

# La biotecnología en México

ALFREDO SALOMÓN GANADO

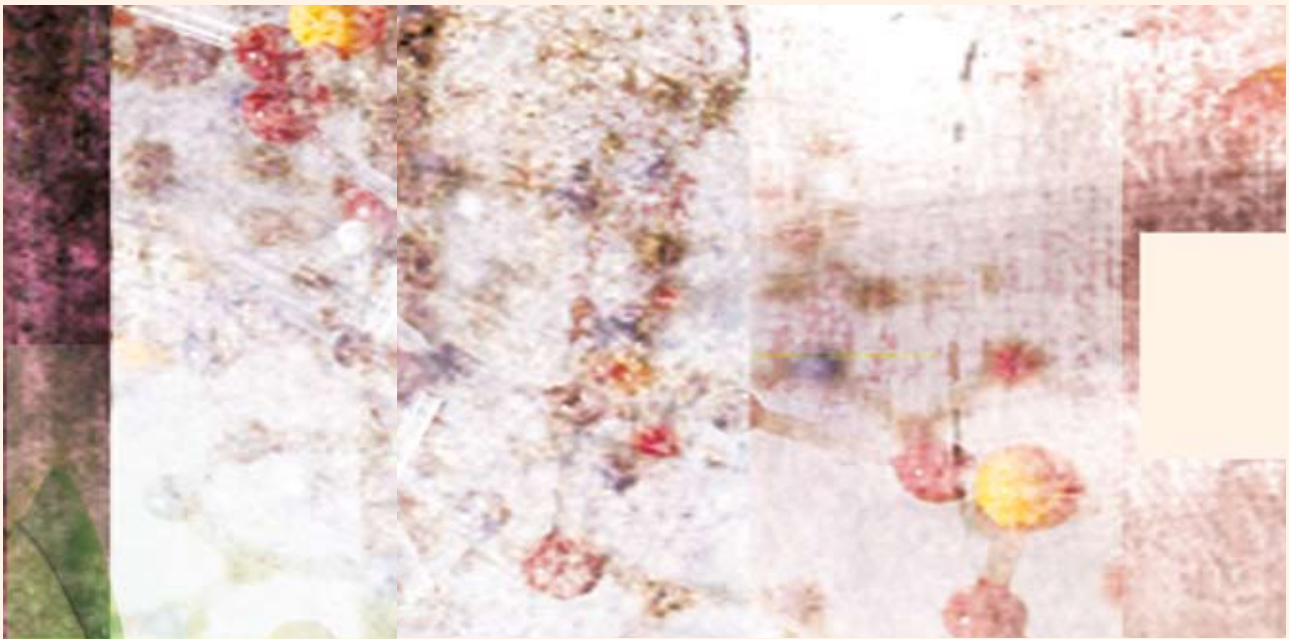
<asalomon@bancomext.gob.mx>

El jocoque, el vino, la cerveza y el pulque son productos de la biotecnología ancestral (que utilizaba el proceso de fermentación); las vacunas contra la viruela, atribuida a Jensen en 1796, y contra la rabia, a Pasteur en 1885, son resultados del mismo principio.<sup>1</sup> En la segunda mitad del siglo XX, ya con la ingeniería genética o el ADN (ácido desoxirribonucleico) recombinante se crearon microorganismos transgénicos que han derivado en productos como insulinas, interferones, vacunas, hormonas de crecimiento y la regeneración de tejidos mediante el aprovechamiento de células madre. El uso del ADN recombinante, que se conoce como la biotecnología moderna, junto con las telecomunicaciones y la nanotecnología, son ramas de la ciencia que se han convertido en el motor del cambio tecnológico con profundos efectos en el crecimiento económico.

Las aplicaciones de la biotecnología moderna se pueden dividir en cuatro áreas:<sup>2</sup> la biotecnología roja o de la salud, que es la

1. Francisco G. Bolívar Zapata (comp. y ed.), *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*, El Colegio Nacional, México, 2004.

