

# 2.1. BIOECONOMÍA Y LOS DESAFÍOS FUTUROS. LA BIOTECNOLOGÍA COMO VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA IBEROAMÉRICA

GUILLERMO ANLLÓ\* Y MARIANA FUCHS

## INTRODUCCIÓN

El mundo enfrenta una perspectiva de crecimiento demográfico y ascenso social masivo que pone en riesgo la sustentabilidad ecológica y la sostenibilidad del estilo de consumo occidental actual. Estos desequilibrios e inconsistencias temporales ya eran señaladas a mediados del siglo pasado desde la bioeconomía, pero hoy, con las proyecciones de aumento de la población, se tornan una realidad más palpable. Esta perspectiva plantea un desafío a la humanidad a ser resuelto en simultáneo, desde la demanda, a partir de modificar los hábitos de consumo y estilo de vida; y desde la oferta, a partir de incorporar mayor conocimiento al sistema productivo y obtener soluciones más productivas, eficientes y amigables con el medio ambiente. Los avances en la biotecnología están trazando un sendero en este sentido y abren la puerta a pensar el ingreso a un nuevo paradigma tecno-productivo (Freeman y Soete, 1997). ¿Cómo se encuentra Iberoamérica para ingresar a este nuevo paradigma? ¿Qué le exige el mismo?

El próximo paradigma –el cual, en teoría, debiera estar gestándose actualmente- muy probablemente se vinculará con la biotecnología, la nanotecnología, la bioelectrónica, los nuevos materiales y fuentes alternativas de energía. En todos los casos, las industrias de proceso serán las grandes protagonistas –el tipo de industria con mayor presencia en Iberoamérica-<sup>1</sup> y, si

acaso la historia sirve de ejemplo, la transición hacia la nueva era podrá ocurrir en las próximas dos o tres décadas, y cuando ello suceda es importante posicionarse desde hoy (Perez, C., 2010). Es por ello que vale la pena imaginar el futuro más inmediato en términos de desafíos tecnológicos, relevar lo mejor posible los activos con que cuenta la región en la materia y, a partir de ello, vislumbrar las oportunidades que se presentan a futuro.

En este nuevo paradigma que se abre, existe una fuerte correlación entre la investigación en Biotecnología y las Empresas Dedicadas a Biotecnología (EDB). Más adelante se podrá ver que, de hecho, la propia definición adoptada globalmente así lo plantea, ya que para ser una EDB es necesario utilizar técnicas de biotecnología moderna ya sea en actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) o en actividades productivas. Esta interrelación lleva a que en los emprendimientos de base biotecnológica el modelo lineal sea el que mejor explica su dinámica –para obtener una innovación (un producto comercializable y novedoso) previamente es necesario todo el desarrollo de I+D-. Por esto, también existe un vínculo directo entre la creación de empresas y la inversión en investigación biotecnológica en universidades e institutos públicos. Al mismo tiempo, dadas las particularidades del desarrollo de un producto biotecnológico (intensivo en I+D, con largos tiempos para su descubrimiento, largos plazos para su puesta en punto e incertidumbres mayores por trabajar con organismos vivos que mutan) en general la base de la I+D del área es prioritariamente de origen público.

De esta manera, para poder determinar la potencialidad de desarrollo del sector empresarial biotecnológico en un determinado país o región hay que comenzar por relevar sus activos de investigación y desarrollo, al tiempo de observar las vinculaciones y entramados institucionales que se establecen a su alrededor, ya que la biotecnología demanda trabajo en equipo e interacción para la generación de conocimiento.

\* IIEP - UBA/CONICET

1. Joan Woodward, en su trabajo de 1965, *Industrial organization: Theory and Practices*; Oxford University Press, define a las “industrias de fabricación” como la manufactura de productos mediante el ensamblaje de partes diferentes (automóviles, equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos, ropa, y otros) generalmente en talleres y línea de ensamblaje usando mano de obra; y a las “industrias de procesos” como a aquellas que realizan la transformación directa de materias primas mediante métodos químicos, eléctricos, calor u otros (acero, papel, alimentos y bebidas, gasolina, plásticos), y servicios como las telecomunicaciones. La diferencia principal entre ambas reside en que el proceso de producción tiene lugar “dentro” del sistema de equipamiento y el personal supervisa y apoya el proceso en lugar de ejecutarlo. (Perez, 2010).

Este documento busca revisar aquellas áreas en las que la biotecnología podría brindar respuestas productivas a los problemas que se prevén con la futura explosión demográfica, de qué manera se están estructurando organizativamente los modelos empresariales para proveer esas respuestas y qué activos presenta la región para sumarse a esta nueva ola. Evidentemente, este mundo con incremento demográfico, creciente demandas por alimento y salud y consecuencias ambientales que plantea un conjunto de desafíos acuciantes, no será ni necesaria, ni exclusivamente, atendido desde la biotecnología. Otras disciplinas de investigación se irán desplazando (quizás, el ejemplo más claro se encuentra asociado al desarrollo de energías alternativas), lo que también tendrá su correlato sobre el futuro derrotero de la “bioeconomía” y la región.

Así, el trabajo aquí planteado se estructura, en su primera parte, en un breve repaso de los desafíos más sobresalientes del cambio de composición demográfica y geopolítica global, para luego en la segunda parte revisar aquellas áreas en las que la biotecnología podría brindar respuestas productivas a estos problemas. A continuación, en la tercera parte, se describen las principales características del modelo de negocios que acompaña las iniciativas biotecnológicas, con una somera aproximación cuantitativa para poder dimensionar la magnitud que significan estas iniciativas para la economía global. En la cuarta y última sección, se describe brevemente, a través de los indicadores de insumo más tradicionales (publicaciones, índice de citas, patentes, formación de recursos humanos) y otras fuentes secundarias, los recursos científicos y académicos que posee la región que permiten vislumbrar la potencialidad de desarrollo de la bioeconomía.

46

## I. UN MUNDO EN EXPANSIÓN. NUEVOS DESAFÍOS GLOBALES Y LA BIOECONOMÍA

La evolución de la humanidad se encuentra indisolublemente atada a la domesticación de la energía y de los alimentos -como fuente de energía-, lo que, a medida que fue sucediendo, derivó en cambios sociales de enorme trascendencia y magnitud.

Teniendo en cuenta que hoy somos el resultado de diversos hechos que sucedieron en el pasado y que, muchos de ellos –por no decir los más trascendentales en términos de consecuencias futuras- estuvieron vinculados a la intervención del hombre sobre la naturaleza en un intento por controlar cada vez más el ciclo natural de reproducción de los seres vivos, es importante hacer un pequeño ejercicio de prospectiva para imaginar qué puede pasar en el futuro, sobre todo ahora que la biotecnología aplicada viene avanzando a paso firme.

A principios de siglo XX, la población mundial mostraba por primera vez indicios de un crecimiento acelerado, superando la barrera de los 1000 millones de habitantes (se estima una población de 1600 millones, para ese momento); a fines de octubre del 2011, Naciones Unidas

ungía a una beba nacida en filipinas como el habitante 7000 millón del planeta, con proyecciones demográficas que especulan con un ritmo de crecimiento en torno a los mil millones más por década durante los próximos cuarenta años. Esta tendencia plantea, para el año 2030, una población de 9000 millones de habitantes, lo que supone un gran desafío para la sustentabilidad futura del planeta, dado que las proyecciones señalan que los recursos naturales no son suficientes para esa población al actual ritmo de consumo. Por lo tanto, es importante modificar los hábitos de consumo hacia modelos más sustentables y responsables, así como también incrementar la oferta de bienes, también responsable y sustentablemente. ¿Quién proveerá de alimentos a toda esa población? ¿Dónde se originará la materia prima? ¿Cuál será su fuente de energía?

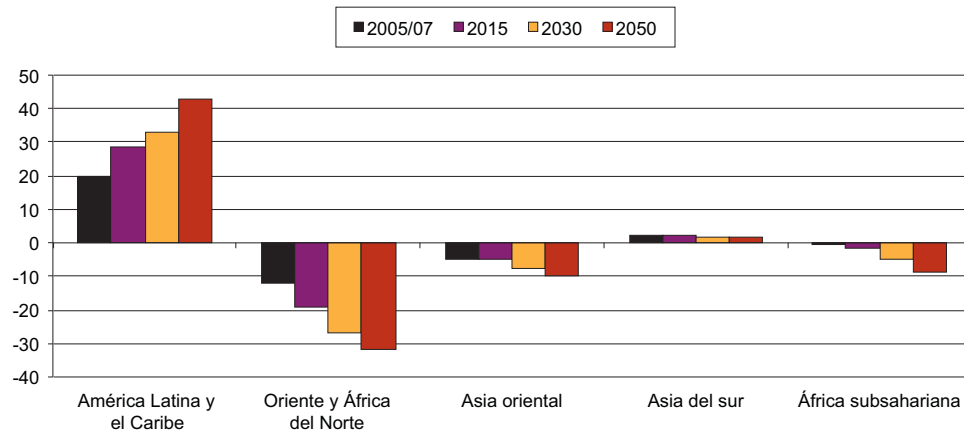
Las proyecciones de FAO (*Food and Agricultural Organization*) prevén que el 90% del crecimiento de la producción mundial de granos se deberá por mayores cosechas gracias a una mayor productividad, y sólo un 10% por el corrimiento de la frontera agrícola<sup>2</sup> (el 80% de ese incremento se espera que provenga de países en desarrollo). Es decir, la mayor parte del aumento en la producción granaria se deberá a una mejora tecnológica continua, aunque no todos podrán garantizar el autoabastecimiento. Las esperanzas, por lo tanto, se encuentran fuertemente depositadas sobre los progresos biotecnológicos en la producción primaria. La biotecnología promete aportar mejoras en los procesos, gracias a la mayor precisión del manejo de lo biológico, al mismo tiempo que una mejor eficiencia genética –mejores granos, diseñados para obtener mejores resultados según el destino final de lo producido- y un mejor aprovechamiento del “ambiente” natural en el cual se vaya a desarrollar el emprendimiento agrícola.

La FAO menciona que para 2050 las estimaciones para el cercano oriente y el norte de África continuarán siendo deficitarias en cuanto a la producción de cereales (base de la pirámide alimenticia) y que sólo Latinoamérica y el Caribe se volverán superavitarias (es decir, es la región que más crecerá como proveedora del mundo de insumos en base a semillas, volviéndose en el exportador global de las mismas). Las otras regiones se mantendrán cerca del equilibrio, aunque con una tendencia deficitaria. (**Gráfico 1**)

La población mundial crece gracias a los avances técnicos y cierto progreso social, lo que se verifica tanto en una reducción en las tasas de mortalidad infantil, como en una prolongación en la esperanza de vida. Si bien esto es fruto –en parte- a una mejora en el sistema de salud a escala global, el envejecimiento y crecimiento poblacional vendrá acompañado de nuevas y mayores demandas por salud, las que presionaran sobre el costo del sistema y empujarán

2. Las fronteras agrícolas también sufrirán modificaciones: el incremento neto será de unas 70 millones de hectáreas, que surgen de un aporte positivo en 120 millones por parte de los países en desarrollo (básicamente el África subsahariana y Latinoamérica) y un retiro de unas 50 millones de hectáreas por parte de los países desarrollados (FAO, 2009).

Gráfico 1. Estimación de producción de cereales – 2005 a 2050



Fuente: Van der Mensbrugge, D. FAO. IADB y Seminario CIAT, Marzo 2012.

a buscar nuevas alternativas, más eficientes y menos costosas -la biotecnología también está llamada a jugar un rol determinante en este sentido-.

Asia (principalmente China e India)<sup>3</sup>, está recorriendo un proceso de modernización e industrialización que ha llevado a que gran parte de su población migre desde su origen rural (donde se autoabastecían y, por lo tanto, no existían para el mercado global) a las ciudades donde, si bien, por un lado contribuyen a la producción y crecimiento económico de esos países -al tiempo que aspiran a un ascenso social-, ahora son nuevos consumidores ávidos por adquirir bienes y servicios. Estas grandes migraciones, que suceden a la par del incremento de la población, vienen acompañadas de cambios de hábitos y estilos de vida que no son inocuos en materia de salud asociada a la alimentación -y, por lo tanto, en términos de consumo-.<sup>4</sup>

Por lo tanto, se verifican dos fenómenos concurrentes asociados al incremento de la población mundial con consecuencias sobre el patrón de demanda global: una mejora en la esperanza de vida (por acceso y mayor conocimiento) junto a cambios en los hábitos y

costumbres hacia posiciones más suntuarias (por mayor riqueza y potencial económico).<sup>5</sup> Estas circunstancias han derivado en un escenario que presenta severas dudas sobre la sostenibilidad en el tiempo del modelo de desarrollo social imperante. Para diversas proyecciones futuras, el mundo, tal cual lo conocemos, no es sostenible y, por voluntad u omisión, va a tener que modificarse (Visión 2050, 2010).

Es sumamente relevante comprender los desafíos que se vislumbran en el horizonte para continuar el desarrollo y las respuestas que puede brindar la tecnología y la ciencia a los mismos -particularmente, la biotecnología-. El estudio de estas cuestiones ha vuelto a poner en boga a la bioeconomía.<sup>6</sup> En contra de un espíritu un tanto pesimista que imbuía al término en sus orígenes -si bien continúa pendiente la necesidad por modificar los hábitos de consumo de la población-, existe la buena nueva de que mediante la moderna biotecnología, muchos de los problemas y desafíos que plantea el escenario futuro pueden ser atendidos, de forma tal de incrementar la oferta, procurando un sendero más sustentable.

La OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) plantea que la bioeconomía puede ser pensada como un mundo donde la biotecnología

3. China e India explican un tercio de la población mundial y, si se le añaden los países aledaños, probablemente se llegue a los dos tercios. Esta región del planeta está viendo salir de la mayor de las pobreza a su población media; lo que lleva a un ingente número de personas sumarse al consumo mundial, con consecuencias que amenazan la sustentabilidad global. Ciertos estudios señalan que, si las nuevas capas medias asiáticas replican el patrón de consumo promedio occidental, harán falta 2,3 mundos para sostener ese nivel de consumo (Visión 2050, 2010).

4. Una mayor urbanización quita tiempo en la cocina, lo que lleva a -junto a un mayor acceso a alimentos procesados-, dietas desbalanceadas con altos contenidos en hidratos de carbono. Así, mientras globalmente se seguirán enfrentando problemas de desnutrición, también serán cada vez más los problemas de obesidad y otras cuestiones asociadas a la malnutrición (Bisang, et.al 2013).

5. A medida que la población mejora sus ingresos, su demanda por alimentos se modifica, hacia gustos más sofisticados, mutando del consumo de proteína verde (vegetales), hacia proteínas rojas (carne) y blancas (lácteos), las que implican mayores transformaciones de energía (Bisang, et al, 2013).

6. La bioeconomía es la administración eficiente de los recursos escasos de origen biológico. El origen del término puede rastreadse hasta fines de la década del 50 y a Nicholas Georgescu-Roegen, matemático y estadístico reconocido, como su autor. La bioeconomía nace con una visión un tanto fatalista -ya que, en apariencia, no hay mucho margen para modificar el sendero- que establece que, ante una oferta limitada y finita de recursos de origen biológico, la demanda debe modificar su conducta para adaptarse a esa realidad ya que no hay posibilidades de alcanzar el crecimiento infinito.

contribuya con una parte importante del PBI global<sup>7</sup> y colabore a que la producción se guíe por los principios de desarrollo sostenible y sustentabilidad ambiental, involucrando tres elementos fundamentales: la generación de conocimiento biotecnológico, la existencia de biomasa renovable y su integración a través de diversas aplicaciones (OECD, 2009). Las áreas involucradas donde la biotecnología actualmente tiene conocimiento y puede aportar para atender los desafíos bioeconómicos son: la producción de recursos renovables de origen biológico (seguir llamándolo producción primaria parece quitarle trascendencia a la incorporación de conocimiento y cambio tecnológico que está llevando adelante),<sup>8</sup> el sector de la salud y la producción industrial. Al mismo tiempo, las tendencias futuras que despiertan señales de alerta no impactarán de igual modo en las áreas mencionadas: el incremento de la población y los niveles de ingreso demandarán con mayor fuerza recursos renovables; los cambios demográficos –especialmente en los países desarrollados- demandarán mayor atención sobre el sector salud; el cambio climático y desafíos ambientales afectarán, por un lado, la agricultura, pero sobre todo impulsarán a tomar acciones sobre la producción industrial contaminante.

