

BIOTECNOLOGÍA EN LA ARGENTINA. DESARROLLO Y USOS SOCIALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES

Rector
Gustavo Eduardo Lugones

Vicerrector
Mario E. Lozano

Biotecnología en la Argentina. Desarrollo y usos sociales

Alberto Díaz
Paulo Maffia
(compiladores)



Universidad
Nacional
de Quilmes
Editorial

Bernal, 2011

Colección Nuevos enfoques en ciencia y tecnología
Dirigida por Florencia M. Rembado

Biotecnología en la Argentina : desarrollo y usos sociales / compilado por Alberto Díaz y Paulo Maffia. - 1a ed. - Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2011.
192 p. ; 22x15 cm. - (Nuevos enfoques en ciencia y tecnología / Florencia Mabel Rembado)

ISBN 978-987-558-214-9

1. Biotecnología. 2. Desarrollo Tecnológico.

I. Díaz, Alberto, comp. II. Maffia, Paulo, comp.
CDD 660.6

Diseño de colección: Hernán Morfese
Realización: Mariana Nemitz

© Alberto Díaz y Paulo Maffia. 2011
© Universidad Nacional de Quilmes. 2011

Universidad Nacional de Quilmes
Roque Sáenz Peña 352
(B1876BXD) Bernal, Provincia de Buenos Aires
República Argentina
<http://www.unq.edu.ar>
editorial@unq.edu.ar

ISBN: 978-987-558-214-9
Queda el depósito que marca la ley 11.723

ÍNDICE

Los autores	9
Introducción	11
<i>Alberto Díaz y Paulo Maffia</i>	
Capítulo 1. Empresas biotecnológicas. Del desarrollo de una empresa a una empresa en desarrollo	21
<i>Sabrina Festa y Mirna Sánchez</i>	
Capítulo 2. Los números mágicos de la biotecnología.	55
<i>Christian Hainich</i>	
Capítulo 3. Plantas transgénicas: promesas y controversias	81
<i>Natalia Cattelan, Jorge Ariel Marfetán, Constanza Pedroche, Romina Pérez Arce y María Eugenia Zappa</i>	
Capítulo 4. Reproducción humana: avances científico-tecnológicos y sociedad.	123
<i>Santiago Faraj, Jéssica Llanos, Soledad Saavedra, Sheila Szaingurten y Leandro Venturutti</i>	

LOS AUTORES

Alberto Díaz es licenciado en Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Fue becario interno y externo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) realizando investigaciones en las especialidades de inmunología y biología molecular. Es asesor de organismos nacionales e internacionales de Ciencia y Tecnología, y de empresas farmacéuticas y, en especial, de biotecnología. Actualmente, es director del Centro de Biotecnología Industrial del Instituto Nacional de Tecnología Industrial y asesor de la Subsecretaría de Transferencia de Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes.

Paulo Maffia es licenciado en Biotecnología con orientación en Genética Molecular de la Universidad Nacional de Quilmes y doctorado en Ciencias Básicas y Aplicadas de la misma universidad. Ha realizado desarrollos tecnológicos y transferencia en el área de la genética molecular y proteínas recombinantes. Es profesor adjunto de la materia Biotecnología y sociedad de la licenciatura en Biotecnología de Universidad Nacional de Quilmes e investigador asistente del Conicet.

INTRODUCCIÓN

ALBERTO DÍAZ Y PAULO MAFFIA

Hoy en día la tecnología repercute de forma notoria y vertiginosa en todos los estratos de nuestra sociedad. Sin embargo, no todos los desarrollos tecnológicos producen igual efecto. Algunos llegan directamente a nuestras casas, a nuestras vidas, como lo hacen la tecnología de las comunicaciones y la informática, ante la atención y el asombro de todos. En cambio en otras áreas, como las “ciencias de la vida” (que definimos como el conjunto de actividades que se agrupan en salud humana, salud animal, agroalimentos y, últimamente, los nuevos materiales y cuidados del ambiente, incluida la biotecnología), los desarrollos tecnológicos avanzan constantemente pero la sociedad no se percata de ellos hasta que los medios de comunicación “mediatizan” algún suceso con sus “debates” o discusiones, no siempre bien orientados. Nos movemos desde las situaciones extremas o límites, como las denomina Giovanni Berlinger. Es indispensable que el público cuente con fuentes de conocimientos accesibles, confiables y comprensibles para que pueda tomar partido en varios de esos debates sociales y así se vaya formando una percepción pública despierta, informada y educada. En gran medida será la opinión pública la que determine la aceptación o el rechazo de algunos desarrollos o novedades de la biotecnología, lo que puede afectar su avance, sobre todo en nuestro país, y en algunos casos dificultar la aplicación de sus beneficios.

