

# **Biotecnología en China. Reformas institucionales e innovación tecnológica**

XU ZHAOXIANG y ZHOU YONGCHUN

## INTRODUCCIÓN

**L**A REPÚBLICA Popular China tiene una larga historia en la utilización de recursos biológicos para un amplia gama de actividades industriales.<sup>1</sup> La mayoría de éstas pertenecen al sector tradicional. El advenimiento de la biotecnología ha permitido a China conservar estos conocimientos y su uso en las aplicaciones modernas. En los últimos años, China ha puesto en práctica un importante programa de reformas políticas e institucionales que permiten que el país obtenga beneficios de estos avances en biotecnología mediante la conservación de recursos, conocimientos y experiencia acumulada durante muchos años a través de la biotecnología tradicional.

En este artículo se analizarán los esfuerzos realizados por el gobierno chino por formular medidas de políticas y reformar las instituciones para satisfacer las necesidades del cambio tecnológico en general y de la biotecnología en particular. Se subraya el hecho de que China posee un enorme potencial para el desarrollo de la biotecnología, pero los actuales acuerdos institucionales todavía son débiles y sus lazos son endebles, por lo que aún no logra crear cimientos firmes para el avance tecnológico. Las políticas introducidas recientemente en el país han tenido como objetivo retomar esta situación. Los esfuerzos realizados por China para reformar sus instituciones e introducir medidas políticas que promuevan el desarrollo de la ciencia y la tecnología resultan aleccionadores para otros países en desarrollo que han reconocido el papel fundamental desempeñado por los cambios tecnológicos en la renovación económica.

## BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL EN CHINA

China tiene una larga historia en el uso de la biotecnología tradicional para producir licor, salsa de soya, vinagre y otros productos fermentados. A fines de los años cincuenta, China estableció su industria de antibióticos. Su producción anual en este campo actualmente excede las 1900 toneladas, lo que lo convierte

<sup>1</sup> En este artículo, utilizaremos "China" como abreviación de la República Popular China.

en el principal productor en el mundo. La producción de otros productos fermentados también es considerable: ácido glutámico, más de 75 000 toneladas anuales, y enzimas primarias, más de 20 000 toneladas anuales. Para satisfacer la demanda de su población, especialmente en las áreas rurales, China ha realizado grandes esfuerzos por utilizar la biotecnología tradicional y servir a la economía agrícola.

A principios de la década de 1970, las técnicas de cultivo de anteras y haploides se encontraban entre las mejores del mundo. A partir de entonces, China ha desarrollado más de 20 de estas plantas de haploides (incluyendo trigo, maíz, hule, álamo y cítricos) y se han obtenido nuevas variedades. La producción de biogas mediante la fermentación microbiana basada en recursos de biomasa también ha sido utilizada ampliamente por millones de familias rurales, al igual que en la industria (por ejemplo, en las vinaterías) y en granjas de pollos, ganado y pescaderías a gran escala. Se ha puesto especial atención a la creación de una red local de provisión de biogas y a la solución de los problemas ambientales siempre crecientes.

#### EL IMPACTO DE LAS NUEVAS BIOTECNOLOGÍAS

Desde fines de los años setenta, el crecimiento de la biotecnología moderna en los países desarrollados ha producido gran interés y preocupación en China. La gente comenzó a pensar en los grandes desafíos y en las nuevas oportunidades que China enfrentaba, a la luz de las tendencias mundiales de cambios tecnológicos tan rápidos. De esta manera, en 1982 la Comisión Estatal de Ciencia y Tecnología (CECT), y la Academia China de Ciencias (ACC), hicieron recomendaciones especiales para el otorgamiento de fondos adicionales en el Sexto Plan Quinquenal de China (1981-1985) para diversos proyectos de investigación en biotecnología que se llevarían a cabo como prioridades nacionales. En respuesta al llamado del premier Zhao Ziyang para estudiar la "Nueva revolución tecnológica y sus implicaciones para las políticas en China", se organizó un equipo de trabajo *ad hoc* en 1983 y se instrumentó una serie de paneles y talleres que redactarían los informes y harían las propuestas de políticas a seguir. Se subrayó que la biotecnología moderna tendría un impacto importante en varios de los principales sectores de la producción, especialmente el agrícola, farmacéutico y las industrias del procesamiento de alimentos.