Más allá de algunos factores exógenos –regulación, estrategias de negocio, financiamiento a la I+D- algunos senderos de la biotecnología pueden estimarse mejor que otros. Según la OECD, las plataformas tecnológicas que se prevé tendrán mayores impactos en el corto plazo son la bioinformática, la secuenciación genética, la interferencia de ANR (RNAi), la ingeniería metabólica, la síntesis de ADN y, posiblemente, la biología sintética (OECD, 2009).

Los desarrollos tecnológicos del futuro inmediato en este sector hacen prever que el número de aplicaciones de la biotecnología se encuentra en expansión. Las plataformas tecnológicas seguirán consolidándose y las nuevas aplicaciones desarrolladas a partir de ellas llevarán a un mayor uso de la biotecnología en muchas más áreas. Pronto, casi todos los productos farmacéuticos, así como las nuevas variedades de granos, se desarrollarán aplicando biotecnología en su proceso. También se irá incrementando la participación de ésta en la producción de químicos y plásticos.

7. La OECD, en una estimación conservadora, presupone que en sus países miembros para el año 2030 la biotecnología contribuirá con, al menos, el 2,7% del PBI.

8. En Brasil, en 2012, se produjeron 166 millones de toneladas de granos en 55 millones de Hectáreas. Según expertos de EMBRAPA, alcanzar esa producción con la misma tecnología que se aplicaba cuarenta años atrás, hubiera implicado involucrar 155 millones de hectáreas más a la producción. Es decir, en ese lapso de tiempo la producción se incrementó en más de un 500%, mientras que la superficie implantada creció tan sólo un 80%. En Argentina se pueden observar cifras semejantes. La producción de granos superó en el 2012/3 los 100 millones de toneladas, con perspectivas de crecimiento superiores a los 160 millones en unos pocos años más, siendo que, de la década del '20 a la década del '60 la producción oscilaba los 20 millones de toneladas y durante los años 80 se había logrado duplicar esa cifra, pero en un esfuerzo que estaba erosionando fuertemente los suelos cultivables. En términos de superficie, este salto productivo se dio con un incremento en la superficie cultivada de un poco más de 20 millones de ha, a cultivar, en la actualidad, un poco más de 30 millones de ha.

En este proceso, la frontera entre el sector agrícola y el industrial continuará desdibujándose, de tal forma que cada vez más el primero producirá insumos específicos para el segundo, trasladando lógicas y rutinas propias de la industria a la organización y gestión del agro; es decir, mucho de lo que la industria produzca, tendrá origen en procesos que se dieron al momento de plantar la semilla –o incluso antes cuando se “diseñó” la semilla-. El avance en la biología sintética podría funcionar como contrapeso a esta imbricación entre industria y agro, ya que lo biológico producido en el laboratorio evitaría tener que pasar por el “laboratorio de la tierra” –después de todo, el suelo actúa como un gran laboratorio-. Estas opciones, también serán diferentes según el país y región del mundo del que se trate, en función de los recursos relativamente abundantes con los que cuenta.

La OECD prevé para la biotecnología avances evolutivos del tipo “innovaciones incrementales”. Es decir, en salud se irán observando avances paulatinos y constantes, pero no un cambio de paradigma, la producción industrial se volverá más amigable ambientalmente, pero no modificará sus procesos o productos; en la agricultura, se tendrán granos que demanden menos agua, sean más productivos y, por lo tanto, más eficientes en su resultado, pero tampoco serán saltos por fuera de lo previsible.

Al mismo tiempo, es importante señalar que el desarrollo de la bioeconomía no depende exclusivamente de los avances tecnológicos. El marco regulatorio (derechos de propiedad intelectual, leyes sanitarias, etc.); cómo se estructura el mercado (regulado/intervenido, monopolizado, atomizado, etc.); el conjunto de empresas existentes (grandes, pequeñas, transnacionales, familiares, etc.); cómo se forman los recursos humanos; y cómo son los canales de venta y distribución impactan sobre la forma en que los productos serán comercial y económicamente viables, y, por lo tanto, tienen relación directa con quién y cómo va a financiar la investigación y desarrollo necesarios para poder avanzar en biotecnología (una actividad altamente dependiente de la I+D). El cómo se estructuren estas variables determinará fuertemente cómo se desarrollará el sector a futuro.

## II. LA BIOTECNOLOGÍA HOY. SUS APLICACIONES

La OECD identifica dos factores claves para poder pensar el futuro desarrollo de la bioeconomía: i) la tasa de innovaciones exitosas que alcance la investigación biotecnológica en los próximos años; entendida como la comercialización exitosa de los productos biotecnológicos –dependientes del grado de avance y competitividad alcanzada por la I+D del área en relación a otras disciplinas; y ii) los cambios en la matriz político-

9. La apreciación conservadora sobre los escenarios a futuro se basa tanto en los largos períodos que hacen falta para poder comercializar los descubrimientos biotecnológicos; como en cuanto a que la mayoría de los cambios regulatorios e institucionales -la matriz política- tienden a ser reactivos a las modificaciones que van sucediendo –su tendencia es más bien conservadora, tradicionalmente-.

institucional regulatoria; la calidad de gobierno. A partir de ello, plantean la construcción de dos escenarios, con una perspectiva conservadora –es decir, una expectativa de cambio moderado para los próximos 15 años<sup>9</sup>, en los cuales se desenvolverá la investigación biotecnológica.

Los dos escenarios descritos por la OECD buscan destacar, por sobre todo, cómo se pueden desenvolver diversas realidades que condicionarán los disparadores y eventos que pueden llegar a ocurrir y moldear el futuro de la bioeconomía. Al contrario de los tradicionales trabajos con escenarios (una bueno, uno regular y otro malo), en este caso, ambos presentan aspectos positivos y negativos, sin resultar uno mejor que otro. Comparten la idea de un mundo multipolar, con ningún país o región con dominio por sobre las demás; e incluyen eventos y sucesos plausibles de suceder con influencia sobre el sendero de la bioeconomía (como ser la degradación ambiental, grandes sequías, falta de agua, epidemias y algún suceso de bioterrorismo). Al mismo tiempo, auguran que gran parte de los productos de

**Tabla 1. Biotecnologías con alta probabilidad de llegar al mercado para el año 2030 según la OECD**

Producción Primaria	Salud	Industria
Amplio uso de marcadores moleculares en cría de animales, peces, mariscos y plantas	Aprobación anual de muchas vacunas nuevas y productos farmacéuticos basados en avances biotecnológicos.	Enzimas mejoradas para un amplio rango de aplicaciones en el sector químico.
Variedades OGM de los principales granos y árboles con mejoras en contenidos de almidón, lignina y aceites para su posterior procesamiento industrial.	Gran uso de farmogenéticos en tratamientos clínicos y en la práctica de prescripciones, con una caída en los pacientes elegibles para con ciertas terapias dadas.	Microorganismos mejorados para producir un creciente número de productos químicos en un solo paso, algunos a partir de genes identificados tratamientos por biopropección.
Plantas y animales OGM para producir farmacéuticos y otros componentes valiosos.	Seguridad mejorada y eficacia para los tratamientos terapéuticos, gracias a la vinculación entre información	Biosensores para monitorear en tiempo real contaminantes ambientales e identificaciones biométricas de gente. farmogenética, de prescripción y resultados de salud de largo plazo.
Variedades mejoradas de los principales granos para alimentación, con mayores rindes por cosecha, tolerancia al estrés, resistencia a pesticidas, por OGM, marcadores moleculares, cisgénesis o intragénesis.	Blindaje extensivo para múltiples factores de riesgo genético para enfermedades comunes (como artritis).	Biocombustibles de segunda generación (alta densidad energética en base a caña de azúcar y biomasa).
Más diagnósticos para rasgos y enfermedades genéticas de animales.	Sistema de administración de drogas mejorado a partir de la convergencia entre la bio y la nanotecnología.	Mayores porciones de mercado atendidas por biomateriales (como bioplásticos).
Clonaciones de animales de alto valor en los stocks de cría.	Nuevos nutraceuticos, producidos a partir de microorganismos OGM, y plantas o extractos marinos.	
Principales granos de los países en desarrollo reforzados con vitaminas y nutrientes a partir de modificaciones genéticas.	Test genéticos de bajo costo para factores de riesgo en enfermedades crónicas (artritis, diabetes II, coronarias, algunos cánceres)	
Microbiología de suelos	La medicina regenerativa proveerá mejor manejo de la diabetes y el reemplazo o reparación de ciertos tipos de tejidos dañados.	

origen biotecnológico provendrá de –y será consumido por- los países en vías de desarrollo. Esto mismo se vincula directamente con el hecho de que estos países serán referentes en diversas investigaciones biotecnológicas, lo que tendrá consecuencias sobre la localización de los recursos humanos calificados, la I+D, mercados, competición y comercio, ya que, para la aplicación de biotecnología, las empresas adoptarán crecientemente estrategias globales.

Pero, ¿qué es la biotecnología? Dada la falta de una definición única y unívoca, lo que dificultaba la obtención de información estadística confiable y comparable a fin de cuantificar la magnitud de las actividades biotecnológicas en el mundo,<sup>10</sup> en la OECD se consensuó la siguiente definición: “La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, con el objeto de alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimiento, bienes y servicios”, la cual actualmente guía la compilación de las estadísticas biotecnológicas en muchos países (OECD, 2005). Dado que el propósito de la OECD era el de proveer de una definición que permita dar cuenta de la relevancia de la biotecnología moderna, la definición propuesta se acota e interpreta a partir de una lista de técnicas de la misma.<sup>11</sup>

En esa misma línea, según la OECD, una empresa biotecnológica es una firma que utiliza técnicas de biotecnología moderna (según el listado de referencia), tanto para actividades de I+D, como para actividades productivas. Aquellas empresas que sólo comercializan productos biotecnológicos o utilizan insumos biotecnológicos sin realizarles ninguna otra modificación, no serían, por lo tanto, empresas biotecnológicas.

Siguiendo ese criterio, dentro de las firmas biotecnológicas, la OECD diferencia entre:

1) Las empresas dedicadas a la biotecnología o *Dedicated Biotechnology Firms* (DBF) definidas como firmas activas en biotecnología cuya actividad predominante involucra la aplicación de técnicas biotecnológicas en la producción de bienes o servicios y/o en la ejecución de I+D biotecnológica.

2) Las empresas de I+D biotecnológicas definidas como aquellas que realizan actividades de I+D en el área biotecnológica. Estas firmas no tienen productos biotecnológicos desarrollados o comercializados. Simplemente se dedican a la I+D, desde una iniciativa privada.<sup>12</sup>

La biotecnología no es una industria en sí misma (como la aeronáutica, la automotriz o la textil) ni se relaciona estrictamente con un conjunto de productos determinados (agrícolas, forestales, de la salud). En cambio, se puede afirmar que abarca un conjunto de tecnologías que pueden utilizarse para diversos propósitos en distintas actividades económicas. Por ejemplo, la tecnología de ADN recombinante puede usarse para producir moléculas en la industria farmacéutica, crear nuevas variedades de cultivos para el sector agrícola o modificar microorganismos para producir enzimas industriales en el sector químico. Lo anterior pone de manifiesto la transversalidad de la biotecnología, lo que dificulta encasillarla dentro de un sector, actividad o grupo de productos determinados.

En la actualidad, la biotecnología es aplicada en la producción primaria, en algunas actividades industriales y en el sector de la salud. En el primer caso, sus principales usos son para la cría de animales y plantas, para realizar diagnósticos y en algunas aplicaciones veterinarias. En salud humana, su uso va desde acciones terapéuticas, diagnósticos médicos, farmogenética para mejorar las prácticas prescriptivas, los alimentos funcionales y nutracéuticos, y algunos instrumentos médicos. En la industria, los procesos biotecnológicos se utilizan para producir enzimas, plásticos y químicos, para aplicaciones ambientales (biorremediación y biosensores), reducción de efectos ambientales o costos de extracción, y la producción de biocombustibles. Algunas de estas aplicaciones pueden ya considerarse que son procesos maduros, mientras que otras aún presentan viabilidades comerciales limitadas sin un apoyo gubernamental (biocombustible, por ejemplo) o son meras promesas (medicina regenerativa).

Estos diferentes usos que la economía está haciendo de la biotecnología comparten plataformas tecnológicas comunes. Es decir, ciertos descubrimientos aplicados a más de una de las actividades descritas provienen de un mismo origen pero, dada la particularidad de cada actividad, se desarrollaron con diferentes trayectorias –principalmente, porque cada campo de aplicación posee distintos marcos regulatorios, estructuras productivas y culturas empresariales-. Esto, en definitiva, se verá reflejado en diversos modelos de negocio.

### Áreas en las que la biotecnología se aplica actualmente al sistema productivo<sup>13</sup>

Los avances en biotecnología deberían suceder sin mayores problemas; según diferentes expertos, los obstáculos existentes hoy se irán solucionando, sólo es cuestión de tiempo ya que todavía falta cierta maduración

10. En el reporte de 1982 (Bull A.T, G. Holt y M. Lilly (1982) “Biotechnology: International Trends and Perspectives” OECD) se mencionan 10 definiciones de biotecnología utilizadas por organizaciones en distintos países, a partir de las cuales se construían estadísticas y reportes de la actividad biotecnológica.

11. Ver el anexo con la lista de técnicas provista por la OECD.

12. Podría definirse un tercer tipo de firmas en las que se desarrollan actividades de I+D o productivas que involucran tecnologías biotecnológicas, pero que ésta no es su actividad principal. Se trata, generalmente, de empresas de origen químico o biológico, que empiezan a incursionar en el desarrollo de la biotecnología –como una alimenticia, o una farmacéutica-.

13. Este acápite se basa en la revisión realizada por la OECD en su documento “The bioeconomy 2030”.

en el desarrollo de la tecnología para poder apreciarlo.<sup>14</sup> En cualquier caso, lo que se haga los próximos años, ciertamente, condicionará lo que pase en el futuro. ¿En qué áreas se puede observar la presencia de la biotecnología hoy?

\* En la aplicación en **producción primaria** para desarrollar: nuevas variedades de plantas y animales, con rasgos mejorados; nuevas herramientas de diagnóstico; técnicas avanzadas de propagación; y vacunas y terapéuticos veterinarios.

- En el plano de las nuevas variedades para **cereales** y **oleaginosas** se podría decir que los avances a la fecha ocurrieron en el plano de tolerancia a herbicidas; resistencia a plagas; fortalecer ciertos rasgos agronómicos; modificar características cualitativas del producto, más la utilización de marcadores moleculares.

- En el caso de la **industria forestal**, si bien existen avances de laboratorio en la modificación genética, el sector –o mejor dicho las certificadoras internacionales del sector que defienden su imagen “verde”- se resiste a adoptar este tipo de variedades, por lo que se encuentran más extendidas otras prácticas asociadas a la hibridación y la multiplicación (mutagénesis y micropropagación). Al mismo tiempo, los plazos de crecimiento de los árboles (décadas), versus los cultivos anuales, también hacen que los avances en este sector sean mucho más lentos en comparación.