Uno de los grandes desafíos que enfrentan las sociedades democráticas en el campo de las ciencias de la vida reside justamente en la forma de presentar el conocimiento científico a la sociedad, sumado al alto volumen de información que se produce casi cotidianamente, y en contar con la posibilidad de planificarlo o tomar previsiones en el mediano o el largo plazo.

Pero el lector se preguntará de qué hablamos cuando hablamos de biotecnología en la Argentina. La respuesta es que en general hablamos

de biología molecular, no de productos, ingeniería, mercados, desarrollos productivos, patentes, acciones en la bolsa, capital de riesgo, etcétera.

En los países desarrollados, como por ejemplo los pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la biotecnología es biología molecular aplicada y se la considera de prioridad nacional, de seguridad nacional.

En la Argentina debemos informar y educar sobre los avances de las ciencias biológicas en general y de la biotecnología en particular, además de seguir profundizando y apoyando las investigaciones que se emprenden en nuestro sector académico y tratando de lograr transferencias de conocimientos a la sociedad, tema al que nos referiremos más adelante.

Cuando hablamos de biotecnología en el país debemos referirnos a producciones biológicas en general, a saber, aislamientos, fermentaciones, cultivos de células animales o vegetales, formas de diagnósticos genéticos e inmunoenzimáticos, etc. En ese aspecto podemos complementar el concepto de innovación radical de Schumpeter para poder adaptar e incorporar tecnología exógena a un país en vías de desarrollo, con esfuerzos innovadores “menores” que siguen a la transferencia original de la tecnología o su apertura hacia nuevas ramas productivas.

Las ciencias de la vida serán las de mayor incidencia en la cultura y los desarrollos de las sociedades del siglo XXI y las que darán lugar a la transformación del mundo de la producción, de los servicios y de nuestras sociedades.

La biotecnología está generando la aparición de:

- Nuevas industrias
- Nuevos productos
- Nuevas variedades de plantas y animales
- Nuevos “bio”materiales
- Nuevas especialidades: bioinformática, genómica, proteómica e ingeniería de tejidos
- Nuevos sistemas de defensa y armas
- ¿Una nueva sociedad?

Por su repercusión económica y comercial en nuestro país la aparición de las semillas transgénicas, sobre todo de soja RR, abrió una nueva

perspectiva posible. Los productores nacionales, además de algunas grandes empresas internacionales, tienen interés en aumentar sus inversiones en investigación y desarrollo en biotecnología, un tema que hay que seguir y profundizar y que tal vez sirva como base de una política de ciencia y tecnología que sea mirada desde la demanda, teniendo en cuenta los posibles conflictos sociales y políticos que se puedan desarrollar. Cabe preguntarse si los nuevos ejemplos (futuros polo biotecnológico-genómico de Rosario y polo farmacéutico en Villa Soldati, Buenos Aires) serán la confirmación de una nueva tendencia o nuevas excepciones a las reglas y si quedarán en meros anuncios propagandísticos o servirán para atraer inversores, científicos y nuevas tecnologías.

Las repercusiones sociales, éticas y legales de la biotecnología que, como varios autores sostienen, influyen sobre la calidad de vida y tienen consecuencias sociales y sobre las personas, llegan antes y son más profundas que sus efectos socioeconómicos, medidos por la productividad, las inversiones o el producto bruto interno.

Todo esto debería ser encarado ya mismo en la Argentina.