Sin embargo, los avances en biotecnología son resultado de los esfuerzos integrados de investigación en la ciencia, tecnología e ingeniería, así como en la producción, administración y comercialización. Tradicionalmente, China ha tenido pocos lazos entre estas disciplinas, por lo que se propusieron diversos lineamientos de políticas para promover la biotecnología en el país. A esto siguió un borrador más detallado de políticas para el desarrollo de la biotecnología que se formuló y discutió en un taller nacional sobre biotecnología celebrado en Beijing en agosto de 1985 y al que asistieron 200 expertos.

A partir de entonces, la biotecnología se ha convertido en una de las áreas prioritarias tanto en el Séptimo Plan Quinquenal de China (1986-1990) como en el Programa de Investigación y Desarrollo a Mediano y Largo Plazos. Los proyectos de investigación de este último se centran en productos o procesos que podrían llegar al mercado para fines de este siglo o principios del próximo.

En general se concuerda con la idea de que el impacto de la biotecnología será doble: por una parte, la transformación tecnológica de la industria tradicional, y por la otra, el desarrollo de algunos nuevos sectores de la biotecnología. En el corto plazo, tendrá un importante efecto sobre varios sectores industriales existentes y traerá consigo cambios significativos en diversos momentos. En el largo plazo, habrá perspectivas mucho más amplias que podrían producir un profundo efecto sobre toda la sociedad. En este momento, dicho tema se ha convertido en sujeto de estudio en numerosos países.

Los nuevos productos de la biotecnología comenzaron a surgir en China apenas a principios de la década de 1980 y constituían el 2% del total de estos productos en 1985. Según un pronóstico reciente, la producción anual de productos basados en nuevas biotecnologías constituirán 20% del total de productos biotecnológicos y la participación total de éstos en el PNB aumentará de 1.5% en 1985 a 2.5% para el año 2000. Aunque el cambio parece insignificante, el tamaño del mercado interno es considerable.

#### OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

Por ser un país en desarrollo con una población enorme, China ha debido enfrentar graves problemas para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes. Existen grandes oportunidades para que China mejore su productividad, aumente la calidad de sus productos, disminuya el consumo de materias primas y energía y alivie los problemas ambientales a través de la aplicación de la biotecnología. Esto debe hacerse a través de una cuidadosa elección de los objetivos correctos en la investigación y el desarrollo nacionales y en la formación de sociedades de beneficio mutuo con otras organizaciones, tanto en el plano nacional como internacional.

Al observar las tendencias mundiales de difusión espacial de las innovaciones, es notable el aumento en las oportunidades para la instrumentación de diversas maneras de transferir tecnología a zonas caracterizadas por un medio ambiente externo más favorable. A este respecto, los nuevos avances en China son importantes. Primero, China ha decidido abrirse aún más al resto del mundo y acelerar la instrumentación de una nueva estrategia para el enlace de las regiones costeras de China con la economía mundial, y dar tratamiento preferencial a la inversión externa y a la importación de tecnologías extranjeras.<sup>2</sup> Segundo, algunas ciudades

<sup>2</sup> Nota del editor: Este artículo se escribió en 1989, antes de los acontecimientos políticos que ocurrieron en China a fines de ese año. La presentación de la información y su interpretación no refleja necesariamente cualquier cambio que pueda haber seguido a estas circunstancias.

relativamente avanzadas como Shanghai, Beijing, Shenzhen y otras han creado zonas especiales de desarrollo de alta tecnología y parques industriales, dando tratamiento aún más preferencial al desarrollo de alta tecnología, incluyendo a empresas totalmente extranjeras. Tercero, la movilidad de científicos e ingenieros para manejar empresas colectivas o privadas de alta tecnología, en su mayoría a las zonas de desarrollo especiales antes mencionadas. Estas empresas disfrutaban ahora de mayor libertad para la toma de decisiones y mayor flexibilidad para satisfacer las demandas del mercado.

No obstante, puesto que la ciencia y la tecnología implican una competencia económica feroz, es difícil evitar numerosas dificultades en el comercio internacional y en la transferencia de tecnología. Los desafíos son muchos y el más crítico es aquél que enfrenta un sistema de administración dosificado de ideas cuyo objetivo no es el desarrollo de las fuerzas productivas. El sistema también se caracteriza por niveles culturales, educativos, científicos y técnicos muy bajos, así como niveles de productividad laboral que no pueden competir mundialmente. Por otra parte, el sistema no está orientado hacia las necesidades de la política científica de China y el manejo del cambio técnico.