- En el caso de la **cría de animales**, actualmente lo más utilizado son los marcadores moleculares con el objeto de identificar en origen características deseadas (terneza de la carne, contenido de grasa, capacidad de producción láctea, etc.) y poder seleccionar esos especímenes para su reproducción. A su vez, también se está avanzando aceleradamente en la clonación y selección de embriones.

- Por otro lado, la **industria veterinaria** avanza a la par de la de salud humana; en muchos casos aplicando antes las experiencias en animales, y en otros trasladando los avances alcanzados en salud humana.

\* A propósito, en el plano de la **salud humana** se pueden identificar tres grandes áreas: *terapéutica*, *diagnósis* y *farmacogenética*.

14. La producción agrícola de biotecnología, si bien es el origen de la biomasa a ser utilizada en otras industrias, aún adolece de desarrollos específicos según determinadas demandas. Esta débil integración de la cadena de proveedores genera ineficiencias. La reducción en el uso de combustible fósil requiere que los granos que se planten sean los más adecuados a estos fines; mientras no sea así, se estará ante un segundo mejor. En el campo de la salud, el lento desarrollo de medicamentos y tratamiento en base biotecnológica sólo vuelve más costoso este tipo de tratamiento, y lo deja al alcance de unos pocos, atrapado en un círculo vicioso. No porque estos deban ser siempre costosos, sino que, debido a un problema de escalas, al ser pocos los que los utilizan, los altos costos de la I+D son afrontados por los pocos tratamientos aplicados; una vez que se masifique su aplicación, los costos se reducirán rápidamente sustituyendo a la medicina tradicional.

- En la primera área se incluye a la **biofarmacéutica** (basada en anticuerpos monoclonales y recombinantes); los tratamientos experimentales (que van desde ingeniería de tejidos a tratamientos con células madres) y terapéuticos de pequeñas moléculas (producidas, generalmente, por síntesis química).

- En el plano de los **diagnósticos**, la biotecnología moderna se utiliza para identificar enfermedades tanto de origen genético, como no genético; las técnicas pueden ser invasivas (en este caso existe mayor regulación que en otras áreas de salud, razón por la que los avances en la materia, si bien llenos de promesas impactantes, marchan muy lentos) o in-vitro (inmunológicos y genético moleculares).

- En **farmacogenética** se estudia el modo en que las drogas y los genes interactúan, identificando aquellos que responden –o no- a drogas específicas. Este tipo de sendero abre la puerta a pensar en un futuro de la salud mucho más orientado (casi a medida).

- Avanzando un poco más sobre el plano industrial, aunque todavía con lazos con la salud humana, surge todo el mercado de **alimentos funcionales**<sup>15</sup> y **nutracéuticos**.<sup>16</sup> En estos casos, la biotecnología se utiliza para seleccionar o actuar sobre especímenes que puedan incrementar los niveles de ciertos nutrientes o componentes funcionales. Debido a los altos costos asociados a este tipo de I+D y a los marcos regulatorios que acompañan al sector de alimentos, en general este tipo de iniciativa son económicamente viables sólo si se aplican a grandes producciones (es decir, estamos ante la presencia de altos costos de escala). Por ejemplo, aditivos sobre la harina (y no algún tipo de galletita especial) o sobre la leche fluida (y no algún tipo de derivado particular de la leche). Al mismo tiempo, las promesas de contribución a disminuir el riesgo sobre ciertas enfermedades resulta un atractivo para los consumidores del mundo desarrollado, dispuestos a pagar un sobre precio por este tipo de productos “innovadores”.

- Finalmente, en relación al mundo de la salud, pero dentro de la industria, se encuentran cierto tipo de **“aparatos médicos”** que involucran a la biotecnología –muchos tipos de diagnósticos y la ingeniería de tejido, por caso-. Se están desarrollando biosensores para identificar la presencia de ciertas sustancias (en el caso de tratamientos diabéticos, por ejemplo).

\* En cuanto a la producción manufacturera, las aplicaciones de biotecnología se dan en aquellas

15. Aquellos que se asemejan a los alimentos ingeridos en cualquier dieta regular y se ha comprobado que contienen beneficios fisiológicos o contribuyen a reducir el riesgo de ciertas enfermedades crónicas, más allá de sus funciones nutritivas, como ser que contienen compuestos bioactivos.

16. Aquellos productos aislados y purificados con base en algún alimento que se venden en forma médica. También deben poseer probados beneficios fisiológicos o proveer protección contra alguna enfermedad crónica. También pueden obtenerse en base a plantas no comestibles –como las algas-.

**industrias** que aplican química en sus procesos o biomateriales. Por ende, existe lugar para la biotecnología en la producción de enzimas, solventes, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos, polímeros y biocombustibles.

- En el caso de la **industria química**, la ventaja de la biotecnología radica, fundamentalmente, en la posibilidad de reducir costos, porque puede reducir pasos sensiblemente respecto a la producción tradicional mediante una mejor focalización en las reacciones buscadas o menores demandas en el proceso productivo (como ser de energía), con menos desperdicios y, consecuentemente, menores impactos ambientales.

A pesar de ello, su uso aún no es extendido en esta rama productiva ya que todavía es costosa la obtención de enzimas o biorreactores y existen resistencias a desmontar o adaptar las grandes plantas existentes en la actualidad (la destrucción creadora schumpeteriana lleva a volver inservible un amplio conjunto del parque industrial, generando así grandes perjuicios a aquellas firmas que poseen capital instalado en esas áreas). Estos no son más que obstáculos que retrasan la imposición del nuevo paradigma, pero su paso irá disminuyendo costos y volverán estériles cualquier movimiento por impedir su sendero.

- En la producción de **biomateriales** –más allá de los más usuales como madera y algodón- se pueden obtener una amplia variedad de productos (desde containers, hasta bienes de consumo durable); el gran sector a ser impactado por la biotecnología será el de los bioplásticos.

- La **industria de enzimas** es amplia y de larga data. En general reemplaza a ciertos químicos, con consecuencias favorables tanto en términos sanitarios como ambientales. Se las suele aplicar en alimentos y bebidas, detergentes, telas y pulpa y papel.

- Las **aplicaciones ambientales** de la biotecnología se vinculan con la remediación de contaminaciones efectuadas por ciertos procesos industriales o humanos (aguas servidas). Para ello, los avances ocurren por lo que se conoce como biorremediación y por biosensores.

- A su vez, se está aplicando la biotecnología en las **industrias extractivas** (principalmente, minería). La exploración e investigación en este sector tiene un mayor retraso en relación a otros sectores, aunque con un fuerte potencial dado los grandes montos que se manejan en el mismo.

\* Por último, existe todo el plano de los **biocombustibles**. Aquí hay dos grandes senderos establecidos y un tercero en ciernes, que viene avanzando rápidamente: los derivados de etanol (en base a los azúcares en las plantas), y los biodiesel (asociados al componente oleico de las semillas). El que viene marchando se asocia a la

explotación forestal, pero aún se encuentra en etapas experimentales. En este sector, la biotecnología actúa sobre dos planos: Modificar las variedades de grano en pos de mejorar los atributos que contribuyan a obtener más y mejor combustible (azúcares, aceites o lignina) o sobre los procesos que convierten la biomasa en combustible.

- Asociado a los biocombustibles están las **biorefinerías**, las que actúan de forma similar que las refinerías del petróleo pero, en este caso, haciendo cracking de la biomasa. En su proceso se obtiene combustible, pero también los demás derivados con origen en biomasa.

### III. LOS MODELOS DE NEGOCIO EN BIOTECNOLOGÍA

Los progresos que promete la biotecnología en medicina, agricultura, materiales avanzados y energía no serán posibles sin un diseño organizacional, institucional y administrativo apropiado que acompañe su desarrollo. Es decir, a medida que la idea madure, la investigación evolucione y los resultados se vayan haciendo más reales, el modelo de negocio deberá ir cambiando para poder responder a cada etapa del desarrollo.

Desde finales de los años 70 –momento donde comienzan a surgir las empresas de biotecnología- predominan dos modelos de negocios en el sector: a) la PyME que se concentra en investigación biotecnológica y b) la gran empresa, integrada verticalmente; los cuales presentan una relación simbiótica (McKelvey 2008). En este esquema, las pequeñas empresas proveen de servicios y un cierto menú de opciones de acuerdos de cooperación y alianzas para acceder a ciertos activos tecnológicos potenciales. En contrapartida, las grandes empresas ofrecen a las pequeñas el acceso a ganancias rápidas, cierta credibilidad y el acceso a activos complementarios –como ser la comercialización y venta por los canales ya establecidos por las grandes-. Esta relación, claramente, se basa en que las grandes firmas no pueden abarcar por sí solas la gran variedad de tecnologías relevantes asociadas a la biotecnología, ni llevar adelante la I+D necesaria para sostener su negocio. Los problemas de gestión y administración son distintos en ambos casos (OECD, 2009).

La gran empresa ya tiene montada una gran estructura y, para llegar a ella, lleva recorrido un camino que le permitió incorporar y aprender muchas de las cuestiones atinentes a la gestión empresarial. En todo caso, sus problemas se asocian mayormente con la falta de agilidad para enfrentar un escenario dinámico y cambiante lleno de incertidumbres –como el de la biotecnología naciente- junto a la necesidad de sostener altos costos fijos.

Por su parte, las pequeñas empresas, si bien más ágiles, enfrentan un conjunto de desafíos propios a su tamaño al que suman las particularidades de la producción biotecnológica -largos plazos de maduración para obtener un producto comercializable; necesidad por grandes sumas de dinero durante bastante tiempo antes de



presentar resultados; más la incertidumbre propia de toda iniciativa científica sobre sus posibilidades de descubrimiento-. En general, las Empresas Dedicadas a Biotecnología (EDB) son lideradas por investigadores desde algún laboratorio (público o universitario) y requieren más de una década para desarrollar su descubrimiento y convertirlo en algo comercializable; carecen de recursos para su manufactura, distribución y comercialización; y su modelo de negocios depende de conseguir apoyo financiero –estos fondos van desde venture capitals, a ofertas públicas de acciones, pasando por la venta de licencias a grandes empresas del sector o subsidios públicos-.

Estos dos modelos se observan sin lugar a dudas dentro de la industria de la salud. En lo relativo a la producción primaria, en cambio, el uso predominante de tecnologías de modificación genética ha dado lugar a economías de gama y escala; lo que ha llevado, rápidamente, a la concentración corporativa al mismo tiempo. Por su parte, existen muy pocos casos de pequeñas firmas dedicadas a la biotecnología en los rubros industriales (distintos a los dos anteriores), ya que los retornos en ese sector dependen de la capacidad para escalar la producción (es decir, de poder llevar el producto de escala laboratorio a escala de producción en cantidades industriales en planta), lo que exige poseer conocimientos ingenieriles y una gran capacidad de inversión.

La OECD, entre sus países miembro para el año 2009, había identificado unas 6000 PyMEs en el sector de la salud (casi todas EDB) activas en el desarrollo de nuevas drogas, plataformas tecnológicas –como ser la secuenciación de genes, la síntesis génica o bioinformática-, bioingeniería, y otras técnicas. En las otras dos grandes ramas de actividad identificadas para la biotecnología (producción primaria e industrial) la presencia de PyME es mucho menor y con menos EDB.

En relación a las grandes firmas integradas, la OECD identificó 50 grandes firmas en el rubro farmacéutico. En el año 2006, las 5 más grandes invirtieron en I+D más de us\$ 6.000 millones, lo que casi cuadruplica lo invertido por las 5 principales en el rubro primario –donde identificó 10 grandes empresas- y vuelven insignificante lo gastado en el rubro por las 5 primeras en biotecnología industrial (us\$ 275 millones).<sup>17</sup>

En farmacéutica, desde finales de los años 70, la comercialización es dominada por las grandes firmas del sector, mientras que las EDB las proveen con servicios y otros desarrollos. Al mismo tiempo que el sector experimenta gran cantidad de uniones y adquisiciones, el amplio acceso a capital de bajo costo ha permitido el

17. La inversión total en I+D para ese mismo año–pública y privada, y en todos los rubros (no sólo en los asociados a biotecnología)-, en Brasil rosó los us\$ 11.000 millones y en España los us\$ 15.000 millones –los dos principales inversores de la región por órdenes de magnitud-. En México fue de us\$ 3.600 millones, en Portugal de casi us\$ 1.500 millones y en Argentina fue de un poco más de us\$ 1.000 millones (www.riact.org).

continuo ingreso al mercado de nuevas iniciativas (en general, derivadas de saltos a la producción comercial desde desarrollos en laboratorios) lo que ha evitado la concentración -que si existe en otros rubros-.

En la producción primaria ya se dio un fenómeno de concentración que devino de la adquisición de las PyMEs por parte de las grandes firmas o de la unión de PyMEs en empresas de mayor porte. Desde finales del siglo XX, la concentración ha sido muy marcada.<sup>18</sup>

En el sector industrial, algunas especificidades tecnológicas y condiciones de mercado favorecen la integración vertical. Por ejemplo, en el caso de las enzimas, si bien existen miles de empresas en el mundo, su producción se encuentra fuertemente concentrada: cuatro empresas –de las cuales tres se localizan en Dinamarca- explican el 80% de las ventas globales. A su vez, las capacidades ingenieriles requeridas para escalar cierto tipo de producciones (como en algunos rubros químicos), actúan de barreras a la entrada para pequeñas empresas al sector.

## El panorama en Iberoamérica

Todos los países de la región, si bien con diferentes órdenes de magnitud, vienen experimentando un crecimiento del sector biotecnológico –ya sea en términos de emprendimientos como de facturación-. Dados los modelos de negocios descritos, es importante remarcar que la región adolece de grandes empresas de escala global –son pocas las excepciones-, y cuenta con un gran presencia de subsidiarias de éstas. Por lo tanto, en general, los emprendimientos biotecnológicos locales son de menor porte y responden a lo descrito para estos casos: planta de personal reducidas, pero con alta calificación,<sup>19</sup> con fuertes vinculaciones con el sector académico,<sup>20</sup> y con aportes financieros del sector público, claves para el desarrollo de las iniciativas biotecnológicas.<sup>21</sup>

18. Los ensayos a campo de OGM conducidos por las cinco principales empresas del sector pasaron de ser el 53% a mediados de los años 90 a ser casi el 80% diez años después. (OECD, 2009)

19. Por ejemplo, en Brasil, el 90% de las empresas con menos de 5 empleados, tiene un alto nivel educativo: 40% PhDs, 25% Masters y 25% graduados universitarios. Una situación similar se observa en las empresas con entre 6 y 10 empleados. Hasta en las firmas con entre 21 y 50, que representan un quinto del total, se registra un alto porcentaje de doctores (12,5%) (Biominas, Brasil, 2011).

20. El trabajo en colaboración con universidades y centros de investigación es una de las características de las empresas de biotecnología de Brasil. EL 95% de estas tienen algún tipo de relación con estas instituciones. Del total, aproximadamente el 70% tiene una relación formal con Universidades o centros de investigación. Cabe mencionar que para el 77% de las empresas el objetivo de esta asociación es el desarrollo conjunto de productos o procesos (BrBiotec, Brasil, 2011). En Chile existen 215 grupos de investigación que se encuentran en los diversos ámbitos de la biotecnología, éstos trabajan en el marco de 61 instituciones, incluyendo universidades, entidades del sector público y centros privados de investigación (InvestChile 2012).

21. En Brasil, el financiamiento público ocupa un lugar central en el desarrollo del sector privado; 78% de las empresas lo utilizan (BrBiotec Brasil 2011). El Programa Biotecnológico de InvestChile ha materializado proyectos por US\$ 37 millones (InvestChile 2012). España, producto de la crisis, ha visto caer casi un 30% la participación de los fondos públicos –un 70% el de las universidades- y prevén que eso tenga consecuencias severas sobre el desempeño del sector privado –de hecho, el último año, la I+D privada ha caído por primera vez en cinco años un 5%- (Asebio, 2013).