EMPRESAS DE BIOTECNOLOGÍA: DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR A LA INDUSTRIA, A LOS NEGOCIOS Y A LA POLÍTICA

La complejidad que caracteriza al desarrollo de los conocimientos en las ciencias biológicas impone, en comparación con otros dominios científicos y tecnológicos, un “tiempo de la ciencia”. Eso quiere decir que entre el “éxito” de la publicación científica (casi de manera simultánea con los medios de comunicación masiva) y la llegada al mercado pasan muchos años. Esa distancia crea susceptibilidades y miedos entre la población en general y entre los inversionistas y los financistas en particular. Las regulaciones y los controles llevan a que la biotecnología sea “para unos pocos”, si bien en el siglo XXI eso ha comenzado a cambiar con el arribo de la “biotecnología blanca” (la aplicación de la biotecnología en la industria química).

Los conocimientos y competencias necesarios para dominar los nuevos principios científicos y los métodos de investigación y desarrollo que introduce la biotecnología como nuevo paradigma aparecen como muy específicos por un lado y por otro como más diversificados y transver-

sales (multidisciplinarios) y encuentran a la industria farmacéutica en una situación de debilidad. Un experto ha manifestado que “la biotecnología ha podido desarrollarse gracias a que la industria farmacéutica no conocía la biología molecular”. De esta forma, para no quedar excluida del proceso innovador esa industria ha debido establecer fuertes lazos con las empresas de biotecnología y con los centros públicos de investigación.

Nos referiremos particularmente al sector de la biotecnología en el campo de la salud humana, industria farmacéutica (“biofarmacia” y “biofármacos”) que desde comienzos de la década de 1980 fue marcando estas características. En los primeros años del siglo XXI ha comenzado a suceder algo similar en el sector de alimentos y en la biotecnología industrial, pero con un menor número de emprendimientos. Este sector se ha ido estructurando en redes tecnológicas e industriales.

Las empresas de biotecnología y los laboratorios de investigación públicos (íntimamente relacionados entre sí) ocupan un lugar significativo en la investigación básica y aplicada y en la producción de nuevas moléculas. El desarrollo de un nuevo medicamento es resultado de una complicada y heterogénea red de interacciones; un ejemplo último es el de las empresas “genómicas” o “proteómicas”. En esta cadena o red aparecen las firmas especializadas en los desarrollos de protocolos terapéuticos y de estudios clínicos (CRO, sigla correspondiente a *clinical research organization*). Las grandes empresas farmacéuticas tradicionales tuvieron que adaptarse a este nuevo fenómeno, por lo que se especializaron en la coordinación general del proceso de desarrollo y comercialización, y en la producción en escala, el registro, los derechos industriales, la comercialización y los estudios clínicos.

La cooperación aparece como una estrategia para poder orientar y participar en el proceso de innovación y de comercialización, estrategia que también es necesaria debido a la aparición constante de nuevas empresas especializadas en las nuevas tecnologías biológicas desarrolladas (terapia génica, ingeniería de tejidos, genómica y proteómica) relacionadas con los usos de las células madre y los diagnósticos genéticos (*microarrays*, etcétera).

Aparece una nueva terapéutica en la manera de concebir *lo vivo*. Lo humano, lo “natural” cambia de naturaleza: los seres humanos podemos “reprogramarnos”. La biotecnología ofrece un nuevo espacio a la industria del medicamento y también a la de los alimentos: podemos “dise-

ñar” el alimento que necesitemos en el laboratorio. En este sentido, sus constantes beneficios a veces son equilibrados por sus riesgos.

En la tabla que presentamos a continuación puede hallarse un resumen de los desafíos que presenta la biotecnología en los diferentes sectores industriales y que deben tenerse muy en cuenta para controlar o eliminar los problemas o los riesgos con el fin de lograr que sus servicios y productos lleguen a la mayor cantidad de gente posible y, por otro lado, que no sea rechazada por temores o por usos indebidos. La exposición y el análisis constante de estos temas constituyen uno de los ejes principales de la materia biotecnología y sociedad.