Es por ello que las reformas en todos los planos se están llevando a cabo de manera tan vigorosa y con tanta energía en China. El gobierno piensa que mientras China pretenda seguir una política correcta de apertura hacia el resto del mundo, las reformas en su manejo económico, en la ciencia, la tecnología y el sistema educativo y tome las medidas necesarias para superar sus debilidades tecnológicas, el país tendrá una buena oportunidad para obtener enormes beneficios de la revolución biotecnológica.

#### PRINCIPALES DEBILIDADES

Se estima que aproximadamente entre 4 000 y 5 000 trabajadores de la ciencia y la tecnología participan en investigación y desarrollo relacionados con la biotecnología. Están distribuidos en diversas localidades e instituciones y sus actividades están poco coordinadas. Aunque mucha gente se ha percatado de la importancia de la movilidad y cooperación trans e interdisciplinaria, así como interinstitucional, este importante requisito para el progreso aún no se pone en práctica. Además, existe una gran escasez de personal científico y tecnológico calificado. La investigación biotecnológica requiere de equipo especializado, agentes, organismos experimentales y enzimas.

Cuando las actividades pasan de la fase de investigación a la de producción, el proceso y los requisitos se vuelven críticos. La aplicación comercial de la biotecnología requiere de la integración de muchas tecnologías avanzadas como biorreactores en la aplicación de enzimas inmovilizadas, el cultivo de células vegetales y animales a gran escala y las tecnologías relacionadas con la separación y la

purificación. Todo esto forma un importante cuello de botella en el proceso de comercialización de los resultados de investigación de laboratorio.

La industria de biotecnología tradicional china, la cual tiene una larga historia de producción a gran escala, deberá desempeñar un papel importante en el desarrollo de investigación e industrial. Sin embargo, debido a razones tradicionales, esta capacidad debe aún fortalecerse. Su nivel tecnológico es bajo y el equipo es obsoleto. La industria necesita urgentemente de capital y personal calificado para modernizar las plantas existentes y mejorar la actuación general de las operaciones.

Para superar estas debilidades, se han hecho apropiaciones gubernamentales a fin de instrumentar proyectos clave de investigación y desarrollo de manera sistemática para la transformación de las industrias tradicionales. Como resultado de la actual reforma de los sistemas económico, científico y de manejo de tecnología en China, han surgido diversas formas de fortalecimiento de lazos laterales y de cooperación. Éstas incluyen mejores relaciones entre universidades, institutos de investigación y unidades de producción; unión de empresas importantes para fortalecer su capacidad de desarrollo tecnológico, y la cooperación internacional, incluyendo investigación y empresas conjuntas para la producción, administración y comercialización.

## APLICACIONES SECTORIALES DE BIOTECNOLOGÍA

### *Agricultura*

Las técnicas de cultivo de tejidos se utilizan en China desde hace muchos años. A principios de los años setenta, el cultivo de anteras y su aplicación en plantas fue una actividad importante y se han creado más de 20 cultivos de haploides y plantas económicas. China es uno de los principales productores mundiales de trigo, maíz, hule, álamo y cítricos haploides. Muchas nuevas variedades o características nuevas del arroz desarrolladas mediante el cultivo de anteras y haploides se encuentran en etapa de pruebas de campo a gran escala. El área de cultivo de arroz y trigo haploide se amplió a cientos de miles de hectáreas con beneficios económicos notables.

Desde hace años, en China se ha venido aplicando una biotecnología simple para la introducción de ADN exógeno en plantas después de la autopolinación (a través del tubo de polen) en algodón y arroz. Se ha logrado manipular o alterar con éxito los genes responsables de la resistencia a las enfermedades y otras características. Las variedades así estabilizadas se cultivan desde hace 7-10 generaciones en el campo. Mediante el cultivo de bioplastos y tecnología de fusión de células, se han obtenido nuevos tipos de diversas plantas. De particular importancia es la instrumentación de la planta de reproducción de bioplastos de arroz.