Por otro lado, es importante remarcar que, si bien hay un creciente apoyo al sector y los distintos países presentan diversas iniciativas para apoyar su crecimiento, no existe información sistematizada al respecto –salvo algún caso particular-, lo que dificulta poder comparar los datos existentes sobre la evolución del sector empresarial biotecnológico en Iberoamérica. A su vez, dado que es un área de crecimiento muy dinámico, la información suele presentar fuertes variaciones de un año a otro –las fuentes existentes no presentan, necesariamente, información de los mismos períodos-lo que se suma al problema de poder garantizar que se relevó todo el universo existente.<sup>22</sup>

Por ende, a continuación se presenta la información que se pudo relevar de fuentes secundarias, procurando obtener el dato más reciente en cada caso, motivo por el cual no debe tomarse como dato definitivo o realmente significativo de toda la realidad de cada país.

Desde diversas perspectivas (patentes, indicadores bibliométricos, entre otros), el principal país en Iberoamérica en términos de inversión en I+D en Biotecnología es España. Esto se refleja en inversión y empresas de biotecnología. España, entre 2000 y 2010, pasó de tener 89 a 395 empresas de biotecnología (Fundación Genoma España). Casi dos terceras partes de ellas (67%) tienen una orientación en salud (desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones o de agentes terapéuticos –biofarmacéuticas - diagnóstico clínico); agroalimentos ocupa el 23% y bioprocesos industriales el 10%. Entre 2011 y 2012, la facturación del sector pasó de ser el 5,72% al 7,15% del PIB español, confirmando una tendencia alcista del sector durante la década pasada (ASEBIO, 2012).

En Brasil, segundo país de la región en relación al desarrollo del sector biotecnológico, se ha estimado la presencia de 237 empresas. El sector privado biotecnológico se concentra en la región sudeste de Brasil, especialmente en los Estados de San Pablo (40,5% del total) y en Minas Gerais (24,5%).<sup>23</sup> La mayoría de la actividad del sector se concentra en salud humana (39,7%). La salud animal es otro sector con fuerte presencia en Brasil y el de reactivos también, representando, respectivamente, 14,3% y 13,1%. Las firmas dedicadas a la agricultura representan 9,7% y medio ambiente y bioenergía suman 14,8% del número total de empresas (BrBiotec Brasil, 2011).

Una de las características del sector biotecnológico privado de Brasil es que está compuesto mayoritariamente de micro y pequeñas empresas, 56% de

las cuales tienen ingresos anuales de alrededor de us\$ 1,5 millones. Una quinta parte de las empresas no tiene ingresos con sus productos o servicios aún en desarrollo, y sólo el 10% tiene ingresos anuales superiores a los us\$ 7 millones. Tomando el empleo como indicador del tamaño de las firmas, la conclusión es similar. El 85% de las empresas tiene hasta 50 empleados –un quinto tiene menos de 5 empleados y un 25% tiene entre 6 y 10 empleados-; sólo el 9,4% de las empresas tiene más de 100 empleados, lo que indica que la mayoría de las firmas tiene una estructura sencilla y/o se encuentran en proceso de formar equipos (BrBiotec Brasil, 2011).

Las empresas que en México desarrollan actividad en biotecnología varían en cuanto a su nivel de base biotecnológica. Algunas tienen como su principal núcleo de negocios a la biotecnología, mientras que otras sólo incluyen en sus cadenas productivas o de servicios, insumos, sistemas, procesos o aplicaciones relacionadas con biotecnología. Dichas empresas constituyen una base amplia y variada de la demanda de innovación, de adaptación de tecnología y de conocimiento en biotecnología. En este sentido (con criterios más amplios que los establecidos para Brasil y España), se han detectado 375 empresas que cuentan con procesos o productos, insumos o sistemas relacionados con biotecnología. La mayor proporción de ellas corresponde al área de biotecnología farmacéutica (36%), seguida por aquéllas de agrobiotecnología (21%) y después por las correspondientes a biotecnología alimentaria (14%). En las demás áreas se distribuyen el restante 19% (“Situación de la biotecnología en México y su factibilidad de desarrollo”; 2010).

Según la 2da Encuesta Nacional de Empresas de biotecnología (Anlló et al, 2011), Argentina contaba en el año 2009 con unas 120 empresas dedicadas a la producción de biotecnología que se concentraban en distintos campos productivos entre los que sobresalen los medicamentos y otros insumos para el cuidado de la salud humana (24 empresas), la producción de semillas (14), inoculantes (29) y micropropagación (6), la sanidad (6) y manejo ganadero (14) y la reproducción humana asistida (22). Claramente, dada la estructura productiva del país, se observa un sesgo hacia el sector agrícola-ganadero –el sector de las semillas explica dos terceras partes de la facturación total de las 120 empresas relevadas-. De esas 120 empresas, 58 son microempresas, un número similar (52) PyMEs, y solamente una decena califica como grandes (en términos de las definiciones locales sobre el tema). La presencia de empresas medianas y grandes sobresale en las producciones de semillas y medicamentos y otros servicios aplicados a la salud humana, mientras que las firmas de menor tamaño tienen presencia en inoculantes, fertilización asistida y reproducción animal. Más del 98% de las firmas relevadas son de origen local; solamente en semillas, inoculantes e insumos industriales existen empresas multinacionales. A pesar de ello, éstas últimas explican más del 50% de la facturación total –claramente, los grandes agentes transnacionales en el sector semillas son determinantes-.

22. En general, dado que es un sector novedoso que está surgiendo, es muy difícil determinar el padrón/universo a ser relevado, por lo que se suele trabajar mediante el efecto “bola de nieve”, por la acumulación de información en varias rondas de consulta, lo que, si bien permite realizar una aproximación, suele brindar indicadores que subestiman la realidad.

23. Otros estados importantes son Rio de Janeiro (13,1%) y Rio Grande do Sul (8%). En la región noreste, en el estado de Pernambuco se concentra el 4,2% de las empresas de Brasil.

Según el informe elaborado por CORFO, existen 201 empresas de biotecnología en Chile, representando un incremento del 30% en los últimos años. Las empresas biotecnológicas chilenas se distribuyen principalmente en el sector agroindustrial (41%) y de salud-diagnóstico humano (27%), el 32% restante se distribuye en empresas dedicadas a la acuicultura, alimentos, bioprocesos y biotecnología industrial (InvestChile, 2012).

Según un relevamiento reciente, Colombia cuenta con 153 firmas de base biotecnológicas distribuidas en distintos sectores: en el sector agrícola 59 (38%), sector alimentos y bebidas alcohólicas 50 (33%), biocombustibles 12 (8%), sector farmacéutico 8 (5%), Universidades y Centros de Investigación 24 (16%) (Buitrago Hurtado G, 2012).

Por su parte, según un estudio de Ernst&Young, en Portugal existen 40 empresas dedicadas a la biotecnología; en su mayoría creadas entre 2001 y 2006. Enfocadas en I+D, la mayoría de éstas se concentran en tres áreas: salud, sector agrícola y medio ambiente. Al mismo tiempo, el 40% de las empresas de biotecnología de Portugal tienen algún tipo de asociación o colaboración con otras firmas de I+D. Se observa una fuerte conexión entre estas firmas y la comunidad científica, ya que el 86% de estas firmas tienen acuerdos con universidades.

## Dos lógicas en busca de una síntesis

Frente a esta realidad, cabe resaltar que el modelo de negocios imperante se encuentra en conformación y transita en el límite entre la empresa que investiga y el laboratorio –público o universitario- que comercializa. La tarea organizativa por delante no es sencilla ya que implica sintetizar dos mundos muy diferentes en horizontes temporales, riesgos, expectativas, normas y conductas.

No es novedad que la ciencia se aplica y utiliza para hacer negocios. De hecho, en algunas clasificaciones utilizadas para segmentar a la industria según su comportamiento tecnológico, se habla de sectores basados en ciencia (Pavit, 1984). Pero existe una gran diferencia entre hablar de sectores basados en ciencia, con empresas propietarias de grandes laboratorios, que hacer de la ciencia un negocio.

El modelo de negocios de la ciencia durante el siglo pasado presenta algunas características salientes: a) aquellas empresas que se embarcaron en la realización de investigación básica fueron empresas de grandes dimensiones, con capacidad para montar y sostener grandes laboratorios (Dupont, Dow, Xerox, Kodak, entre otras); b) las nuevas empresas emprendedoras, si bien fueron claves para desarrollar nuevos productos y mercados, en general, no se comprometieron con significativas investigaciones científicas; y c) las instituciones académicas, si bien podían involucrarse en investigación aplicada, y tener cierta injerencia en algunos sectores o áreas, nunca fueron grandes agentes en el

“negocio” de la ciencia. Las tres cosas cambiarían radicalmente con el advenimiento de la biotecnología.

Recientemente, se observa el surgimiento de empresas de base científica con otra lógica empresarial asociadas a las nuevas tendencias (nanotecnología, biotecnología y energía). Estas nuevas empresas tienen la particularidad de que enfrentan horizontes temporales mucho mayores que los de cualquier empresa tradicional (décadas de riesgo e incertidumbre antes de colocar el producto en el mercado) y, en ellas, la ciencia ha dejado de ser un insumo necesario para avanzar en la elaboración de ciertos productos, para pasar a ser, directamente, el producto a comercializar. De allí que recientemente las universidades estén asumiendo, o se las esté viendo, como potenciales “nuevas empresas”. Quizás en parte por la fuerte incertidumbre, o por estar acostumbradas a tratar con la “lógica y tiempos científicos”, las universidades son un nuevo agente que cada vez interviene más fuertemente en este tipo de iniciativas, adquiriendo una función empresarial en el nuevo mundo productivo basado en ciencia (buscando no sólo ser quienes proveen el conocimiento, sino también volviéndose inversores y aspirando a obtener, al menos, parte de las ganancias).

El desarrollo de las TIC como negocio presentó ciertos indicios que marcaban un cambio en el modelo organizativo de la empresa<sup>24</sup> hacia un perfil comercial que implicaba poner en el centro, como el activo estratégico, al conocimiento -aunque su mayor desarrollo comercial no necesitó de la ciencia-.

La biotecnología probablemente es la puerta de entrada a un nuevo mundo de negocios que presenta muchos desafíos de gestión y organización y que, todavía, no logró salir de la gran promesa para convertirse en una realidad –si bien el volumen de facturación del sector ha ido creciendo sistemática y significativamente, las ganancias asociadas a estas iniciativas continúan siendo muy bajas y en algunos casos, incluso, siguen dando pérdidas (Pisano, 2006)-.

La capacidad que una empresa privada alcance para desenvolver un modelo de negocio rentable en biotecnología, que recupere los costos asociados a la investigación, producción, distribución y comercialización de los productos y procesos biotecnológicos y, a la vez, deje una ganancia, será determinante para establecer el modo en que se desarrollará la bioeconomía en el futuro. En este caso, la idea de modelo de negocio remite a cómo la empresa hace negocios; a cómo utiliza sus capacidades y recursos para producir y generar ganancias en la venta de bienes y servicios biotecnológicos.

24. Como novedades en el campo de la organización se pueden mencionar a los spin-off de las universidades; un nuevo conjunto de instrumentos financieros para este tipo de actividades –angel capitals, venture capitals, etc.-; más la necesidad de un mayor vínculo entre los equipos comerciales y los de desarrollo de producto, ya que el producto a comercializar implicaba una complejidad cognitiva elevada para poder sostener su venta.

Si bien la cadena de valor en biotecnología va desde un primer eslabón compuesto por la investigación básica hasta llegar, en la otra punta, al consumidor final, es importante comprender que la gran diferencia con otras cadenas productivas pasa porque, en biotecnología, la ciencia es el negocio en sí mismo, y no una herramienta más para los negocios. Esto implica establecer una nueva organización y forma de administración institucional que facilite nuevas formas de colaboración empresarial, nuevas definiciones de propiedad intelectual y nuevos arreglos contractuales. Es decir, una gran empresa farmoquímica, para desarrollar una nueva droga, puede aplicar técnicas biotecnológicas (de hecho, lo hace desde hace muchos años); allí no radica la novedad. Lo nuevo está en aquellos emprendimientos que están surgiendo para desarrollar las técnicas biotecnológicas y todo lo que ellas implican. Lo novedoso radica en aquellos casos en los que el negocio es todo el desarrollo de conocimiento para poder producir una nueva droga. Allí está el eje de las nuevas empresas biotecnológicas, conformadas por planteles científicos (en general, con origen en universidades y laboratorios públicos).

Según Gary Pisano, un negocio basado en ciencia se diferencia de aquellos emprendimientos productivos que utilizan a la ciencia en el hecho de que los basados en ciencia trabajan, al mismo tiempo, en generar ciencia y obtener un valor comercial de ella. Por lo tanto, las empresas que utilizan a la ciencia como negocio participan activamente en el proceso de creación y avance científico –como cualquier laboratorio público o universitario-. De hecho, el valor económico de la empresa depende, principalmente, de la calidad de ciencia en la que se encuentra involucrada y desarrollando. La biotecnología presenta varias empresas que cumplen con esta consigna (desde GENENTECH –considerada la pionera en el mundo de la biotecnología- con sus investigaciones sobre clonación genética y expresión de proteínas, hasta MERCK identificando la estructura del virus del SIDA, pasando por CELERA, la compañía privada que participó de la iniciativa global por secuenciar el genoma humano), o casos paradigmáticos (como la rápida creación de empresas a partir de la publicación de ciertos artículos claves sobre interferencia en ARN en búsqueda de descubrir nuevas drogas). Cada novedad que aparece dentro del campo de la biotecnología atrae ingentes masas de recursos atentos a obtener grandes ganancias, incluso mucho antes de que los descubrimientos estén asentados y hayan dado señales consistentes sobre su capacidad funcional. En consecuencia, estos emprendimientos privados se ven forzados a participar activamente en resolver cuestiones atinentes a la ciencia básica, a través de desarrollos propios o en colaboración con otras empresas y laboratorios universitarios (existe una fuerte tasa de publicaciones conjuntas entre investigadores universitarios y empresas en las disciplinas asociadas a la biotecnología).

Así como las empresas privadas se involucran activamente en la esfera académica de la investigación básica, las universidades y laboratorios públicos avanzan sobre las cuestiones comerciales. Las universidades, de hecho, han

comenzado a operar licencias y lazos con la industria tanto para incrementar los fondos para investigación como para apropiarse de los ingresos por derechos de propiedad intelectual.<sup>25</sup> Ya no se limitan solamente a las etapas de investigación básica, sino que están avanzando aguas abajo en las etapas de desarrollo y testeo de nuevas drogas.

En algún punto, las necesidades básicas de los negocios basados en ciencia no son muy distintas de las de otro tipo de emprendimientos. Hace falta contar con los arreglos institucionales necesarios para administrar una iniciativa comercial, lo que implica poder asignar correctamente los recursos escasos (financieros, humanos, intelectuales, etc.), administrar el riesgo, coordinar las diferentes actividades a llevar a cabo para generar valor y apropiarse de las ganancias. Para ello, el capitalismo de mercado ha avanzado a lo largo de la historia hasta presentar hoy diversas herramientas sofisticadas que acompañan la administración empresarial (sistemas de derecho de propiedad intelectual, prácticas contables modernas, mercados de capitales, diversas formas empresariales –SA, SRL, etc.-). La ciencia, como negocio, implica desafíos nuevos y únicos que demandan innovaciones organizacionales y de gestión para poder llegar a obtener resultados. Una buena gestión en empresas de base científica será aquella que pueda administrar la incertidumbre en el largo plazo, integrar los diferentes cuerpos de conocimiento y aprender en el proceso (Pisano, 2010).