2. Fundación Genoma España, *La biotecnología y su impacto*, Madrid <www.gen-es.org>, marzo de 2009.



más visible y se dedica a la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de gran número de enfermedades nuevas y conocidas (se calcula que del total de los medicamentos comercializados, 20% es de origen biotecnológico y de los que están en pruebas clínicas, 50% procede de esta metodología). Otra área es la biotecnología verde, que se concentra en las actividades agrícola, ganadera y forestal, su productividad, el aumento de la resistencia a especies dañinas o en la fabricación de plaguicidas que mejoran su rendimiento. La denominada biotecnología azul se ocupa de los productos del mar y la acuicultura; uno de sus principales objetivos es la fabricación de vacunas que disminuyan la mortalidad en los peces. La cuarta es la biotecnología blanca y de aplicaciones industriales, mediante la cual se elaboran nuevos productos (como biomateriales y biocombustibles) que reducen los daños al ambiente o aumentan la productividad.

Un ejemplo de la vanguardia de la biotecnología blanca y sus implicaciones es el siguiente: el 15 de octubre de 2008, en el marco de la Ley de Reproducción Asistida promulgada en 2006, en España nació un niño mediante el denominado diagnóstico genético preimplantatorio (DGP) con fines terapéuticos. El objetivo, alcanzado en mar-

zo de 2009,<sup>3</sup> fue curar a su hermano de seis años, quien padecía una enfermedad hereditaria grave, la beta-talasemia mayor, una forma de anemia congénita. El DGP es una técnica que consiste en el análisis genético de embriones obtenidos por fecundación *in vitro* con el fin de transferir al útero sólo aquellos libres de la enfermedad.<sup>4</sup> El cordón umbilical contiene las células hematopoyéticas que dieron a su hermano 90% de posibilidades de curarse. El experimento es importante porque se efectuaba en España por primera vez y sólo se conoce otro caso en la bibliografía médica referente a este tipo de anemia, en el cual el perfil de hitocompatibilidad es el mismo en el recién nacido que en el hermano enfermo.

Una de las principales implicaciones del experimento es ética. El presidente de la Sociedad Internacional Bioética, el español Marcelo Palacios, celebró que el nacimiento haya sido posible en España y declaró: "Lo ético, en este caso, es no darle consideración de problema ético".<sup>5</sup> Sin embargo, para la iglesia católica del

3. "En España, primer bebé seleccionado genéticamente cura a su hermano", *La Jornada*, 14 de marzo de 2009.

4. J. Mayordo, "Una vida que vale por dos", *El País*, 15 de octubre de 2008.

5. Milagros Pérez Oliva, "En busca del embrión ideal", *El País*, 17 de octubre de 2008.

mismo país, el embrión humano tiene, desde el momento de la concepción, un estatus moral equivalente al de una persona, lo cual lo hace acreedor al pleno respeto de su integridad física, y puesto que la operación pone en peligro de manera inevitable la integridad del embrión, se oponen a aquella.<sup>6</sup> Si bien en España el experimento fue posible, en países de mayor desarrollo, como Alemania e Italia, con patrones ideológicos diferentes —el primero con 34% de población protestante y 34% católica, y el segundo 87% católico—, el tratamiento hubiera sido ilegal.<sup>7</sup>

Sin embargo, junto a los aspectos éticos y morales, en este caso importa destacar, además, por un lado, el conflicto que ha acompañado a la biotecnología moderna en cuanto a los temores respecto a posibles daños a la salud humana y al ambiente; y por el otro, la dificultad para acceder a actividades importantes y más rentables, caracterizadas por una buena coordinación entre resultados de investigación básica y sus aplicaciones comerciales.

En el caso de los vegetales, la denominada biotecnología verde, los peligros para los seres humanos son, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la alergenidad, la transferencia genética y el desplazamiento de genes de vegetales genéticamente modificados a cultivos convencionales.<sup>8</sup> Estas preocupaciones han

tenido grandes efectos económicos, manifestados en las prohibiciones que la mayoría de los gobiernos de Europa impone a la elaboración y el consumo de estos productos y los beneficios obtenidos en todo el continente americano, desde la Patagonia hasta Canadá, donde se produce 90% de todos los vegetales transgénicos.

