierte al compendio de Corfo y Asembio en una de las principales herramientas de promoción para captar inversión extranjera.

⁷⁹ Los temas de investigación en la Fundación incluyen estudio del genoma del patógeno *Piscirickettsia salmonis* y su uso en el desarrollo de vacunas contra la Piscirickettsiosis; aislamiento, secuenciación y expresión de los genes de virus Hanta Andes, secuenciación y catálogo acción de genes expresados de *Alexandrium catenella*, dinoflagelado causante de la marea roja en Chile; estudios genómicos de los virus GFLV y GLRV que afectan las vides en Chile; RNA quimérico mitocondrial y sus implicaciones en el diagnóstico y tratamiento de cáncer; e ingeniería genética de plantas forestales resistentes al estrés causado por bajas temperaturas y falta de agua. La Fundación cuenta con una planta de 10 PhDs y un grupo de tesis de pregrado y doctorado provenientes de varias universidades del país. La Fundación participa en docencia en varios programas de doctorado y es una de las instituciones albergantes del Instituto Milenio MIFAB. Además, la Fundación presta asesoría en la formulación y ejecución de políticas en biotecnología, recursos marinos, salud y propiedad intelectual. Entre otras cosas, se producen los kits para diagnóstico del mal de Chagas, y se encuentra en fase de lanzamiento de una vacuna contra la bacteria *Piscirickettsia salmonis*, (los salmonicultores chilenos pierdan el 10% de su producción -unos 150 millones de dólares al año- por este problema). También construirán una planta para producir extracto de algas chilenas para cosméticos y productos farmacéuticos.

⁸⁰ A comienzos de los ochenta, Pablo Valenzuela fundó en California la empresa biotecnológica Chiron y se anotó varios hitos: identificó el virus de la Hepatitis C, desarrolló la vacuna para la Hepatitis B, a la vez que secuenció por primera vez el genoma del VIH. Aunque permaneció 25 años en Estados Unidos, su idea siempre fue volver a su país, por lo que no perdió contacto. Antes de volver, fundó la distancia BiosChile, primera empresa biotecnológica nacional. Fue creciendo lentamente, sin inversionistas. Siete años atrás, cuando ya había regresado a Chile, decidió crear la Fundación Ciencia para la Vida, con la idea de identificar las necesidades de nuestra industria exportadora y desarrollar proyectos de investigación *ad hoc*, especialmente en el área de los patógenos. Dado que estaba involucrado en la dirección de BiosChile y en la de la fundación, decidieron unificar a ambas.

Biologicals, Ventria Bioscience, Phytotox, el doctorado en biotecnología de la Universidad Andrés Bello, la dirección del instituto Milenio de Biología Fundamental y Aplicada, y otros. El parque cuenta con laboratorios de ciencia básica y aplicada, y con un centro de bioinformática.

Este conjunto de instituciones públicas y semi-privadas son el sustento organizacional para el desarrollo de los siguientes proyectos/programas:

a) PROYECTO GENOMA CHILE / CONICYT: Esta iniciativa nació en el marco del Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile 2001- 2005. Fue financiado en sus inicios en parte con recursos provenientes del BID y dirigido por un comité formado por representantes del Ministerio de Economía, CORFO (FDI), Ministerio de Agricultura (FIA) y CONICYT, organismo al que le corresponde la gestión general del Programa.

El Programa financia, a través de concursos públicos, proyectos de investigación y desarrollo en dos áreas principales: Recursos Naturales Renovables y Biominería.

Actualmente el Programa Genoma en Recursos Naturales Renovables llamó a su segunda convocatoria en forma coordinada entre CORFO a través de su Programa Innova Chile y CONICYT, con el objetivo de potenciar los resultados alcanzados en el primer concurso.

El foco de la primera convocatoria fue “Calidad vegetal de productos de alto impacto económico para Chile”. El foco de la segunda convocatoria es “Sanidad, Productividad y Competitividad de variedades nuevas o mejoradas de vides o carozos de exportación”. En su primera versión, el programa Genoma en Recursos Naturales Renovables apuntó específicamente al ámbito de la calidad vegetal en productos de alto impacto para Chile, poscosecha y aspectos fitosanitarios. Dentro de los productos y servicios que el programa ofrece a través de los proyectos y los problemas que intenta solucionar están:

- El entendimiento de las bases de las Apirenia en Vid.
- La harinosidad asociada al proceso de almacenamiento de nectarines.
- La Virosis y su diagnóstico en vides.
- La Botritis cinerea en vides.