Resumiendo, la actual tendencia en la aplicación de biotecnología en la agricultura es el empleo de algunas técnicas biotecnológicas nuevas en el cultivo tradicional de plantas. En general, estas técnicas son fáciles de manejar y no requieren de

una inversión a gran escala; además, reducen el tiempo necesario para desarrollar nuevas variedades en unos cuantos años.

Existe una urgente necesidad en China de aumentar el rendimiento de los granos mediante el uso de técnicas tanto tradicionales como biotecnológicas. La contradicción entre una limitada cantidad de tierras de cultivo, la cual constituye menos del 7% del área total del mundo y el crecimiento permanente de la población (la cual representa el 22% de la población total del mundo), sólo podían resolverse a través del desarrollo de alta tecnología, especialmente biotecnología. De aquí que se haya alentado la combinación de biotecnologías nuevas y tradicionales en todas las localidades (por ejemplo, en el plano rural o en las granjas), y sus principales beneficios se hayan difundido en todo el sistema de extensión agrícola.

Con el Programa Spark, el gobierno proporciona apoyo técnico y financiero para revitalizar a la economía rural y espera que la “chispa” de la tecnología se disemine como el fuego en la pradera a lo largo de la vastísima área rural. Diversos proyectos en esta área se han clasificado como prioridades, por ejemplo, “la tecnología de cultivo de tejidos para la rápida reproducción de importantes plantas, flores y árboles de maderas comerciales”.

Otros usos de la biotecnología en la agricultura incluyen nuevos cultivos de peces de agua dulce que se han desarrollado y ahora entran al mercado; pesticidas microbianos que se aplican exitosamente en vegetales, pináceas, campos de arroz y maíz que cubren más de 18 millones de hectáreas; trasplante de embriones animales; agentes de diagnóstico de anticuerpos monoclonales utilizados para animales; y hormonas para acelerar el crecimiento de animales y aves de corral.

### *Servicios de salud*

En China se han producido antibióticos desde hace 30 años y éstos seguirán siendo un producto importante de la biotecnología en el futuro inmediato. La producción anual de antibióticos en China es la mayor del mundo debido a su enorme población. Sin embargo, su nivel tecnológico es bajo y el equipo de producción es obsoleto. La transformación técnica de las empresas ha comenzado ya y algunos de los avances más recientes incluyen el uso de enzimas inmovilizadas en la producción de penicilina.

China es también uno de los principales productores de vitamina C en el mundo, y una buena parte de su producción es para la exportación. En la década de los setenta, en China se desarrolló un proceso de fermentación para la producción de vitamina C fácil de manejar, de bajo costo y en dos etapas y desde entonces se ha utilizado ampliamente para la producción comercial. Hace pocos años, esta tecnología fue transferida a una empresa multinacional bajo un acuerdo. Esta transferencia representa el papel potencial de algunas de las tecnologías desarrolladas en China en el comercio internacional.

Aproximadamente 27 millones de pacientes sufren actualmente de hepatitis B en China y el cáncer es la segunda causa de muerte, por lo que la investigación y el

desarrollo de interferón y vacuna contra la hepatitis B por medio de ingeniería genética se ha venido llevando a cabo de manera activa durante varios años. Ambas tecnologías entraron ya a la etapa de planta piloto y se está instrumentando la producción a gran escala de interferón y vacuna contra la hepatitis B con transferencia de tecnología del exterior. También se está realizando una investigación similar en otros países en desarrollo, aunque el gran mercado de China es un estímulo significativo.

Se han difundido técnicas de hibridoma a través de una serie de cursos de capacitación diseñados para permitir que los investigadores tengan acceso a este tipo de conocimientos tan vitales. Actualmente, más de 100 unidades ya manejan esta técnica y se han obtenido más de 50 tipos de hibridomas, capaces de producir anticuerpos monoclonales. Algunos de los agentes de diagnóstico de estos anticuerpos ya se producen comercialmente.