En la Unión Europea, para vetar o aprobar un transgénico se necesita una mayoría calificada, de más de 70% de los votos. Por ejemplo, en la primera semana de mayo, la Comisión Europea no aprobó y devolvió a la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria tres transgénicos: dos maíces de Monsanto y una papa de Basf.<sup>9</sup> Así, mientras Francia asegura que un tipo de maíz modificado genéticamente supone un riesgo inaceptable, en España se cultiva el mismo maíz en la cuenca del Ebro.<sup>10</sup>

En México, en el caso del maíz, producto de gran importancia en la cultura nacional, el

---

ferencia genética de alimentos genéticamente modificados a células del organismo o bacterias del tracto gastrointestinal causaría preocupación si el material genético transferido dañara a la salud humana. Esto sería particularmente relevante si fueran a transferirse genes de resistencia a antibióticos usados para crear organismos genéticamente modificados. Si bien la posibilidad de transferencia es baja, un panel de expertos de la FAO y la OMS ha incentivado el uso de tecnología sin genes de resistencia a antibióticos. c) El denominado en inglés *outcrossing* o desplazamiento de genes de vegetales genéticamente modificados a cultivos convencionales o especies silvestres relacionadas, así como la combinación de cultivos provenientes de semillas convencionales con los genéticamente modificados, puede tener un efecto indirecto en la inocuidad y la seguridad de los alimentos. Este riesgo es real, como se demostró cuando aparecieron rastros de un tipo de maíz aprobado sólo para alimentación animal en productos de maíz para el consumo humano en Estados Unidos. Muchos países han adoptado estrategias para reducir la combinación, incluyendo una clara separación de los campos para los cultivos genéticamente modificados y los convencionales. Véase Organización Mundial de la Salud, *20 preguntas sobre los alimentos genéticamente modificados*, en <www.oms.org>, octubre de 2008.

9. Greenpeace, "La Comisión Europea rechaza dos maíces", en <www.greenpeace.org.es>, 8 de mayo de 2008.
10. Rafael Méndez, "La primera patata transgénica fractura a la Unión Europea", *El País*, 19 de febrero de 2008.

6 de marzo de 2009 el gobierno federal publicó reformas a la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, las cuales permitirán el uso experimental de maíz transgénico.<sup>11</sup> Todavía a finales de 2006 la Secretaría de Agricultura de México rechazó la petición de empresas transnacionales para sembrar maíz transgénico, aunque tuviera objetivos experimentales.<sup>12</sup>

Con el paso de tiempo, los efectos positivos o negativos, o combinaciones de ellos, deberán concretarse y las regulaciones crecerán o se diluirán hasta impedir la producción o permitir que este tipo de productos se venda junto a los convencionales.

### Panorama en la OCDE

La biotecnología, las telecomunicaciones y la nanotecnología, en mayor o menor medida, están presentes en todos los países. Lo importante es la forma como cada una participa en el mercado: como productor, como innovador radical o incremental, mediante patentes o como comprador. España era considerado hasta hace algunos decenios como país del tercer mundo; sin embargo, en la actualidad está a la vanguardia de este conocimiento multidisciplinario, por lo menos en la denominada biotecnología roja, o biotecnología de la salud, y es punta de lanza en Europa de la biotecnología verde.

En un estudio respecto a la biotecnología entre países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y sus socios comerciales, España ocupó el noveno lugar por el número de empresas biotecnológicas, con 278; éstas compañías invirtieron 199 millones de dólares en actividades de investigación y desarrollo, dieron empleo directo a 2 884 personas y vendieron productos por 509 millones de dólares.<sup>13</sup> Asimismo, el espa-

---

11. "Avala México uso experimental de maíz transgénico", *La Jornada*, 5 de marzo de 2009.

12. Guillermina Guillén, "Rechaza Sagarpa maíz transgénico", *El Universal*, 18 de octubre de 2006.

13. Brigitte van Beuzekom y Anthony Arundel, *OECD Biotechnology Statistics*, París, 2006 <http://www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf>, octubre de 2006.