Biotechnología/ciencias biológicas: riesgos y beneficios

Industria	Tecnología	Beneficio	Barrera/riesgo
Diagnóstico en salud humana	Screening genético (biochips)	Prevención; tratamiento focalizado	Seguros y empleo Discriminación
Terapia en salud humana	Terapia génica somática y germinal	Mayor eficacia y tolerancia; erradicación del rasgo de enfermedad	Vectores virales Eugenesia
Computación	Bioinformática Biométrica Computadoras biomiméticas	Databases Genética Viajes; comercio electrónico Proteómica	Patentes Privacidad Costos, complejidad
Agropecuaria	Granjas moleculares Animales transgénicos	Medicamentos, alimentos-medicina Reemplazo de órganos	Ecología Transmisiones virales
Materiales	Biomateriales Nanotecnología	Ausencia de contaminación Materiales inteligentes	Costos de los desarrollos Complejidad
Energía	Biocombustibles	Reducción de la contaminación Fuentes renovables	Costos de los desarrollos y la producción
Ambiente	Biorremediación Biodetección	Eficacia	Ecología

BIOTECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Desde su inicio en los años 1991/1992, el programa de la carrera Licenciatura en Biotecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) tuvo en sus creadores la claridad, la visión y la responsabilidad de establecer como materia obligatoria la asignatura Ética y legislación, mediante la que se educaba a los estudiantes en los temas legales (propiedad intelectual, regulaciones, normas) y sobre todo en la responsabilidad ética del futuro egresado al estar trabajando con “información genética”. Esto respondía en parte a la pregunta sobre qué biotecnólogo debíamos formar: uno que no solo conociera y en lo posible dominara los avances constantes de la biotecnología (tecnología del ADN recombinante, cultivos celulares, procesos *down stream*, etc.), sino que también tuviera claras las consecuencias sociales, éticas, legales y económicas de esta especialidad, sobre todo sus repercusiones, o su carencia, en nuestro país.

A mediados de la década de 1990, debido a las repercusiones cada vez más amplias de la biotecnología en campos tan diversos como la ciencia, la industria manufacturera, la plástica y la literatura, la política y los conflictos sociales, el Departamento de Ciencia y Tecnología decidió crear la materia Biotecnología y sociedad como asignatura obligatoria dentro de la carrera de Biotecnología.

La materia Biotecnología y sociedad se desarrolló a partir de los avances y las características de la biología molecular, la genética y la biotecnología, sin descuidar los conocimientos anteriores y los resultados de la bioquímica y de la biología, que tienen fuertes repercusiones en las sociedades de manera general pero en particular en relación con sus efectos en nuestro país y en América Latina.

Esta materia de carácter obligatorio ha tenido la responsabilidad de dar el marco general de la licenciatura y uno de sus objetivos fue el estudio de las nuevas empresas de biotecnología (creación, características, evolución, relación con las universidades) dado el interés primario de los estudiantes en las posibilidades laborales al finalizar su carrera y la responsabilidad de la Universidad de modernizar los procesos productivos (innovar y transferir tecnología).

Dos cuestiones fundamentales en cuanto a la formación del futuro profesional son el deber de enseñarle los últimos conocimientos que se desarrollan día a día en el mundo en las ciencias biológicas y en la

biología molecular, así como las futuras aplicaciones en biotecnología, junto con las ya existentes, y responder a las necesidades del mercado argentino (estatal y privado) y tal vez del Mercosur.

Como dice S. Llomovate, pensar solo en “[...] la primacía del mercado por sobre el avance de los conocimientos en ciencia y tecnología es una postura mecanicista que dejaría solo en manos de la demanda el diseño de las carreras universitarias”. También es incorrecto hacer lo inverso, es decir que en una carrera de Biotecnología se formen licenciados en Biología molecular dirigidos de manera casi exclusiva a la investigación.

Las particularidades éticas, sociales, legales y económicas de la biotecnología deben ser tenidas muy en cuenta en la formación de futuros profesionales, en relación con el rol social que deberán desempeñar y también en relación con su papel como tecnólogos dentro de un sector de la producción.