#### *Enzimas para el uso industrial*

Hace sólo unos cuantos años, China producía únicamente entre 20 y 30 tipos de enzimas utilizadas en alimentos, fermentación de bebidas alcohólicas, productos farmacéuticos e industrias textiles. Actualmente, existen cerca de 40 fábricas que producen unos 60 tipos de preparaciones enzimáticas con una producción total de más de 20 000 toneladas anuales. Además se emplean enzimas inmovilizadas para producir penicilina. Por otra parte, se han utilizado enzimas herramienta en ingeniería genética ya producidas en China, reduciendo así la dependencia de los investigadores locales en las fuentes externas para la obtención de este insumo tan vital. También se produce comercialmente miel alta en fructosa. Sin embargo, la industria de las preparaciones de enzimas necesita fortalecerse para mejorar su calidad y diversificar sus líneas de producción. La ingeniería de enzimas se encuentra entre las principales prioridades del desarrollo de la biotecnología en China.

#### *Energía y protección ambiental*

Las plantas de biogas se popularizaron en China principalmente para solucionar la escasez aguda de combustible en las zonas rurales. Hasta fines de la década de los setenta, siete millones de plantas a pequeña escala habían sido instaladas en hogares rurales. Actualmente, con el desarrollo de las empresas rurales, existe la creciente preocupación por la contaminación en el campo. Por ello es natural que algunas de las empresas rurales utilicen los desechos industriales o agrícolas para producir biogas que se distribuye a través de conductos hacia los hogares vecinos y otras empresas rurales. Para una granja de animales y aves de corral, los residuos sólidos de los digestores anaerobios pueden utilizarse nuevamente para alimentar a las aves y peces, o simplemente como fertilizantes. Es mucho más fácil mejorar estos digestores anaerobios a gran escala que la producción a pequeña escala que manejan las familias individuales.

Las aguas residuales provenientes de muchos procesos de fermentación de alimentos, refinación de azúcar, vinaterías y otros pueden tratarse en digestores anaerobios para producir biogas, pero el tratamiento del licor residual de la manufactura de papel y pulpa es mucho más complicado y ha producido gran preocupación. La industria de papel y pulpa produce 3.3 miles de millones de metros cúbicos de agua residual anual, lo cual constituye el 10% de todo el drenaje de este tipo de desechos industriales en China. El contenido de BOD<sub>5</sub> representa el 25% del total de BOD<sub>5</sub>. Por ello, muchos de los resultados de investigación han demostrado que para el tratamiento de aguas residuales de ciertos procesos de fabricación de papel (por ejemplo, el proceso de cal), el tratamiento anaerobio podría resultar muy eficaz.

La lixiviación microbiana de ciertos minerales es una importante aplicación de la biotecnología que puede solucionar algunos problemas de contaminación y sirve para recuperar metales de bajo grado. Se ha utilizado en la lixiviación de minerales de cobre y uranio, aunque sólo a pequeña escala y existe la urgente necesidad de utilizar este tipo de lixiviación en las minas de oro.<sup>3</sup>

#### ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

Hasta ahora, las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la biotecnología están diversificadas y distribuidas en muchas instituciones, sectores y regiones. La investigación sobre nuevas biotecnologías comenzó apenas a fines de los años setenta o principios de los ochenta, pero ha crecido con rapidez, cubriendo un amplia gama de actividades y alcanzando algunos logros preliminares en campos como el de ADN recombinante, hibridoma de linfocitos, fusión de células y protoplastos, inmovilización de células y enzimas y cultivo a gran escala de células vegetales y animales. Se han desarrollado ciertos productos nuevos de biotecnología para su comercialización, aunque aún en cantidades reducidas. Éstas incluyen diagnósticos de anticuerpos monoclonales, miel alta en fructosa, proteínas unicelulares, pesticidas microbianos, polisacáridos microbianos, nuevas preparaciones de enzimas y algunos cultivos de meristemas libres de virus.

Siguiendo el camino de los avances en el extranjero, la capacidad de los científicos chinos de imitar o trasplantar un experimento en el campo de la tecnología más avanzada, es mucho mayor que en los terrenos de los procesos de recuperación y de ingeniería. De aquí que la comercialización de resultados de investigación de laboratorio logrados hasta ahora, se limitan a aquellos procesos que requieren de una tecnología de procesamiento simple. Para aquellos con ingeniería y equipo de producción más sofisticados, generalmente se requiere de una relación con el exterior.

<sup>3</sup> Para una revisión más detallada de la biotecnología en la minería, consúltese Acharya y Spencer, 1990.