El Programa en Biominería de la Iniciativa Genoma Chile, se empezó a implementar el año 2001, con el fin de abocarse al mejoramiento de los procesos de lixiviación bacteriana de minerales y al desarrollo de nuevas tecnologías con soporte genómico y bioinformático en el ámbito de la minería⁸¹.

b) Proyecto Biotecnología en vides⁸² y nectarines, desarrollado en distintas unidades de IyD:

⁸¹ La primera etapa de este Programa se materializó con la firma de un Convenio entre el Gobierno de Chile (Ministerio de Economía, CORFO y CONICYT) y la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO), en la que se decidió convocar a la constitución de un consorcio de inversionistas en el que participaran empresas mineras y tecnológicas que aportaran recursos, capacidades y temas de investigación y desarrollo. En julio de 2002, se realizó la presentación Oficial de BioSigma S.A., consorcio conformada por CODELCO-Chile y Nippon Mining & Metal Co. Ltda.; empresa que se dedicará al desarrollo tecnológico en biominería, con un capital inicial de tres millones de dólares y con una distribución de los aportes de un 66,6% y 33,3% respectivamente. Adicionalmente a su capital propio, la empresa administrará 2 millones de dólares asignados por Fondos para el fomento de la investigación y desarrollo tecnológico de CORFO y de CONICYT.

⁸² El Fondef, financia desde 1996 iniciativas en esta área. Enólogos de las principales viñas del país demuestran gran interés en el tema de las mejoras de los vinos por medio de técnicas moleculares aunque rechazan de plano toda orientación transgénica.

- Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CECTA) de la Universidad de Santiago. Levaduras nativas. Es una investigación cooperativa, que ha unido el INIA-Cauquenes, la industria DMS Productores de Levaduras y la Viña Miguel Torres.

- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) La Platina, Proyecto: mejorar la tolerancia a enfermedades fungosas, como son la Botrytis cinerea y el oidio, que afectan a numerosas especies. El interés de estos investigadores se concentró en mejorar por transformación genética la variedad Sultanina, de alto consumo en el mercado extranjero. A partir de los resultados que han obtenido en sus cultivos génicos, se pretende escalar la transformación a un número más amplio, particularmente a uvas de mesa, además de la Sultanina, la Flame seedless y Red Globe.

- Diferenciación de los vinos tintos chilenos en el mercado mundial, mediante la determinación de marcadores moleculares característicos en cuanto a cepa y origen⁸³.

c) Red Genómica Vegetal. La estructura genética de vides y nectarines será estudiada en el contexto de tres proyectos desarrollados por investigadores de las universidades de Chile, Federico Santa María y Católica, con el propósito de agregar valor a productos chilenos de exportación. Dichas iniciativas constituyen la primera Red Genómica Vegetal del país, que se pudo concretar gracias a una convocatoria del Programa Genoma en Recursos Naturales Renovables, impulsado por Genoma Chile⁸⁴.

Costa Rica

En el caso de Costa Rica, el tema de la biotecnología aún a un tamaño poblacional reducido (lo cual se refleja en la densidad económica y cantidad de emprendimientos), elevada capacidad del recurso humano y una variada biodiversidad. Su economía, tiene además una fuerte dependencia de los recursos naturales (a ser afectados por los desarrollos biotecnológicos).

En lo que respecta al perfil institucional, la conformación básica en el tema biotecnológico se articula a partir de:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Se ocupa de los asuntos jurídicos y políticos relacionados con la gestión ecológicamente racional de la Biotecnología, por medio del Programa de Biotecnología, Biología y Seguridad Ambiental. Además, existe un Comité Nacional Técnico Asesor de Bioseguridad (CNTAB), creado por medio de Decreto Ejecutivo y adscrito al MAG.
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (Gestión del desarrollo biotecnológico).

⁸³ Para clasificarlas, se calibrará el sistema con vinos a partir de clones de referencia, la identidad de éstos se verificará previamente mediante marcadores genéticos del tipo secuencias de microsatélite. De estos clones se obtendrá DNA para la determinación de su identidad genética a nivel de cepaje. La idea de esta primera parte del proyecto es identificar fragmentos de DNA que diferencien los genotipos a nivel de clones (diferenciación intra-varietal), ya que la tendencia actual en el mundo es el uso y caracterización de clones específicos dentro de cada cepaje. Este proyecto cuenta con la ayuda de las Viñas Miguel Torres S.A, Viña Concha y Toro, Sociedad Agrícola Requiringua Ltda., Cooperativa Vitivinícola de Cauquenes y Empresa de Servicios Tecnológicos (EST).