ñol fue de los gobiernos que más invirtió en actividades biotecnológicas (453 millones de dólares). Así como España, en materia de biotecnología, ya está entre los 10 primeros países según el estudio referido, México sólo figuró en el renglón de superficie cultivada con productos genéticamente modificados con 100 000 hectáreas, 0.4% del total de cultivos en el país. Cabe destacar que en el rubro de superficie de cultivos genéticamente modificados, Argentina es la gran potencia, con 61.3% de su tierra sembrada. El segundo lugar fue Estados Unidos, con 28.7%; después Brasil, con 15.9% y Canadá, con 12.7%. De lo anterior se desprende que el continente americano es la tierra de los cultivos genéticamente modificados. En la Unión Europea, España es punta de lanza, y casi la única, con 0.7% del total de sus cultivos, lo cual es suficiente para superar a México (0.4%). Además de España, figuran con superficies marginales Alemania, Francia y Portugal.

Si se consideran todos los campos de la biotecnología, es decir, la agricultura, la farmacéutica, la industrial y la marina, Estados Unidos es, por mucho, el país con mayor actividad biotecnológica. En 2003, de acuerdo con el estudio referido de la OCDE, contó con 2 196 empresas basadas en este conocimiento, mismas que emplearon a 73 520 personas y tuvieron ventas por 50 472 millones de dólares. Por el número de compañías y las ventas, Japón ocupó el segundo lugar, con 804 empresas y ventas por 9 886 millones de dólares, la quinta parte del monto de Estados Unidos. En materia de empleo, el Reino Unido quedó en el segundo lugar, con 9 644 plazas, y Alemania en tercero, con 8 024.

El único rubro en el que Estados Unidos no figura en primer lugar es en el gasto público destinado a actividades biotecnológicas. En este renglón, que se reconoce como una actividad estratégica, los tres primeros lugares correspondieron a Corea, Canadá y España.<sup>14</sup>

14. Con la autorización de fondos federales para investigaciones de células madre embrionarias del 9 de marzo de 2009, puede darse impulso a esta actividad científica en Estados Unidos,



La baja presencia de México en el informe de la OCDE respecto al estado de la biotecnología en el mundo coincide con el lugar que ocupa en los indicadores generales de desarrollo tecnológico y conocimiento científico; por ejemplo, los de tecnología, innovación y creatividad en el Informe sobre Desarrollo Humano, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Humano (PNUD), y el Knowledge Economy Index (KEI), de 2007, del Banco Mundial. En éste, los tres primeros lugares fueron los países escandinavos (Suecia, Dinamarca y Noruega); Canadá ocupó el séptimo; Estados Unidos, el décimo; España, el lugar 24; Chile, el 39; Brasil y Argentina, el 54 y 55, respectivamente, y México, el 59. China tiene una situación particular, pues si bien la parte continental ocupó el lugar 75, Hong Kong tuvo el 21, inmediatamente después de Francia.<sup>15</sup>

En cuanto a los indicadores de tecnología que sostienen los índices de desarrollo humano, destacan tres: el de patentes de residentes, el de gasto en investigación y desarrollo (ID), y el de investigadores.<sup>16</sup> Además de Islandia, país con el índice

que es el país más avanzado en la materia y el de las células madre embrionarias, el objetivo más importante de la biotecnología. Al aumento del gasto público deberá seguir el incremento en la actividad científica, con los resultados de la solución de problemas y la creación de productos biotecnológicos.

15. Banco Mundial, Knowledge Economy Index, 2007 Rankings, en <[siteresources.worldbank.org/KFDLP/Resources/461197-1170257103854/KEI.pdf](http://siteresources.worldbank.org/KFDLP/Resources/461197-1170257103854/KEI.pdf)>.
16. United Nations Development Program, Human Development Report, 2007/2008 en <[www.undp.org.mx/desarrollohumano/informes/index.html](http://www.undp.org.mx/desarrollohumano/informes/index.html)>, enero de 2009.



más alto, destacan Canadá, Estados Unidos, Argentina y México. Islandia fue segundo en investigadores y el cuarto en gasto en actividades de investigación y desarrollo como porcentaje del producto interno bruto (PIB). Canadá es el cuarto en el índice general: registró 35 patentes, destinó 1.9% de su PIB a actividades de investigación y desarrollo, y tuvo 3 597 investigadores por cada millón de pobladores. Estados Unidos registró 244 patentes por cada millón de personas, su gasto en ID fue de 2.7% del PIB y registró 4 605 investigadores por cada millón de personas. España ocupó el lugar 13, inmediatamente después de Estados Unidos, y tuvo 53 patentes, su gasto público fue 1.1% del PIB y registró 2 195 investigadores. Argentina, la gran potencia en materia de productos agrícolas transgénicos, contó con cuatro patentes, su gasto en ID fue 0.4% de su producción y mantuvo a 720 investigadores por cada millón de habitantes. México, durante el periodo 2000-2005, tuvo una patente concedida, su gasto en ID fue 0.4% del PIB y contaba con 268 investigadores por cada millón de personas. Mención especial merece China, cuya inmensa población y heterogeneidad permite tanto indicadores altos en desarrollo tecnológico como 10 patentes concedidas y 708 investigadores por cada millón de habitantes, con la posición 81 en el índice de desarrollo humano.