A pesar de los buenos augurios y grandes apuestas que se han hecho sobre el sector desde el surgimiento de GENENTECH a la fecha, la tasa de éxito es relativamente muy baja. Las expectativas de éxito y grandes retornos generadas por las novedades biotecnológicas atrajeron grandes inversiones sin resultados acordes a dichas expectativas. La hipótesis de Gary Pisano al respecto –la que plasma en su libro “Science Business”- es que no se ha sabido resolver satisfactoriamente, aún, la fuerte tensión existente entre los objetivos y requisitos de la investigación y las iniciativas comerciales biotecnológicas. Así, plantea para la biotecnología los tres planos en los que existen desafíos particulares a ser resueltos en la gestión de este tipo de iniciativas:

- a) Las grandes y persistentes incertidumbres asociadas a la ciencia exigen mecanismos que administren y recompensen la toma de riesgo. Obviamente que todo proyecto tiene sus propias dosis de riesgo e incertidumbre, sobre todo si éste se desarrolla en contextos que involucran tecnologías avanzadas. Sin embargo, en muchos de ellos, la tecnología ya está suficientemente madura como para garantizar una base sólida de posibilidades fácticas. En

25. Son ejemplo de ello tanto la Universidad de Columbia, que generó ingresos por más de u\$d 300 millones durante dos décadas por sus patentes en tecnología de ADN recombinante, como el Hospital escuela de Harvard, que ganó u\$d 46 millones en licencias en el año 2003.

los negocios de base científica no es así, ya que todavía hay dudas sobre la factibilidad tecnológica (¿se puede expresar esa proteína en una bacteria? ¿qué gen se relaciona con qué?, etc.). La biotecnología enfrenta altos riesgos, variadas incertidumbres y largos plazos de maduración. Para poder afrontar estos desafíos, es necesario contar con financiamiento y, para ello, es relevante el poder transformar el *knowhow* de la industria en un activo distinguible y transable comercialmente, para lo que hace falta volverlo apropiable y plausible de ser monetizado (aquí es donde intervienen los derechos de propiedad intelectual y se abre la puerta para la polémica entre la posibilidad de apropiarse algo que está en la naturaleza y la necesidad de financiar las iniciativas). La apropiación de la ciencia básica –objeto a ser comercializado en los nuevos emprendimientos de base científica– presenta dos complicaciones particulares: i) ciertos tipos de avances científicos no son plausibles de ser patentados (por ejemplo, los descubrimientos biológicos básicos); ii) los diversos modos de apropiación de la propiedad intelectual (patentes, secretos comerciales, marcas, etc.) son difíciles de aplicar en el marco de las rutinas y valores de la comunidad científica, donde se aspira a publicar los resultados y compartir los avances del conocimiento.

b) Las bases heterogéneas y complejas que componen el desarrollo científico de la biotecnología (por sólo mencionar algunos de los campos: biomedicina; biológica molecular; ciencias de la vida; genómica), plantean un desafío por la integración de estas lógicas. A pesar del esfuerzo sintetizador de esos términos identificando una tecnología determinada como base del cambio en curso, la realidad es que esa base es mucho más amplia. Resulta más acertado pensar a la biotecnología como una constelación de revoluciones científicas (en biología, bioquímica, química, computación y bioinformática, nano-física, ingeniería, varios campos de la medicina, etc.) que como una revolución única y concentrada.

Por ejemplo, el mundo de la investigación en medicamentos ha variado sustantivamente. Mientras en el pasado se concentraba en el campo de la química médica, actualmente incluye multiplicidad de áreas. Toda esta batería de nuevas herramientas ha abierto un conjunto de nuevas ventanas de oportunidad pero con un detalle no menor: cada una de las tecnologías nuevas permiten visualizar y solucionar problemas parciales dentro del complejo rompecabezas que implican los nuevos descubrimientos. Por ende, el gran desafío pasa por coordinar, complementar e integrar las diversas soluciones halladas, para dar una respuesta global. En el caso particular de la biotecnología, se añade que este conjunto de sub-disciplinas se encuentran transitando etapas madurativas incipientes. Por lo tanto, la dinámica de integración compleja que presenta la biotecnología establece el desafío por lograr articular el diálogo entre expertos de distintas áreas del saber para poder llegar a un destino común, para lo que es necesario

desarrollar un tipo de organización particular –que, a su vez, coincida con algún tipo de financiación específica.

c) El rápido ritmo de avance del conocimiento científico en un campo nuevo y en desarrollo como es el de la biotecnología implica asimilar una capacidad por aprendizaje acumulativo. El aprendizaje organizacional o, mejor dicho, el desarrollar organizaciones que aprendan es, a esta altura, un cliché del *management* moderno. En cualquier caso, esta idea, dentro de las empresas de base científica, toma toda una nueva dimensión. Al iniciar un emprendimiento de base biotecnológica son tan pocas las certezas que se tienen y es tan dinámico el proceso de cambio que está sucediendo debido al avance del conocimiento, que todo debe ser re-evaluado permanentemente; las decisiones deben ser revisadas reiteradamente para poder determinar qué seguir y qué descartar, con el agregado de que éstas deben tomarse en contextos inciertos y nebulosos, donde existen escasos antecedentes y experiencia, lo que garantizará que los errores sean rutinarios, no por incompetencia, sino por desconocimiento. Por lo tanto, el aprendizaje más relevante, es aquel que nos permita aprender del error y, a la vez, nos habilite a aprender a desaprender lo actuado (Johnson, 2009). En este caso, el aprendizaje es colectivo, y no sólo como un conjunto de aprendizajes individuales, experimentado por cada integrante del equipo, sino como un aprendizaje organizacional acumulativo. Parte quedará expresado en la memoria institucional escrita (manuales de procedimiento, etc.), pero gran parte será tácito, dado lo incipiente y dinámico del estado del arte.

Como plantean Khilji, Mroczkowski y Bernstein, las firmas biotecnológicas son únicas porque, no sólo enfrentan costos crecientes de I+D, competición global y adolecen de masa crítica suficiente como para aprovechar economías de escala, sino porque i) al basarse en ciencia, son más ágiles y menos adversas al riesgo que una gran farmoquímica, y sus innovaciones suelen ser más radicales que en otros rubros (es decir, se destacan más, a nivel individual, por obtener innovaciones radicales que por recorrer el sendero de las innovaciones incrementales); ii) representan conocimiento tácito, por lo que la generación/explotación económica de dicho conocimiento demanda una fuerte interacción basada en ciencia; las alianzas con otras firmas y/o universidades son parte de la rutina diaria, acelerando su acceso a capital y conocimiento, y dándoles mayor velocidad y flexibilidad de reacción ante las novedades que aparezcan; y iii) el tiempo que transcurre entre el establecimiento de la compañía y la aparición de ganancias es más largo que el promedio de cualquier otra industria –en promedio, todo el proceso biotecnológico, desde el descubrimiento hasta su comercialización, demanda unos 15 años–.

La innovación es la base de las pequeñas firmas biotecnológicas; es lo que les permite atender nichos de mercado con mayor eficiencia que sus competidores. Si

bien hace tiempo que se critica el modelo lineal para comprender el proceso innovador<sup>26</sup> (para alcanzar una innovación deben cumplirse todas las etapas del conocimiento previas, desde la investigación básica, pasando por la aplicada, para luego desarrollar el producto y recién allí lanzarlo al mercado como una innovación), ciertamente, en este tipo de sectores de base científica, el mismo está vigente y es el que mejor explica la evolución y funcionamiento de la dinámica de producción. Casi que sería la descripción de la función de producción de este tipo de empresas (Khilji, S.; Mroczkowski T.; y Bernstein B., 2006).

Quizás, justamente por su funcionamiento lineal, contrariamente a otras disciplinas, en relación a las actividades de I+D el aporte de fondos del sector público en esta rama se corresponde con la mayor parte del esfuerzo en investigación.<sup>27</sup> Los laboratorios públicos y las universidades son los grandes espacios donde se desarrolla la investigación de punta en biotecnología, tanto en salud como en actividades agropecuarias. Estos centros investigan y mueven la frontera, al mismo tiempo que son quienes forman los recursos humanos capacitados.<sup>28</sup> La actividad pública, sin embargo, no es inocua; según la línea a la cual destinen financiamiento, determinará qué actividad se desarrollará más rápidamente.

Por esta razón –la relevancia de la inversión pública en I+D–,<sup>29</sup> más el hecho de que las Universidades e Institutos Públicos son claves en el desarrollo del sector, es que es

importante revisar el estado de la ciencia en biotecnología. Para ello, en el próximo punto se hará una pequeña reseña sobre los recursos humanos con que cuenta cada país (en los casos que exista información), para luego pasar revista a la evolución de las publicaciones, como proxy de la producción científica en la materia, y a las patentes, para acercarse a la idea de cuánto de ese conocimiento producido es visto como un activo rentable y quién se está apropiando del mismo.

#### IV. OFERTA ACTUAL DE CONOCIMIENTO EN LA REGIÓN

En España, el personal dedicado a I+D (en equivalencia a jornada completa) en biotecnología, tanto pública como privada, se situaba para 2009 en torno a 22.000 personas<sup>30</sup> (según los datos del INE). Esta cifra significaba un aumento en más del 80% respecto a 2005, representando los investigadores públicos un 75% del total. Ello confirma la importancia que tienen los centros públicos de investigación como motor de la producción científica que sirve de base para las aplicaciones de la biotecnología.

España produjo el 2,4% en 2009 y el 3,0% en 2010 de todos los artículos científicos mundiales en Biociencias, y el 9,9% de la producción científica europea en 2010, situándose en el 4º lugar en el ranking de la Unión Europea (Genoma España, 2011).<sup>31</sup> Esto marca claramente un crecimiento en la investigación biotecnológica española, lo que augura un mayor conjunto de iniciativas plausibles de ser transformadas en emprendimientos privados o empresas de base biotecnológica.

En el caso de Brasil, el financiamiento público ocupa un lugar central en el desarrollo del sector privado en biotecnología. El 78% de las empresas lo utilizan, y ello muestra la importancia de la política científica, tecnológica y de innovación –el financiamiento con capital de riesgo es todavía poco: sólo el 14% de las inversiones de las empresas proviene de él– (Biominas Brasil, 2011).

En cuanto a la producción científica, medida en términos de programas/formación de posgrado en biotecnología, el número de graduados y profesores (Masters y PhDs) es significativo. En agronomía, se concentran alrededor de 8000 investigadores (considerando docentes y estudiantes); en salud animal (veterinaria) 3300; en bioquímica, ciencias farmacéuticas y farmacología 5100. Otras áreas son muy importantes también: genética (2000), enfermedades infecciosas (1600), inmunología y microbiología (1500) (Biominas Brasil, 2011). Por lo tanto, a pesar de contar con mayor cantidad de empresas en el

30. En la distribución del gasto en los centros públicos de investigación, el personal constituye aproximadamente el 60%.

31. Evidentemente, esta dinámica y producción científica se verán afectadas por los recortes presupuestarios que viene sufriendo el sector de I+D en España los últimos años como consecuencia de la crisis.

26. Antes de que se desarrollaran las modernas concepciones que resaltan la enorme complejidad de los procesos asociados a la innovación, predominaba el llamado “modelo lineal de innovación” -bien caracterizado por Kline y Rosenberg (1986)-. Allí, el cambio tecnológico se concibe como un proceso unidireccional que va desde la investigación básica (ciencia), al surgimiento de aplicaciones prácticas (innovación), continuando con la producción de nuevos bienes y servicios, para, finalmente comercializarlos. En otras palabras, aquí se supone que la innovación es simplemente ciencia aplicada -idea que responde bastante acabadamente al “saber común” con relación al tema- y que las condiciones que permiten su transformación en productos o procesos comercializables son relativamente sencillas. Un reflejo de esta concepción es la distinción entre invención, innovación y difusión como tres actos o etapas claramente separables y bien definidas. La invención sería una actividad creativa aislada del proceso productivo y cuyo impacto se deriva de las etapas siguientes de innovación y difusión. La innovación, en tanto, consistiría en la primera introducción comercial exitosa de un invento, cuyas características técnicas básicas ya se encontraban plenamente definidas. A su vez, la difusión se entiende como una actividad similar, en esencia, a la copia, encarada por los imitadores de la firma que originalmente introdujo la innovación en cuestión. Claramente, el proceso biotecnológico presenta mayores dificultades; sin embargo, este modelo lineal es una descripción simplificada bastante certera sobre la función de producción de las iniciativas biotecnológicas modernas.

27. EE.UU. explicó más del 80% del gasto público en I+D en biotecnología registrado en 2005 (para ese año, el gasto público norteamericano en biotecnología en salud era cuatro veces el gasto sumado de 25 países integrantes de la UE); el gasto privado global es menor que el público y, en este caso, USA concentra un poco más del 65%. Las previsiones marcan que esta preponderancia de USA no se va a modificar (básicamente gracias a su industria de la salud), aunque también señalan un crecimiento importante por parte de las economías emergentes (principalmente Brasil, China e India en agricultura, con cierta lógica por las demandas crecientes de su población).

28. Se verifica un incremento notable en formación de RRHH por parte de múltiples países (entre los que se destacan varios emergentes, con China e India escalando posiciones los últimos años).

29. La región no cuenta con grandes empresas globales en biotecnología que puedan sostener por sí solas la inversión necesaria para llevar adelante investigaciones de punta -todavía, ya que algunas iniciativas, acompañadas por las adecuadas políticas gubernamentales, podrían ir en ese sentido- lo que demanda la participación activa de la inversión pública para sostener los proyectos de I+D.

área asociado a salud, los recursos científicos se encuentran mayormente concentrados en áreas relacionadas con la producción primaria (agricultura y salud animal).

El trabajo en colaboración con universidades y centros de investigación es una de las características de las empresas de biotecnología de Brasil. El 95% de éstas tienen algún tipo de relación con aquellas. Del total, aproximadamente el 70% tiene una relación formal con universidades o centros de investigación. A su vez, cabe mencionar que para el 77% de las empresas el objetivo de esta asociación es el desarrollo conjunto de productos o procesos. Adicionalmente, más de la mitad de estas compañías utiliza la infraestructura de estas instituciones (laboratorios o equipos) y 44% contrata servicios especializados. Estos datos confirman el rol central que juegan las universidades y los centros de investigación en el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector privado en Brasil (BrBiotech Brasil, 2011).

Por su parte, en México se desempeñan aproximadamente 3100 investigadores en las áreas de biotecnología y biociencias aplicadas, agrupados en 185 programas de posgrado e investigación en los que se desarrolla investigación científica y formación de maestros o doctores en ciencias -solamente 1000 se dedican tiempo completo a la biotecnología como actividad principal- (Trejo Estrada, 2010). Existen 542 programas educativos en biotecnología y biociencias aplicadas, o en áreas relacionadas con la biotecnología; el 46% correspondieron a programas de nivel de licenciatura; el 32% a programas de nivel maestría; el 18% a doctorado, y sólo el 4% al nivel de Técnico Superior Universitario (TSU). (Bolívar Zapata F, 2003).

Según un estudio del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT 2004) sobre los programas de posgrado para la formación en biotecnología, Colombia contaba en el primer quinquenio del siglo con 16 doctorados y 50 maestrías. En la perspectiva de capacidad científica y tecnológica medida a través de las unidades de investigación, investigadores y proyectos de biotecnología moderna, Colombia presentaba 184 unidades de investigación y 1007 investigadores relacionados a 678 proyectos.

Los centros de investigación en biotecnología en Colombia se distribuían en su inmensa mayoría entre las instituciones de educación superior (113, representando el 61,4%), y las instituciones y organizaciones sin fines de lucro (con 45, son el 24,5%). El resto se repartía entre el Gobierno (con 12, siendo el 6,5 %) y empresas privadas (14 centros, que significaban el 7,6%). El 54% de los grupos y centros en Colombia trabajan en biotecnología agropecuaria, mientras que el resto se reparte en salud humana, animal, problemas ambientales e industriales (González C. et al, 2010).