⁸⁴ Los aproximadamente 3,5 millones de dólares adjudicados se utilizarán en la creación de nuevas tecnologías, y el desarrollo y perfeccionamiento de las ya existentes, para estudiar la genómica funcional de los frutales nectarines, y vides, además de la respuesta a las infecciones virales y el desarrollo de sistemas de diagnóstico para estas últimas.

- Comisión Nacional de Biotecnología, creada mediante Decreto Ejecutivo (2106), con el objetivo de promover el desarrollo de la biotecnología en el país y de coordinar las acciones de distintas instancias nacionales en este campo.
- CONICIT- Consejo Nacional para investigaciones científicas y tecnológicas de Costa Rica. Es una institución autónoma, creada en 1972 al servicio del desarrollo científico y tecnológico del país.
- Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT). Órgano inter-universitario especializado en el desarrollo de investigaciones y posgrados en áreas de alta tecnología y de proyectos de vinculación e innovación tecnológica con el sector gubernamental y empresarial. Entre las áreas de acción prioritarias del CeNAT figura la Biotecnología. Cuenta con tres laboratorios encargados de Investigación y desarrollo en diferentes áreas:
 - Laboratorio de Nanotecnología - LANOTEC
 - Laboratorio del Programa de Misiones Aerotransportadas - PRIAS
 - Laboratorio de Computación e Informática Avanzada
- Centro De Innovaciones Biotecnológicas (CENIBIOT) Puesto en marcha en 2007 esta entidad -con aportes de poco más de 13 millones de dólares de la Unión Europea y una partida por otros 5,2 millones de dólares del gobierno costarricense- tiene como objetivo principal aumentar la competitividad del sector agroindustrial y afines, mediante aplicaciones biotecnológicas (40 proyectos de innovación biotecnológica, con al menos 30 empresas beneficiarias)⁸⁵.
- Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Ente responsable de supervisar, coordinar y estimular la investigación en la Universidad de Costa Rica. En esa labor impulsa y apoya, prioritariamente, los proyectos y programas interdisciplinarios y multidisciplinarios que se ejecutan en las unidades académicas y en otras unidades especializadas en investigación, según los distintos campos.

A partir de esta infraestructura institucional, el principal proyecto es el Programa de Genética Forestal (Proyecto Genfores) Impulsado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), tiene como objetivo clonar árboles de especies introducidas y locales (tales como teca, melina, cebo, botarrama, almendro, pilón, amarillón y jaúl) para el establecimiento de plantaciones de calidad con fines comerciales⁸⁶.

⁸⁵ Principales productos esperados del CENIBiot: tratamiento y reutilización de residuos y desechos agrícolas y marinos; biocombustibles: biodiesel, metanol, etc.; ácido láctico: se puede polimerizar y producir plástico biodegradable (PLA) y aprovechar la biomasa como vehículo para abono agregado; almidones: con características funcionales diferentes o modificados para usos especializados; enzimas especializadas aplicables a la clarificación de jugos de frutas tropicales; sustitución de nematocidas sintéticos de uso en producción agrícola (flores, melón, banano, etc.); uso de glucosamina como regenerativo de cartílagos y como antiinflamatorios.

⁸⁶ Inicialmente, al TEC se le unieron tres empresas reforestadoras muy sólidas, como ECODirecta, Expomaderas y Maderas Cultivadas. Fue entonces cuando *Genfores* nació como grupo. Posteriormente se integraron el Centro Agrícola Cantonal de Hojancha (CACH), Coopeagri y Codeforsa. Más adelante vinieron BARCA, Plywood de Costa Rica, Panamerican Woods, Ganadera BASA y la empresa E. y E. Promotores. El consorcio lo integran hoy 11 socios, representantes de la academia, la empresa privada y el Estado. Actualmente, las organizaciones miembros aportan en conjunto poco más de \$35 000 anuales, en cuotas mensuales, que son administrados por la Fundación Tecnológica (FundaTEC) para

Uruguay

Un perfil similar corresponde a Uruguay, donde la dotación de recursos para la investigación es limitada en nivel pero sobre la base de cierta capacidad técnica asociada con los niveles educativos (especialmente en las disciplinas de base para la biotecnología).