### México frente América Latina

Sin embargo, en México hay señales alentadoras. Una de éstas, por ejemplo, se dio en 2008 cuando en la Universidad Nacional Autónoma de México, mediante pruebas de biología molecular y microscopios ópticos electrónicos, se demostró que el microorganismo *Giardia duodenalis*, causante de diarreas graves en niños menores de un año, tiene núcleo. Con este descubrimiento, producto de 12 años de investigación, se podrá controlar esa parasitosis y elaborar fármacos nuevos.<sup>17</sup>

17. Universidad Nacional Autónoma de México,

No obstante, el problema en México es, a decir de Musik, la relación entre la investigación pública y la aplicación de su conocimiento en empresas rentables.<sup>18</sup> En el país, de acuerdo con este autor, se tiene un sistema de investigación científica relativamente grande, en términos del tamaño de la investigación básica y por los recursos dedicados a ella; pero, ésta se concentra en el sector público y pocas veces los investigadores de las universidades tienen relaciones con la industria. Para Musik, a pesar de la relativa buena posición según los estándares mundiales de la investigación en México, rara vez responde a las necesidades, ya sea de largo o corto plazos, de la sociedad o de las empresas.

De acuerdo con Bolívar Zapata, México cuenta con un gran capital para desarrollar la biotecnología y transformarla en palanca para su crecimiento; hay una tradición milenaria en el uso de productos naturales y de la biotecnología tradicional y una de las reservas de biodiversidad más importantes del mundo.<sup>19</sup> Por ejemplo, cabe destacar el trascendente papel, pionero, que tuvo el país en la producción de hormonas esteroideas mediante la explotación del barbasco.<sup>20</sup> En la actualidad

*Descubren científicos de la UNAM el núcleo más pequeño de la naturaleza*, Boletín UNAM-DGCS-728, 20 de noviembre de 2008.

18. Guillermo Abdel Musik, *Trade and Innovation Performance of Mexico after NAFTA*, CPROST Working Paper 2004-01, en <www.sfu.ca/cprost/docs/guillermo1.doc>, marzo de 2009.
19. Francisco G. Bolívar Zapata, *op. cit.*
20. En 1963, 75% de la materia prima para la fabricación mundial de esteroideas provenía de México. A finales del decenio de los años cincuenta, Syntex, una compañía mexicana, tenía el monopolio en la fabricación de hormonas y todavía en 1975, una empresa del Estado, Productos Químicos Vegetales Mexicanos (Proquivemex), creada en 1975, se encargaba de la recolección, industrialización y venta del barbasco, vegetal mexicano que contiene diosgenina y esmilagenina, que es la esencia de los esteroideas. A finales de los años cincuenta, Syntex se mudó a Estados Unidos, a Palo Alto, en California, cuando decidió pasar de ser un gran productor de materias primas a un productor y vendedor de productos terminados, y aprovechar los recursos humanos y materiales de la Stanford University. La actividad en México terminó cuando otras empresas perfeccionaron la síntesis de la progesterona a partir de colesterol y Organon logró la síntesis química total,

hay más de un centenar de entidades de investigación donde trabajan más de 750 investigadores, integrantes del Sistema Nacional de Investigadores.<sup>21</sup> Sin embargo, añade Bolívar Zapata, a pesar de estos antecedentes y de la infraestructura humana y física con la que cuenta el país en el área, se advierten importantes rezagos en la explotación de ésta y del conocimiento científico en general. En aplicaciones biotecnológicas, países como Brasil, Cuba, Argentina y Chile han obtenido más beneficios que México.