Actualmente, la biotecnología en Chile abarca una amplia gama de sectores gracias al Programa Biotecnológico de InvestChile (Conicyt, 2012). Hoy en día en Chile existen

215 grupos de investigación que se encuentran en los diversos ámbitos de la biotecnología. Éstos trabajan en el marco de 61 instituciones, incluyendo universidades, entidades del sector público y centros privados de investigación.

El caso de Cuba merece un comentario aparte. El Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) concentra las actividades de Investigación y Desarrollo, de producción y de comercialización de productos biológicos. Según su propia definición, su impacto está destinado a la salud humana, las producciones agropecuarias, acuícolas, y al medio ambiente. En la Dirección de Investigaciones Biomédicas (IBM) del centro trabajan en más de 20 proyectos encaminados a la obtención y desarrollo de productos biomédicos 200 trabajadores: el 41% de los investigadores ostenta el grado de Doctor en Ciencias y el 37% el de Máster en Ciencias. En lo referido a las investigaciones agropecuarias, cuenta con un Departamento de Plantas y uno de Biotecnología animal ([www.cigb.edu.cu](http://www.cigb.edu.cu)).

Un reciente trabajo de relevamiento sobre los recursos biotecnológicos en la Provincia de Buenos Aires, en Argentina, estimaba que existían, para 2011, más de 600 proyectos de investigación en marcha con más de 3500 investigadores abocados a ello (Anlló, Bisang y Gutti; 2013) en dicha provincia -la de mayor concentración poblacional y de investigadores-. Sendos informes para las otras dos mayores provincias del país, Córdoba y Santa Fe, también señalan una gran cantidad de proyectos de investigación. En Santa Fe, el estudio identificó 192 proyectos llevados adelante por 75 equipos de investigación que aglutinaban, aproximadamente, a unos 450 investigadores en el año 2010 (Stubrin, 2012a); mientras que en Córdoba se identificaron aproximadamente 200 investigadores involucrados en 259 proyectos de investigación (Stubrin, 2012b). Por otra serie de indicadores, podría aseverarse que esta información representa el 80% del total para el país, por lo que podría estimarse que Argentina, para el año 2010, contaba con más de 5000 investigadores trabajando en más de 1300 proyectos de investigación biotecnológica.

Todo este conjunto de grupos de investigación y proyectos se traducen en resultados. Por ende, a continuación se pasa revista a la producción científica en biotecnología de Iberoamérica en términos de citas bibliográficas y patentes.

## **PUBLICACIONES CIENTÍFICAS**

El Informe “La biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias”, publicado en el Estado de la Ciencia 2009, realizaba un exhaustivo relevamiento de la evolución de las producciones científicas –medida en publicaciones y citas realizadas– en biotecnología. Todas las tendencias allí señaladas han continuado, reforzando los horizontes que se vislumbraban. Aquel informe contaba con información hasta el año 2008, en el que el total de las publicaciones en biotecnología registradas en

el SCI alcanzaban a 62.472. La actualización de esa información<sup>32</sup> muestra que en 2012 ese conjunto alcanzó a un total de 81.843 documentos (**Gráfico 2**).

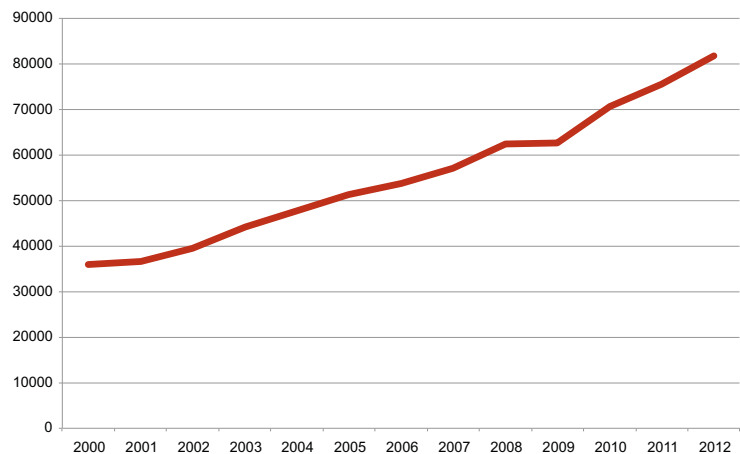
Si se observa a nivel global, las publicaciones en biotecnología han crecido mucho más que la producción científica general; así, mientras que las citas en publicaciones científicas en su conjunto crecieron entre 2000 y 2012 un poco más de un 50% -lo cual también señala la dinámica ascendente de la producción de conocimiento científico globalmente-, las destinadas específicamente a cuestiones relativas a biotecnología lo hicieron en casi un 130% (**Gráfico 3**).

Este crecimiento se explica, principalmente, por la dinámica de publicación de los dos primeros países: EE.UU. con un crecimiento superior al 75% durante ese período (principal país en cantidad de citas en publicaciones, con casi 25.000 en el 2012), y la muy significativa aceleración de la capacidad de producción y publicación de China, quien pasó a ocupar la segunda posición en número de publicaciones (con casi 15.000 en 2012) incrementando su presencia en la SCI en más de 15 veces en estos últimos 12 años. Japón, Alemania e Inglaterra completan el podio de los países con mayor cantidad de publicaciones -todos ellos rondando las 5000 publicaciones el último año- (**Gráfico 4**).

En este sentido, es válido destacar que Iberoamérica también ha participado de este fenómeno ascendente, más que duplicando su producción científica (pasando de menos de 2000 publicaciones a más de 7000 en los últimos 12 años) y escalando posiciones aproximándose a los principales países. En este caso, el incremento en el ratio de citas en publicaciones ha sido generalizado, aunque se destacan -por la gran cantidad de publicaciones- los dos principales países en términos de esfuerzo científico: España (con casi 3000 citas) y Brasil (con casi 2000) -nótese que no son valores tan alejados de los del pelotón de cola del top cinco a nivel global, los que, de mantenerse la tendencia, serían rápidamente alcanzados por estos dos países-. El podio de los cinco primeros países iberoamericanos lo completan Portugal, México y Argentina (en ese orden), todos con citas en publicaciones en torno a 500 (**Gráfico 5**).

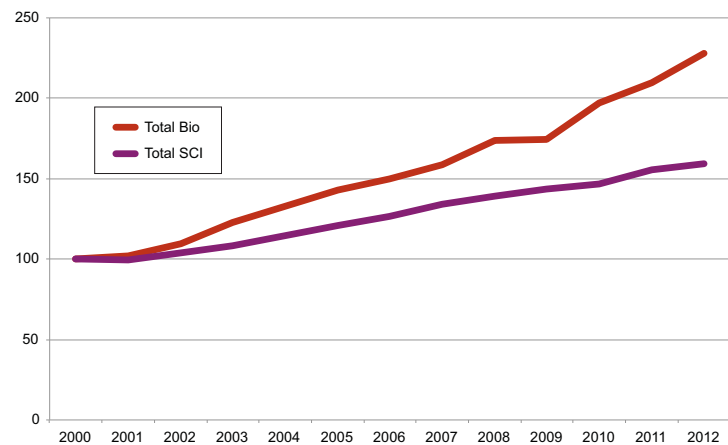
32. Para la actualización se replicó la estrategia de búsqueda utilizada en el informe mencionado, basada en las técnicas incluidas en la definición de biotecnología de la OCDE.

**Gráfico 2. Total de publicaciones en biotecnología (SCI)**



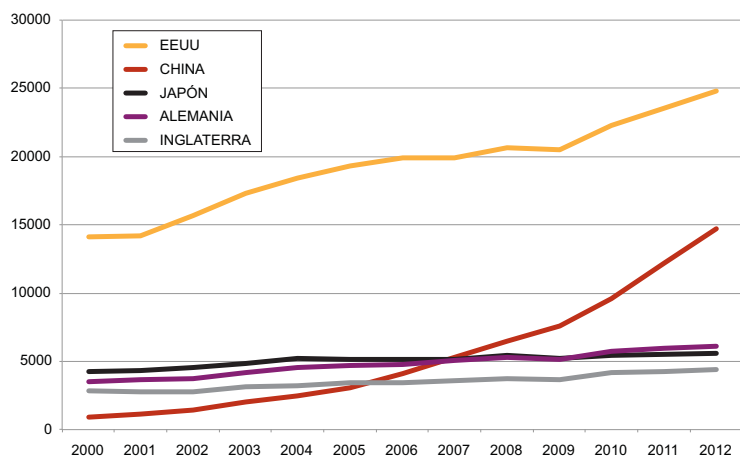
Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

**Gráfico 3. Total de publicaciones en SCI y biotecnología (Base 2000=100)**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

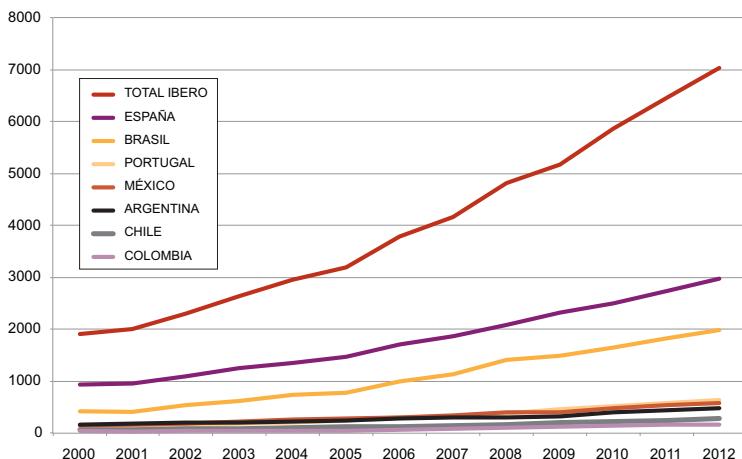
**Gráfico 4. Publicaciones en biotecnología de los principales países del mundo.**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

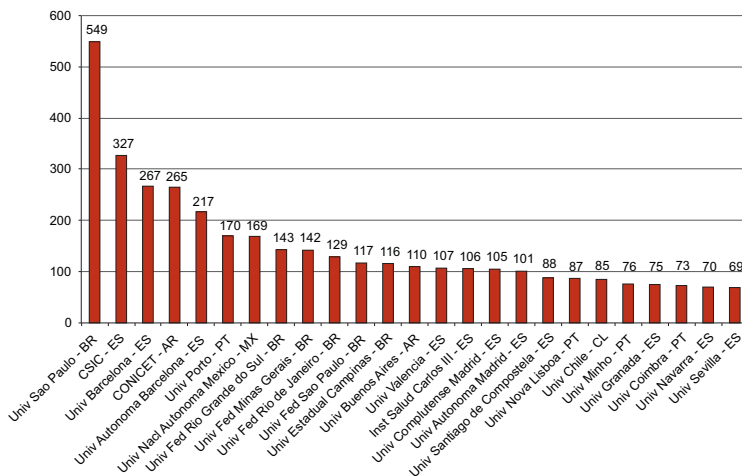


**Gráfico 5. Publicaciones en biotecnología de los principales países iberoamericanos.**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

**Gráfico 6. Producción en biotecnología de las principales instituciones iberoamericanas**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

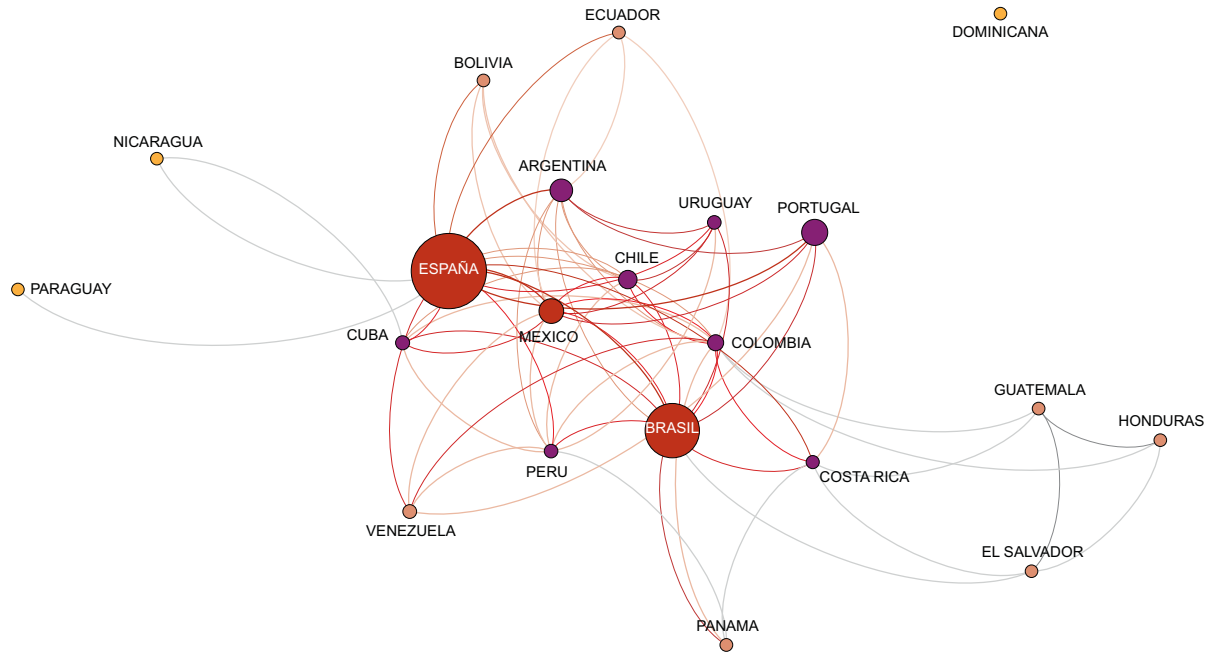
Cuando se desagregan las publicaciones por institución de origen, sorprendentemente, no es una institución española la primera del ranking para el año 2012, sino la Universidad de San Pablo (USP), Brasil, la que participa en casi un cuarto del total de publicaciones de ese país. Siguiendo en el análisis por instituciones, se observa que la producción científica se encuentra bastante concentrada. En Brasil, las cinco primeras instituciones (todas Universidades del sur del país) explican más de la mitad de la producción científica; en Chile, la Universidad de Chile, y en México, la Universidad Autónoma, explican casi un tercio de la producción; en Argentina, el CONICET representa más del 50% de las citas bibliográficas –esta fuerte concentración permite que el CONICET se ubique entre las primeras cinco instituciones académicas en producción científica en la región que, junto al CSIC (quien ocupa el segundo lugar), son las únicas entidades que no son universidades dentro de las primeras 25 instituciones por producción bibliométrica-

En España y Portugal (1º y 3º país en término de citas bibliográficas), en cambio, si bien son países con muchas publicaciones, las mismas aparecen más repartidas entre distintas entidades, marcando una menor concentración institucional (probablemente, exista una mayor competitividad entre los diversos grupos y, la posibilidad de establecer redes en Europa les permita no tener que concentrar toda su producción en pocas entidades) (Gráfico 6).

En este sentido, en términos de redes y vinculaciones de 2012, utilizando las co-publicaciones como proxy de la colaboración en la producción científica, se puede observar que Iberoamérica conforma una “constelación planetaria” con dos “soles”: España y Brasil. A su vez, aquellos países que más publican –el tamaño del círculo está en relación a la cantidad de documentos- tienden a tener mayores relaciones entre sí, siendo España quien mayores colaboraciones con los demás países presenta (Gráfico 7).

De forma un tanto previsible, cuando se desglosa por co-publicaciones entre instituciones en 2012, en cambio, se observa una tendencia fuerte a colaboraciones intra-países, y un menor flujo inter-países. En cualquier caso, lo que si se mantiene es la mayor vinculación entre los nodos mayores, los que terminan funcionando como soles o planetas mayores que atraen a sus órbitas a los de menor tamaño (Gráfico 8).