El estudio realizado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología (SECYT) en 1999¹ contempla el aspecto de la formación del recurso humano desde el punto de vista de la demanda. En general en la SECYT y en el Ministerio de Educación se han determinado áreas de vacancia pero desde la oferta académica. Por la estructura de producción vigente en el país se advierte en ese trabajo que la demanda de bienes y servicios y de empleo se concentra en actividades de baja o media intensidad tecnológica. En las ingenierías estudiadas en el trabajo de la SECYT (química, electrónica, alimentos y mecánica) la demanda solicitaba temas de gestión, de regulaciones, de internet, de inversiones, etc., obviamente en correspondencia con lo sucedido durante la década de 1990. La conclusión del estudio fue que no aparecían desarrollos innovadores para los sectores productivos. El sistema de ciencia y tecnología siguió teniendo pocos nexos con las empresas y con las instituciones nacionales. Se incrementa la brecha entre la producción de los conocimientos y la necesidad de conocimientos.

La velocidad es una de las características de nuestras sociedades² y también lo es de las novedades que generan las ciencias biológicas casi a diario. El ejemplo de la clonación de células madre humanas realiza-

¹ “La investigación científica y tecnológica en Argentina. Un análisis de las áreas de vacancia desde la demanda”, SECYT, 1999.

² Virilio, P., *Amanecer crepuscular*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 2003.

da por investigadores de Corea en colaboración con investigadores de los Estados Unidos confirma lo acelerado de los conocimientos que se generan, además de que se han “internacionalizado” y pueden concretarse en la red. Este ejemplo subraya una vez más ciertas características de la biotecnología actual, a saber, a) la importancia de la “investigación básica”, el estudio de los mensajes y las señales del óvulo para que el núcleo adulto introducido vuelva a ser embrionario, la “reprogramación celular”, b) la necesidad de legislación apropiada con leyes que orienten y determinen el rumbo en ciencia y tecnología, por ejemplo, el gobierno de los Estados Unidos prohibió investigaciones sobre clonación de células madre, y c) la importancia de lo bioético, lo “ideológico” y lo político.

Con respecto a lo cambiante de los temas y a la necesidad de incorporar información de manera cotidiana queremos remarcar que nuestra propuesta se ha basado en la formación y no en la repetición de información, es decir en que los estudiantes tengan sentido crítico, sean originales y no se limiten a repetir información. Dado que esta es una tecnología “ciencia intensiva” (*science-intensive technology*) es necesario motivarlos, como decía César Milstein, a través de “la curiosidad como fuente de riqueza”.

En resumen, es preciso formar al futuro licenciado en Biotecnología en la responsabilidad social que le cabe en cuanto a su doble carácter de ciudadano y de biotecnólogo (profesional universitario) a través de las diferentes temáticas que implica trabajar en las modernas técnicas de las ciencias de la vida.

Un primer objetivo general será educarlo en la importancia y en el rol de las nuevas tecnologías biológicas en las sociedades democráticas, especialmente en la Argentina y en América Latina.

Un segundo objetivo, más específico, consistirá en tratar de hacerle conocer las implicancias de trabajar en biotecnología en empresas industriales y agropecuarias o en organismos estatales. Esto significa que deberá conocer aspectos legales, éticos, de bioseguridad, de opinión pública, de economía y mercados, etc., que podrán determinar el éxito o el fracaso de diferentes emprendimientos.

Siempre hemos considerado que para los alumnos y para el resto de la Universidad (universidades) y de las personas en general que necesitan ir conociendo de qué se trata y qué hace la biotecnología era importante la publicación de varias de estas monografías.

Así fue como algunos años las publicamos (sin mucha edición previa) en *Argirópolis*, el periódico electrónico de la UNQ. En los últimos años consideramos que era necesario editarlas en papel y así lo conversamos con los alumnos que cursaron en 2007 y 2008 para que elaboraran sus trabajos desde esta perspectiva. También consideramos que es un ejercicio que los futuros biotecnólogos deben realizar para expresarse sobre temas más relacionados con las ciencias sociales y comunicar de manera general las perspectivas, las realizaciones y los riesgos que van estudiando en la licenciatura en Biotecnología.

Este volumen es una primera muestra de lo realizado.