La perspectiva del Instituto Genoma, de España, coincide con la de Musik: no se puede hablar de un sector empresarial de base tecnológica en México consolidado como tal.<sup>22</sup> De acuerdo con una serie de estudios acerca de las actividades biotecnológicas en América Latina, patrocinada por el mencionado instituto español, el desarrollo de un sector productivo en México está condicionado por un escaso dinamismo de las pequeñas y medianas industrias en el conjunto de la economía mexicana, falta de interés por la innovación y escasez de inversión en investigación y desarrollo de las empresas. A estos factores se añade el poco interés de la comunidad científica mexicana por transformar los resultados de sus investigaciones en proyectos empresariales viables. Asimismo, apenas hay mecanismos que faciliten y favorezcan la transferencia de conocimiento de los centros de investigación a la sociedad y tampoco los empresarios muestran interés por soluciones biotecnológicas a problemas productivos concretos.

### Chile

En Chile hay entre 35 y 40 empresas de biotecnología moderna.<sup>23</sup> La principal apli-

lo que permitió prescindir del barbasco para producir progesterona. Gary Gereffi, *Industria farmacéutica y dependencia en el tercer mundo*, Fondo de Cultura Económica, México, 1983.

21. Francisco G. Bolívar Zapata, *op. cit.*
22. Fundación Genoma España, *La biotecnología en México*, en <http://www.gen-es.org/13\_PLAT/13\_plat.cfm?pag=0000>, febrero de 2009.
23. Fundación Genoma España, *La biotecnología en Chile*, en <http://www.gen-es.org/13\_PLAT/13\_plat.cfm?pag=0000>, febrero de 2009.

cación comercial es la producción de semillas transgénicas. Este país es responsable de entre 6 y 10 por ciento de la exportación mundial de esas semillas, lo que a su vez representó la mitad de las semillas exportadas por esta nación. Como resultado del trabajo de dos empresas, Bioforest y Forestal Mininco, ha dado un nuevo salto tecnológico con la implantación de una silvicultura clonal en varias especies, como *Pinus radiata*, *eucaliptus*, álamo y las especies nativas *raulí* y *lenga*. En otro ejemplo, Bios Chile produce paquetes de diagnóstico médico para la enfermedad de chagas y pruebas de embarazo, que se venden en el mercado latinoamericano, y trabaja de manera estrecha en la acuicultura dirigida por la industria del salmón, en la que Chile es ya el segundo exportador mundial. También destacan los procesos de lixiviación (separar las partes solubles de las insolubles) de minerales con contenido de bronce mediante el uso de bacterias, desarrollado por Codelco, con el cual se calcula que podrían disminuir los costos de producción de cobre en 50% y multiplicar por cuatro las reservas explotables del país.

### Brasil

Brasil es el nuevo protagonista en la actividad a escala internacional. Así lo confirman su ubicación geográfica, gran extensión territorial, abundantes recursos naturales, la mayor biodiversidad del planeta, políticas públicas, pero, sobre todo, su actividad empresarial y sus esfuerzos para acortar la distancia entre la investigación básica y sus aplicaciones comerciales, a juzgar por los resultados a principios del siglo XXI.

En Brasil, hasta 2004 había más de 400 empresas que aplicaban biotecnología moderna.<sup>24</sup> Junto con Cuba, son los únicos países de América Latina que cuentan con un cúmulo biotecnológico: el de Minas Gerais.<sup>25</sup> Si se considera la definición

amplia de biotecnología, incluyendo a las empresas de biotecnología tradicional (alimentaria, farmacia, cosmética), el número de compañías podría crecer a 2 500. Por ejemplo, en Brasil se descubrió el genoma *Xylella fastidiosa*, una bacteria responsable de importantes pérdidas económicas en el sector agrícola, que le mereció la portada de la revista *Natura* en 2000 y el reconocimiento a Brasil como uno de los países más avanzados del mundo en genómica.