En términos institucionales se trata de un número acotado de organizaciones, entre las que se destacan:

- Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Dirige la política nacional de ciencia y tecnología.
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICYT). Tiene por cometido promover y estimular el desarrollo de las investigaciones.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). Le competen las políticas nacionales para la generación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Asesora al MAGyP.
- Observatorio de Prospectiva. En convenio con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) y organizado bajo dependencia de la Presidencia de la República. El Observatorio seleccionó tres campos iniciales de interés para el país: energía, transporte y biotecnología.
- Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE). Es una Unidad Ejecutora dependiente del Ministerio de Educación y Cultura cuyos objetivos y cometidos son conducir investigaciones científicas para obtener nuevos conocimientos en el campo de las ciencias biológicas, proporcionar formación e información en materia científica y tecnológica a nivel nacional y regional y participar en la formación de recursos humanos y promover nuevos investigadores y técnicos en sus distintas especialidades. Cuenta con 150 investigadores en sus diversas áreas: Biología Molecular, Genética, Toxicología y Patología Cromosómica, Neurociencias, Microbiología, etc.
- Otras instituciones -detalladas a continuación- dependen de la Universidad de la República y/o del INIA.

los gastos de operación del programa, la asistencia técnica a cada empresa -que implica visitas de campo al menos una vez al mes- y capacitación. Se ha logrado clonar especies forestales a escala comercial; y se ha desarrollado una tecnología propia, que incluye el diseño de invernaderos específicos para propagación de especies forestales; la técnica de enraizamiento al aire; y el desarrollo de minijardines clonales hidropónicos.

Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la UR.	Realiza investigaciones en bioabonos. Han desarrollado una formulación compuesta de insecticidas, hormonas y fijadores de minerales producida por fermentación sobre sustratos sólidos. También trabajan en bioherbicidas elaborados con hongos fermentados sobre sustratos sólidos y en renina, una enzima fúngica para elaboración de quesos industriales.
Laboratorio de Biotecnología vegetal de la Facultad de Agronomía de la UR	Realiza investigaciones en embriogénesis en eucaliptos y en cítricos, y en el desarrollo y aplicación de técnicas biotecnológicas en el mejoramiento genético de cebada cervecera. Sus biotécnicas prioritarias son electroforesis y cultivo de tejidos. En colaboración con la Dirección de Sanidad Vegetal del MAGyP, desarrollan un kit serológico de diagnóstico de enfermedad de virus en cítricos y tienen programada la producción de yemas de cítricos libres de virus.
Cátedra de Inmunología de la Facultad de Química y Farmacia (UR)	Realiza investigaciones destinadas a la producción de kits de diagnóstico para: toxoplasmosis hidatidosis, embarazo, proteínas c-reactivas y factor reumatoide, y detección de estreptomicina.
Cátedra de Bioquímica de la Facultad de Química y Farmacia (UR)	Investiga la obtención de una cepa clonada para usos industriales y para el aprovechamiento de lactosueros.
Laboratorio de Oncología Básica de la Facultad de Medicina de la UR	Estudia la producción de anticuerpos monoclonales para caracterizar antígenos asociados a tumores y el desarrollo de anticuerpos que identifiquen glicoproteínas asociadas al cáncer de mama y tejido mamario normal.
Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE)	Trabaja en salud humana y animal, y produce sueros y vacunas. Áreas de investigación: biociencias y neurociencias. Trabajan también en el desarrollo y aplicación de técnicas biotecnológicas en el estudio del genoma humano, con el fin de dar servicios para detectar enfermedades tumorales. La División de Biología Molecular investiga los mecanismos de defensa de plantas, utilizando sondas moleculares, hibridación y PCR. Algunas líneas se refieren al diagnóstico para identificar virus y viroides patógenos de los cultivos de cítricos y mejorar la resistencia y tolerancia al "estrés" en papa.
Laboratorio de Biotecnología de INIA	Depende de la Presidencia, y está localizado en la estación Experimental INIA-Las Brujas. Desarrolla tecnologías de base en dos áreas principales: Biología Celular de Plantas y Biología Molecular, aplicadas al mejoramiento genético. La actividad de I+D ha dado como resultantes: plantas super elite; clones de plantas seleccionadas; material básico para programas de selección; identificación varietal, de reproductores y de genes de interés productivo; selección rápida de mejores genotipos y diagnóstico de patógenos. La relación con el sector privado promueve la formación de "joint ventures" para desarrollar innovaciones tecnológicas.