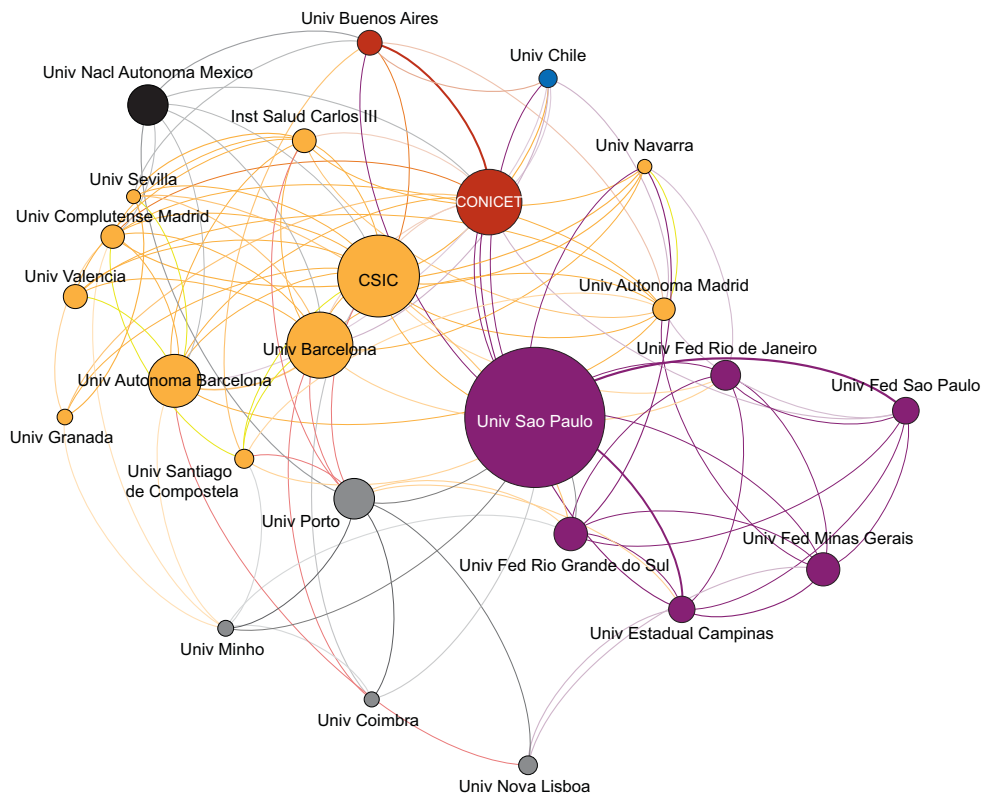
**Gráfico 7. Red de colaboración en la biotecnología iberoamericana (2012).**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

Nota: El tamaño de los nodos da cuenta de la cantidad de publicaciones. El color señala la cantidad de lazos que establece cada país (grado): rojo para mayor intensidad de relaciones, gris para menor intensidad.

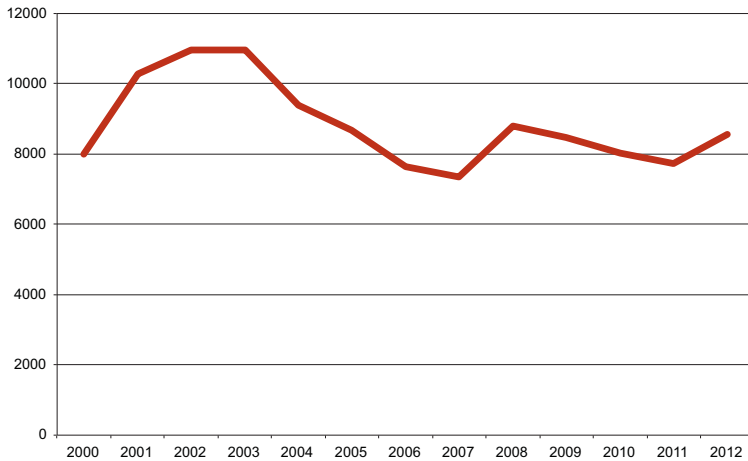
**Gráfico 8. Red de colaboración institucional en la biotecnología iberoamericana (2012)**



Fuente: RICYT, en base a datos de SCI-WOS

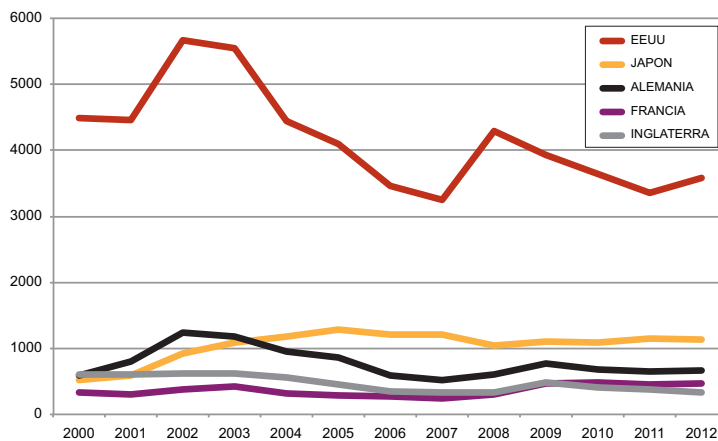
Nota: Se incluyen las 25 instituciones de mayor producción. El tamaño del nodo representa la cantidad de publicaciones. Los colores agrupan señalan países de pertenencia (rojo: Argentina, violeta: Brasil, gris: Portugal, naranja: España, negro: México y azul: Chile).

**Gráfico 9. Patentes PCT publicadas en biotecnología**



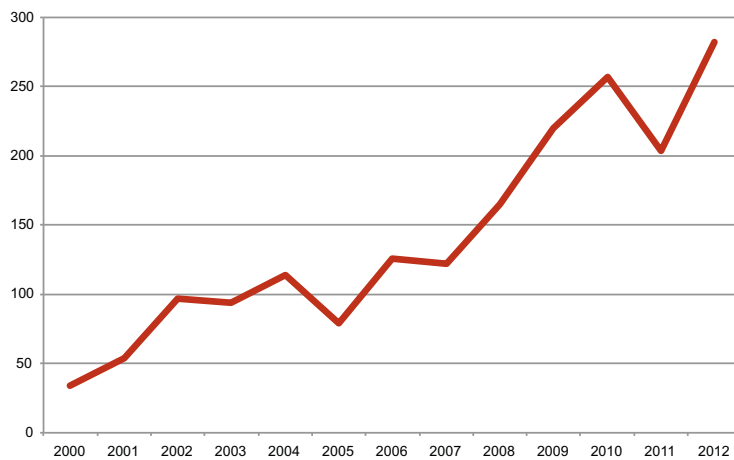
Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

**Gráfico 10. Principales países en la titularidad de patentes PCT publicadas en biotecnología**



Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

**Gráfico 11. Patentes PCT de titulares iberoamericanos publicadas en biotecnología**



Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

## PATENTES

Como ya señalara oportunamente el informe “La biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias”, publicado en el Estado de la Ciencia 2009,<sup>33</sup> a nivel mundial las patentes publicadas por la OMPI en el marco del convenio PCT en biotecnología (utilizando la definición de patente biotecnológica de la OECD) oscilan anualmente en torno a las 8000 -con una variabilidad menor a mil, salvo para el período de auge entre 2001 y 2003, donde los registros superaron la barrera de las 10.000 publicaciones (**Gráfico 9**).

A nivel mundial, EE.UU. es el principal titular de las mismas.<sup>34</sup> Completan los cinco principales países en términos de titularidad, Japón,<sup>35</sup> Alemania,<sup>36</sup> Francia e Inglaterra<sup>37</sup> (**Gráfico 10**). Asimismo, como también se remarcará en dicho informe, los cinco primeros países en términos de titularidad de patentes, también son los primeros cinco en términos de publicaciones (con la excepción de China, segundo en publicaciones). Esta correlación no haría más que reafirmar la dependencia de la investigación para poder obtener resultados plausibles de transformarse en innovaciones (en la lógica del modelo lineal de innovación).

En ese escenario de cierta estabilidad, Iberoamérica pasó de ser titular del 0,4% del total de patentes publicadas en el año 2000, a superar el 3% en el 2012 (en base a un incremento sostenido en el tiempo en sintonía con lo sucedido en publicaciones), dando lugar a una perspectiva optimista sobre el futuro del sector (**Gráfico 11**). Sin embargo, a pesar de que la mayoría de los países han experimentado un movimiento ascendente en el desarrollo del sector, el mismo se encuentra fuertemente concentrado por los dos países con mayor presencia en el sector; España y Brasil –quienes, a su vez, poseen los mayores sistemas científicos de Iberoamérica-.

33. Para ampliar en cuestiones técnicas sobre la lectura e interpretación de las patentes, se recomienda leer las aclaraciones metodológicas que se realizan en el informe “La biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias”, publicado en el Estado de la Ciencia 2009 ([www.ricyt.org](http://www.ricyt.org)).

34. Aunque en declinación constante, pasando de explicar más del 50% de las mismas a inicios del milenio, para ser hoy apenas un poco más del 40% del total.

35. Del 2002 en adelante con registros que varían en torno a las 1000 patentes.

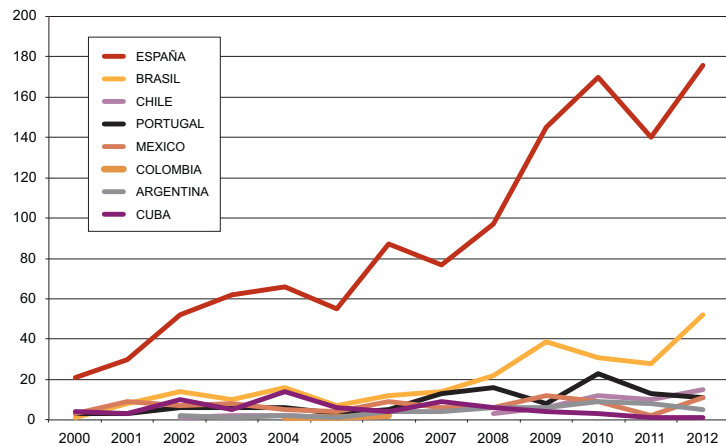
36. Luego del boom de inicios de milenio se estabilizó los últimos años en torno a las 600 patentes.

37. Intercambiando posiciones en el cuarto y quinto lugar (a comienzos de la década del 2000, Inglaterra ocupaba el segundo lugar, pero desde ese momento viene declinando su patentamiento, y hoy registra la mitad de lo que hacía en aquellos años, mientras que Francia ha venido incrementando su participación lenta, pero sostenidamente).

Cerca del 80% de las patentes iberoamericanas las explican España (registrando por encima del 60% del total durante casi todo el período), y Brasil (explicando un poco menos del 15% del total registrado, aunque ganando participación los últimos años). En el acumulado de estos 12 años, si se suman Portugal (6,3% del total) y México (4,9%), se tiene el 90% del total de patentes con titularidad en Iberoamérica. Si en lugar de observar el acumulado se presta atención a la dinámica de los últimos años, se destaca Chile, quien registra un incremento en su tasa de patentamiento anual en biotecnología, pasando a ocupar el tercer lugar de patentes registradas en el año 2012 -debajo de España y Brasil- (Gráfico 12).

Merecen mencionarse dos casos particulares que, por sus características individuales y antagónicas entre sí, llaman la atención. Por un lado, el caso de Cuba que en el acumulado completa el podio de los cinco primeros países titulares de patentes en la región (con 70 registros). Dadas las particularidades del sistema de investigación cubano, estos registros contribuyen a que la segunda entidad con mayores títulos de patente en su poder sea el CIGB. Al mismo tiempo, la relación entre nacionalidad del inventor y del titular de la patente registrada es de casi una. En el otro extremo, Argentina, que figura séptima en el total acumulado de titularidad de patentes biotecnológicas, aparece en el tercer lugar según los inventores (muy cerca de Brasil), lo que hace que la relación titularidad e inventores sea la más elevada de la región (10 inventores argentinos por cada titular de patente con esa nacionalidad), duplicando a su seguidor. Los valores de este ratio (entre nacionalidad de inventor y nacionalidad de titular), en general, son bastante elevados y llamativos para toda Latinoamérica, señalando una buena capacidad inventiva (en este caso, sobre todo, de investigación en biotecnología), pero una poca capacidad empresarial para transformar el descubrimiento científico en un negocio próspero y afincado territorialmente en los países latinoamericanos, siendo el caso argentino el extremo de tal situación. Este aspecto debería ser atendido por los gobiernos, ya que se están realizando fuertes esfuerzos en materia de formación de recursos humanos y financiamiento de proyectos, y los frutos de dicha inversión social parecerían estar siendo aprovechados (y madurados) en otras latitudes. Estas características llevan a plantear la siguiente hipótesis: los problemas no residirían en la política científica y tecnológica sino, más bien, en las condiciones para –o ausencia de- la

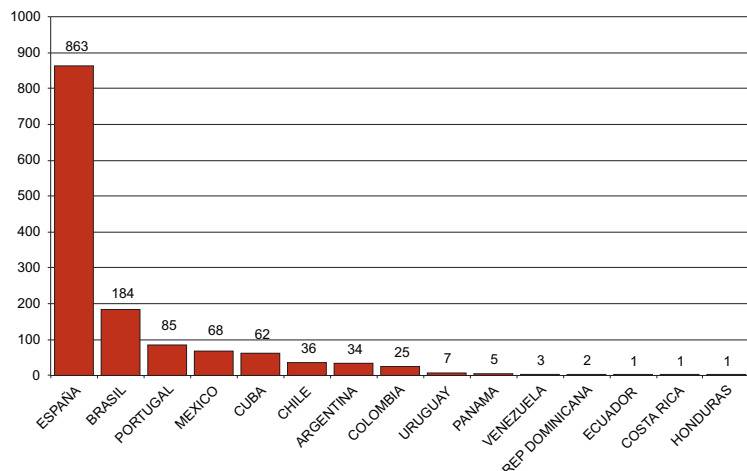
Gráfico 12. Principales países iberoamericanos en la titularidad de patentes PCT publicadas en biotecnología



Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

64

Gráfico 13. Patentes PCT de países iberoamericanos (acumulado 2000-2012)



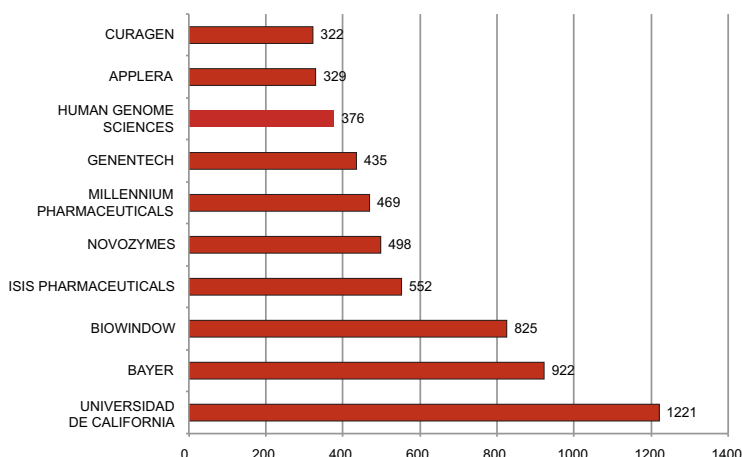
Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

creación de empresas, es decir, para un óptimo “clima de negocios”.

En términos de titularidad, la institución que más patentes posee a nivel global es la Universidad de California –reafirmando así la noción del estrecho vínculo entre investigación y oportunidad comercial-. Detrás de ella, se ubican 9 empresas relacionadas con el campo de la farmacéutica y la salud humana, en las que, si bien predominan las de origen norteamericano, dado su carácter de multinacionales y la sucesión de adquisiciones y fusiones que están sucediendo, es difícil distinguir la nacionalidad del capital y sus propietarios. Por ello, quizás resulte más significativo observar que sus comienzos están ligados a la ciencia, tanto las de reciente formación como las de más larga data<sup>38</sup> (Gráfico 14).