El modelo seguido por Brasil se basa en la implantación de redes de colaboración entre grupos de investigación de muchas disciplinas para lograr un mismo objetivo. En estas redes, institutos, universidades y empresas trabajan en proyectos comunes de genómica, proteómica y bioinformática. Entre ellas destaca, por ejemplo, la red ONSA de secuenciación de genomas bacterianos y cáncer. De 2001 a 2004 obtuvo 195 patentes en biotecnología, lo que es poco frente al potencial en investigación desplegado por el país. Se reconoce que hay una insuficiente conexión entre las instituciones de investigación y las empresas rentables. Los científicos brasileños han estado, a lo largo de su historia, más concentrados en la actividad académica e investigadora; y a pesar de un elevado número de investigadores y un creciente prestigio internacional, todavía no han conseguido el adecuado aprovechamiento del conocimiento brasileño para generar beneficios que repercutan en el crecimiento económico y social del país.

### Argentina

Argentina cuenta con 60 empresas relacionadas con la biotecnología y con 58 incubadoras de empresas y centros de innovación.<sup>26</sup> Es el segundo productor mundial de granos genéticamente modificados, sólo detrás de Estados Unidos. Asimismo, es uno de los pocos países con tecnología para producir ganado transgénico y cuenta con una importante industria farmacéutica basada en la biomedicina. En

todos los casos ha habido una decidida y adecuada participación del sector público, empresas nacionales y transnacionales, enmarcadas por un plan nacional de biotecnología industrial que promueve y estimula las actividades científicas y tecnológicas de acuerdo con los objetivos que se plantean para el país hacia el 2015. Mención especial merece el Foro Argentino de Biotecnología, integrado por más de 30 socios activos —empresas, entidades nacionales e internacionales públicas y privadas, universidades y personas—, cuya función es elaborar estrategias conjuntas.

Los resultados hablan por sí solos: en el ciclo 2000-2003, Argentina exportó 6 000 millones de dólares de soya, de los cuales 98% fue de la variedad genéticamente modificada. Al maíz y al algodón también modificados dedicaron, de manera respectiva, 700 000 y 30 000 hectáreas. En situación experimental, no comercial, están cultivos como girasol, papa, alfalfa, trigo y otros.

Argentina es, junto con Estados Unidos, Australia, Corea y Nueva Zelanda, integrante del grupo que aplica la tecnología de producción de ganado bovino transgénico. En 2002, el país obtuvo los primeros ejemplares y con ello la hormona de crecimiento humana (hu-GH), lo que permitirá abaratar los costos de producción de éste y otros medicamentos.

Sin embargo, el mayor efecto de la biotecnología ha sido en la industria farmacéutica. Con una venerable tradición en biomedicina, las empresas nacionales —a pesar de las fusiones y ventas con transnacionales en el decenio de los noventa—, a principios del siglo XXI, todavía representaban 50% del mercado nacional, sea mediante productos propios o bajo licencia.

### Cuba

La isla tiene el conglomerado biotecnológico más reconocido de América Latina y, además, el mérito de haberlo logrado en el aislamiento económico, científico y tecnológico; de tal modo que sus resultados son una muestra de lo que se puede hacer con recursos propios. La piedra an-

24. Fundación Genoma España, *La biotecnología en Brasil*, en <[http://www.gen-es.org/13\\_PLAT/13\\_plat.cfm?pag=0000](http://www.gen-es.org/13_PLAT/13_plat.cfm?pag=0000)>, febrero de 2009.

25. Maristela Basso, *La biotecnología en América Latina*, IDCID, en <<http://www.cipp.mcgill.ca/data/presentations/00000009.pdf>>, 5 de octubre de 2008.

26. Fundación Genoma España, *La biotecnología en Argentina*, en <[http://www.gen-es.org/13\\_PLAT/13\\_plat.cfm?pag=0000](http://www.gen-es.org/13_PLAT/13_plat.cfm?pag=0000)>, febrero de 2009.

gular de la política biotecnológica cubana fue destinar, a partir de 1989, de 1.2 a 1.7 por ciento de su producto interno bruto a la inversión en actividades de biotecnología.<sup>27</sup> A principios del siglo XXI, alrededor de 13 000 personas repartidas en más de 50 instituciones y centros de investigación trabajaban en este campo. Los resultados han sido más de 46 medicamentos para el mercado cubano, seis más en fase de ensayo clínico, 20 patentes solicitadas en Cuba y cuatro en el exterior; además, de 177 publicaciones en revistas de circulación internacional.

En 1986, uno de sus productos, la vacuna contra la meningitis tipo B, fue premiado por la Organización Mundial de la Propiedad Industrial. Con esta vacuna en 1999, por primera vez en 40 años, el gobierno estadounidense permitió que un laboratorio farmacéutico de capital de esa nacionalidad e inglés —el gigante Smithkline Beecham— participara en la realización de las pruebas clínicas y la comercialización. Más allá de las connotaciones políticas que tiene el hecho de que una empresa haya superado el embargo económico, fue un gran reconocimiento para la ciencia cubana. La vacuna es eficaz contra la meningitis B, una enfermedad bacteriana, y evita anualmente la muerte de 50 000 niños y adolescentes.<sup>28</sup>

Si bien para la biotecnología cubana lo importante ha sido el mercado interno, desde hace algunos años su calidad ha sido probada en el mercado internacional, dominado por las grandes empresas de los países desarrollados. La biotecnología cubana logró en 2006 ingresos por exportaciones calculados en más de 50 millones de dólares, para completar un total de 345 millones de dólares, de 1991 a 2007. En 2006 los ingresos fueron generados por la venta de tres productos; en 2007 la oferta se amplió a siete y para 2008 se proyectó subir a 15 productos biotecnoló-

27. Fundación Genoma España, *La biotecnología en Cuba*, en <[http://www.gen-es.org/13\\_PLAT/13\\_plat.cfm?pag=0000](http://www.gen-es.org/13_PLAT/13_plat.cfm?pag=0000)>, febrero de 2009.

28. Mauricio Vincent, "La biotecnología cubana rompe el embargo", *El País*, 25 de febrero de 2002 <<http://www.tinet.org/~mpgp/amigos716.htm>>.

### EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS POR PAÍSES, 2003

	Empresas	Gasto de las empresas <sup>1</sup>	Empleo	Ventas <sup>1</sup>	Gasto público <sup>1</sup>
Estados Unidos	2 196	14 232	73 520	50 472	–
Japón	804	–	–	9 886	–
Francia	755	1 342	4 193	2 146	–
Corea	640	699	6 554	–	727
Alemania	607	1 347	8 024	3 838	–
Canadá	490	1 194	6 441	3 086	550
Reino Unido	455	–	9 644	5 759	212
Australia	304	201	–	–	–
España	278	199	2 884	509	453
Dinamarca	267	727	4 781	4 173	131
Suecia	216	–	2 359	–	29
Italia	172	236	–	–	–
China	158	205	1 447	1 889	–

1. Millones de dólares.

Fuente: OECD, *Biotechnology Statistics-2006* en <[www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf)>, enero de 2009.

gicos. Entre éstos se hallan la vacuna recombinante contra la hepatitis B, nuevos interferones y estreptoquinazas, la melagenina contra el vitíligo, el factor de crecimiento epidérmico para la reconstitución de piel quemada, el PPG, un medicamento para el colesterol, y la vacuna contra la meningitis tipo B.

### Consideraciones finales

Hay una desconexión entre la investigación básica que se realiza en México y las aplicaciones comerciales de este conocimiento. No ha habido empresas de capital nacional que exploten los productos de los diversos centros de investigación del país; no obstante que este problema debía resolverse con el tiempo, la maduración de los proyectos científicos y el desarrollo empresarial. Mientras en otros países de América Latina hay decenas de compañías exitosas, en México, a pesar de la conside-

rable actividad en investigación básica, la explotación agrícola de 100 000 hectáreas mediante esta tecnología y la satisfacción del mercado con este tipo de productos, no hay una empresa de capital nacional digna de tomarse en cuenta.

En la actualidad nadie está al margen de la actividad científica, pero lo importante es cómo se participa en ella: como comprador, como maquilador, como empresario innovador, como empresario usuario de patentes vigentes o como empresario usuario de patentes vencidas. La experiencia de Brasil, Cuba, Argentina y Chile muestra que la aplicación comercial del conocimiento teórico no es tan difícil; sin embargo, la experiencia mexicana, sin empresas exitosas con aplicaciones de biotecnología moderna, amerita diagnósticos estrictos que permitan superar las barreras que hasta ahora han impedido la unión de científicos y empresarios mexicanos. 