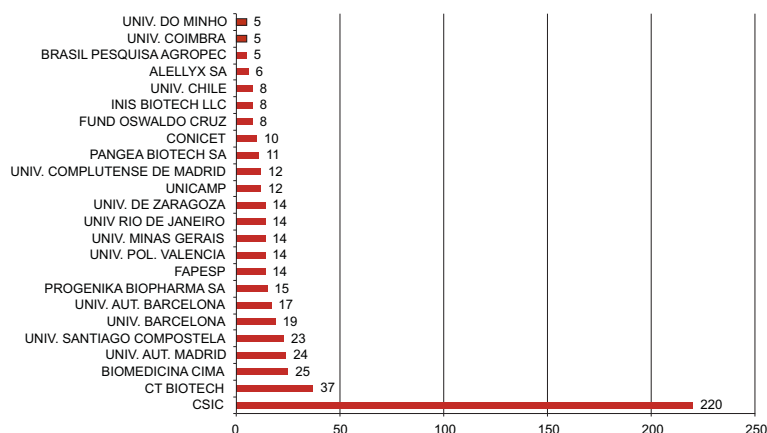
En contraposición, en Iberoamérica, la principal institución en términos de titularidad, muy lejos de su seguidor inmediato, es el CSIC de España (que registra más de 200 patentes, mientras que el segundo no llega a 30). Asimismo, también se destaca que, mayoritariamente, los titulares de las patentes son universidades (7 españolas, 3 brasileras y una chilena) o instituciones científicas (a la CSIC de España, se suman la FAPESP y FIOCRUZ de Brasil, más el CONICET de Argentina). Por lo tanto, entre las primeras 20 entidades en términos de titularidad de patente, sólo se encuentran 6 empresas –y no entre las diez primeras- (3 españolas, una argentina y otra brasileras)<sup>39</sup> (Gráfico 15).

**Gráfico 14. Principales titulares de patentes PCT en biotecnología a nivel mundial (acumulado 2000-2012)**



Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

**Gráfico 15. Principales titulares iberoamericanos de patentes PCT en biotecnología a nivel mundial (acumulado 2000-2012).**



Fuente: RICYT, en base a datos de OMPI

38. Las empresas que, junto a la Universidad de California, conforman los diez principales titulares de patentes, si no son ya grandes empresas constituidas que, en los últimos años, viraron hacia la biotecnología (como Bayer y Novozymes), son compañías de reciente creación (GENENTECH, considerada la pionera en la moderna biotecnología, tiene 35 años), que están siendo adquiridas o se están funcionando con grandes empresas (grandes laboratorios, mayoritariamente). Así, Human Genome Science fue adquirida en el 2012 por GlaxoSmithKline; CuraGen fue absorbida por Celldex Therapeutics en 2009, mismo año en el que GENENTECH pasó a ser parte del grupo ROCHE; Millennium Pharmaceuticals –creada originalmente en el año 1993, en Cambridge, Massachusetts-, fue adquirida en el 2008 por Takeda Pharmaceutical. Applera, es un contra caso, ya que nace como un desprendimiento de la división de ciencias de la vida de la corporación Perkin-Elmer –en el año 1999 ésta última es adquirida por una empresa tecnológica multipropósito a la que no le interesó la división-. Finalmente, quedan dos casos paradigmáticos que continúan independientes: Isis Pharmaceuticals, creada en 1989 con sede en San Diego, que es proveedora de casi todos los grandes laboratorios farmacéuticos, y Biowindow, que fue fundada en 1998 y tiene base en Shanghai.

39. Es interesante remarcar que la empresa brasileras, Alellyx SA, especializada en el estudio de la caña de azúcar, fue adquirida en el 2008 por Monsanto. Al mismo tiempo, dos de los emprendimientos privados son los “comercializadores” de las patentes generados en laboratorios privados de investigación (INIS, de la Fundación Leloir en Argentina, y CIMA, del Centro de Investigaciones en Medicina Aplicada de Pamplona, Navarra, en España).

La presentación realizada de manera estilizada de la oferta actual de conocimiento en biotecnología en la región permite confirmar el rol estratégico de los sistemas científicos en la producción de conocimiento y en el establecimiento de las bases del potencial sistema empresarial de la bioeconomía en la región.

## V. REFLEXIONES FINALES

Si las proyecciones sobre crecimiento demográfico y sustentabilidad del modo de vida actual se verifican en el futuro, entonces, Iberoamérica tiene una oportunidad única -en perspectiva histórica-.

La superpoblación, el crecimiento de la clase media global, y la presión sobre la demanda de recursos naturales por los hábitos de consumo existentes acelerarán el surgimiento del próximo paradigma tecnológico, el cual deberá dar respuesta a estos desafíos. Evidentemente, parte de la solución vendrá de la mano de las innovaciones biotecnológicas (lo que resta saber es si serán todas de ese origen o si el paradigma a conformarse tendrá otros componentes más relevantes, como ser la nanotecnología y los nuevos materiales), por lo que es lógico pensar que la bioeconomía tendrá un rol muy importante en el marco de las políticas y previsiones gubernamentales.

Las anteriores revoluciones tecnológicas (siguiendo la descripción realizada por Freeman y Soete), estuvieron basadas en procesos y cambios fuera de la región.<sup>40</sup> Esta vez, existe una característica tecnológica asociada a lo biológico que establece una necesidad de localización: el territorio importa, en tanto y en cuanto los climas, suelos y ambientes son únicos y particulares a cada lugar. En este sentido, Iberoamérica presenta una larga experiencia en el tema. La península Ibérica con una milenaria tradición en la producción de alimentos –que va desde las plantaciones de vides, olivos y frutales, hasta la elaboración de aceites, vinos y otros alimentos-, junto a los países latinoamericanos con una fuerte raíz e historia agrícola y siglos de adaptación de especies y variedades a las condiciones ambientales de la región, posicionan a estos países en el lugar de potenciales proveedores de materias primas renovables al resto del mundo. De hecho, las proyecciones de FAO predicen que para los próximos veinte años la única región con capacidad de exportar –y abastecer- productos agrícolas será Sudamérica.

Sin embargo, si bien se trata de una ventaja relativa adquirida, la abundancia e historia evolutiva en términos de recursos naturales de origen biológico por sí sola no llega a constituir una condición necesaria para poder participar en la revolución biotecnológica. La condición necesaria es contar con equipos y laboratorios de investigación en biotecnología. Como se vio en el presente documento, la función de producción biotecnológica moderna demanda necesariamente iniciar el proceso en el laboratorio, si se espera obtener algún producto al final del proceso. Por ello, es importante saber con qué recursos científicos se cuenta en estas disciplinas –aquellas vinculadas a la biotecnología moderna- y conocer su evolución reciente. En este sentido, un indicador positivo para la región lo constituye la creciente participación de Iberoamérica en la producción de conocimiento asociado a la biotecnología y la existencia de numerosos y diversos grupos de investigación.

Al mismo tiempo, como toda condición necesaria, no es suficiente. Lo que hace falta para poder ser protagonistas del cambio por venir es poseer empresas grandes que se vuelvan agentes relevantes a escala global en los nuevos modos de producción. Es aquí donde se presenta el mayor desafío a la región. Si bien hoy se cuenta con incipientes y crecientes iniciativas de pequeña escala –las empresas de base biotecnológica-, el grueso del negocio se relaciona con grandes corporaciones, las que hoy, todavía, pertenecen a otros países.

La región está llamada a jugar un rol relevante en el próximo paradigma tecnológico. Las características que tendrá su participación, todavía está por verse. Para que esa relevancia se vuelva determinante y el control –o rol a interpretar- no quede supeditado a las decisiones de otros agentes, será necesario el desarrollo de emprendimientos de gran escala localizados en su territorio –de preferencia, con dueños de la región-. Para ello hace falta diseñar buenas políticas públicas y de gobierno (incluso, a escala regional). Parte de esas políticas debe consistir en continuar financiando la investigación en temas relativos a la moderna biotecnología, comenzar a ser más selectivo en la orientación de las investigaciones y acompañar –y en algunos casos, de ser necesario, generar- el surgimiento y crecimiento de empresas de base biotecnológica. Es ahí donde se encuentra la gran oportunidad, el gran desafío, para las próximas décadas.

40. La primera revolución tecnológica, fue la revolución industrial (1780-1840), con predominancia del Reino Unido, y se vinculó a la industria textil; la segunda (1840-1890), hizo eje en la aparición del motor a vapor y el ferrocarril, sumando al Reino Unido otros países europeos y a EE.UU.; la tercera (1890-1940), fue la era del acero y la electricidad, marcando el cambio de eje como principal potencia mundial a EE.UU.; la cuarta (1940-1990), fue la consolidación del modelo americano de vida y producción, con las producciones masivas asociadas al automóvil, los electrodomésticos y materiales sintéticos; y la última, hasta ahora, (desde 1990 en adelante), relacionada con la revolución en las tecnologías de la información y la comunicación (la microelectrónica), abriendo la puerta a los países del sudeste asiático (Freeman y Soete; 1997).

## Bibliografía

Anlló, Bisang y Gutti (coord.); (2013). "Relevamiento de la infraestructura biotecnológica en la Provincia de Buenos Aires"; Documento Electrónico, UNQ (en prensa).

ASEBIO (2012). "Situación y tendencias del sector de biotecnología en España. Informe ASEBIO 2012".

Biominas, Brasil (2011). "The Brazilian life science industry. Pathways for growth "

Bisang, Illescas, Pontelli, Tarraborelli y Tejada Rodríguez (2013). "Argentina y las cadenas globales de valor agroalimentarias"; Cap. 7 (pp.285-330), del libro Claves para Entender el Agro Argentino, coordinado por Anlló, Bisang y Campi. EUDEBA.

Bolivar Zapata F (2003). "Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI. Retos y oportunidades". CONACYT.

BRBIOTEC Brasil (2011). "Brazil Biotech Map 2011".

Corfo (2008). "Biotechnology and life science in Chile".

Ernst&Young (2012). "Beyond borders. Global biotechnology report 2012".

FAO (2009). "How to feed the world in 2050". [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_World\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf)

Freeman, C. y Soete, L. (1997) The economics of Industrial Innovation; Third Edition; MIT Press.

Genoma España (2011) "Relevancia de la Biotecnología en España"

Gonzales C. et al (2010) "La biotecnología como visión de empresa". Facultad de Ciencias Agropecuarias, Vol 8.No 1. Enero-Junio 2010.

InvestChile (2012) "Investigadores en Empresas. El camino a la innovación".

Johnson, Björn; "Aprendizaje institucional"; Capítulo 2; en Sistemas Nacionales de Innovación. Hacia una teoría de la innovación y el aprendizaje por interacción., Bengt-Ake Lundvall (editor), UNSAM EDITA, 2009.

Khilji, S. E., Mroczkowski, T., & Bernstein, B. (2006). From Invention to Innovation: Toward Developing an Integrated Innovation Model for Biotech Firms\*. Journal of product innovation management, 23(6), 528-540.

Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). Innovation: an overview. The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth, National Academic Press, Washington DC, 275-307.

McKelvey, M. (2008). "Health Biotechnology: Emerging Business Models and Institutional Drivers", [www.oecd.org/dataoecd/12/29/40923107.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/12/29/40923107.pdf).

OECD (2005). "A Framework for Biotechnology Statistics"

OECD (2009). "The Bioeconomy of 2030".

Ortín et al (2007). "El spin-off universitario en España como modelo de creación de empresas intensivas en tecnología". Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. España.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. Research policy, 13(6), 343-373.

Pérez C. (2010); "Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales"; Revista de la CEPAL No 100, (2010). <http://www.carlotaperez.org/download/RVE100Perez.pdf>

Pisano, G. P. (2006). The science business: The promise, the reality, and the future of biotech. Harvard Business Press.

Pisano, G. P. (2010). The evolution of science-based business: innovating how we innovate. Industrial and Corporate Change, 19(2), 465-482.

RICYT (2009), "La biotecnología en Iberoamérica: situación actual y tendencias", El Estado de la Ciencia 2009, RICYT/REDES

Stubrin, L. (2012a), "Biotecnología en la Provincia de Santa Fe: el sector científico técnico". Documento de proyecto. CEPAL, UN, LC/BUE/W.61

Stubrin, L. (2012b), "Mapa biotecnológico de la Provincia de Córdoba". Documento de proyecto. CEPAL, UN, LC/BUE/W.59

Trejo Estrada, S. Coord. (2010) "La biotecnología en México: situación de la biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo". Estudio realizado por el Centro de Investigación en Biotecnología aplicada del IPN (Instituto Politécnico Nacional)

Vision 2050 (2010). Visión 2050: Una agenda para los negocios. World Business Council for Sustainable Development. <http://www.wbcsd.org/pages/edocument/edocumentdetails.aspx?id=219>

## Otros materiales consultados para la realización de este trabajo

Bisang R.; Campi M. y Cesa V. (2009) "Biotecnología y desarrollo". Documento de proyecto. CEPAL, UN.

Capdevielle F., Chabalgoity, A. y Silveira R. (2008). "Biotecnología: promoviendo la innovación en los sectores farmacéutico, agroindustrial y de salud humana y animal".

PENCTI. (Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación; Uruguay)

March Chorda, I. (2007) "Modelos de negocio en las empresas de biotecnología: Análisis comparativo entre España y los países líderes". Journal of Technology, Management and Innovation. Vol. 2.1.

PROCISUR (2012). "Informe Anual 2012".

Solleiro-Rebolledo, J.L. et al (2009). "La Biotecnología Agropecuaria en América Latina. Una Visión Cuantitativa" IFPRI.

Stezano Pérez. F. (2011). "Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México. Estudio de caso sobre las vinculaciones tecnológicas entre investigadores de INVESTAV Irapuato y LANGEPIO y empresas del sector agro-biotecnológico"; en Estudios Sociales, Enero-Junio 2012 Vol. 20 Num.39.

### Sitios web consultados

www.cabiotec.com.ar  
www.consorciinnovador.com.ar  
www.redbioargentina.org.ar  
www.cenibiot.gov.cr  
www.iibunsam.edu.ar  
www.observatorioocts.org  
www.redalyc.org  
www.ines.es  
www.inia.es  
www.agrobiomexico.org.mx  
www.promexico.gob.mx  
www.grupobiotecnologia.com.ar  
www.biobras.org.br  
www.fiocruz.br  
www.embrapa.br  
www.audebio.org.uy  
www.asebio.com  
www.biotecsur.org

## ANEXO

Lista de técnicas de la biotecnología moderna provista por la OECD

Las técnicas de la moderna biotecnología según los criterios establecidos por la OECD para la definición de una empresa biotecnológica son las siguientes:

ADN (Ácido Desoxirribonucleico)/ARN (Ácido Ribonucleico): genómica, fármaco-genética, sondas de genes, ingeniería genética, secuenciación/síntesis/amplificación de DNA/RNA, perfil de expresión genética)

Proteínas y otras moléculas: secuenciado/síntesis/ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo grandes hormonas moleculares), proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, transmisores de señales, identificación de receptores celulares.

Cultivo e ingeniería celular y de tejidos: cultivo de células/tejidos, ingeniería de tejidos, hibridación, fusión celular, vacunas/estimulantes de inmunidad, manipulación de embriones.

Biotecnología de procesos: bioreactores, fermentación, bio-lixiviación, bioproducción de pulpa de papel, bio-blanqueado, bio-desulfuración, bioremediación y biofiltración.

Organismos subcelulares: terapia génica, vectores virales  
Bioinformática: construcción de bases de datos de genomas, secuencias de proteínas y modelización de procesos biológicos complejos, incluyendo sistemas biológicos.

Nanobiotecnología: aplicaciones de herramientas y procesos de nano/microfabricación a la construcción de dispositivos para estudiar biosistemas y aplicaciones en liberación de fármacos, diagnósticos, etcétera.