Para poder organizar los esfuerzos en ciencia y tecnología de manera más eficaz y con objetivos definidos, el gobierno chino, entre los muchos programas que lanzó recientemente, calificó a diversos programas de investigación y desarrollo en biotecnología como prioridades nacionales. Estos programas deben complementarse entre sí y servirse de las tecnologías tradicionales ya establecidas en el campo.

#### *El programa de investigación y desarrollo de alta tecnología*

Este programa es un esfuerzo a largo plazo cuyo objetivo es comercializar nuevos productos para fines de este siglo o principios del próximo. El programa subraya los temas de investigación que podrían ayudar a desarrollar nuevas variedades de alto rendimiento, animales y plantas de alta calidad resistentes a enfermedades o insectos, nuevas vacunas y medicinas e ingeniería de proteínas para poner en práctica nuevas formas de producción en el procesamiento de alimentos, ingeniería química, los productos farmacéuticos y la agricultura.

#### *El plan de ciencia y tecnología (1986-1990)*

El Séptimo Plan Quinquenal para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (1986-1990) es un esfuerzo a corto plazo de investigación y desarrollo cuyo objetivo es llegar al mercado a fines de la década de 1980 o principios de 1990. Aproximadamente 45% del presupuesto planeado para investigación y desarrollo en biotecnología es para apoyar el desarrollo de la ingeniería de fermentación y enzimas, principalmente la transformación técnica de los sectores de producción existentes. El restante apoyaría el desarrollo de ingeniería genética y celular, principalmente para desarrollar nuevos productos y procesos biotecnológicos. Los sectores de producción a cubrir son la agricultura, la silvicultura, la cría de animales, la piscicultura, los productos farmacéuticos, el procesamiento de alimentos, las industrias ligeras y la protección ambiental.

#### *El Programa Torch*

Este programa fue lanzado para dar apoyo técnico y financiero a las empresas industriales y promover la comercialización de los resultados de investigación y desarrollo de alta tecnología. Se están considerando como prioridades de auxilio varios proyectos en el campo de la biotecnología.

#### *El Programa Spark*

Este programa fue lanzado por el gobierno para dar ayuda técnica y financiera a las empresas rurales, incluyendo la instalación de plantas de demostración, proporcionando plantas completas y conocimientos técnicos para la capacitación de la fuerza de trabajo local. Con este programa, se han identificado áreas prioritarias como "el desarrollo de productos biotecnológicos tales como los polisacáridos microbianos, la producción de proteínas de origen unicelular y forrajes especiales a partir de desechos industriales, aditivos para forrajes, tecnología de

cultivo de tejidos para la reproducción rápida de flores, plantas y árboles, preparaciones de enzimas y alimentos”.

De hecho, muchos otros proyectos identificados como prioritarios también se relacionan con la biotecnología, por ejemplo, el desarrollo de frutas de alta calidad y rendimiento, nuevas especies mejoradas de maricultura y acuicultura y la utilización de animales y plantas para propósitos médicos, utilización amplia de productos agrícolas secundarios y el desarrollo de refrescos. Para instrumentar estos programas, la CECT, oficina gubernamental responsable de las políticas nacionales de ciencia y tecnología, administración e implantación de dichos programas, ha instalado oficinas permanentes, comités de asesoría y un centro especial llamado Centro de Desarrollo en Bioingeniería de China (CDBC).

El Centro Nacional de Investigación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (CNIDCT), perteneciente a la CECT, también participa activamente en la asesoría y pronóstico tecnológico, la formulación de políticas nacionales para la biotecnología y la evaluación de sus resultados. Los miembros del comité asesor son expertos en biotecnología y no sólo proporcionan asesoría en la identificación de áreas prioritarias y temas de investigación y desarrollo claves, sino que también intervienen activamente en la revisión especializada de propuestas de investigación y llevan a cabo algunos de los proyectos clave.

La fuerza de investigación en biotecnología más importante parece localizarse en Beijing y Shanghai, especialmente en algunos de los institutos de investigación que forman parte de la Academia China de Ciencias Médicas (ACCM) y la Academia China de Ciencias Agrícolas (ACCA). Estas instituciones también colaboran en investigación de biotecnología médica y agrícola, respectivamente. La nueva biotecnología cubre un amplia gama de especialidades, pero China carece de una base de investigación amplia y multidisciplinaria. Para alcanzar una mejor coordinación se han formado paneles y comités *ad hoc* para que actúen como cuerpo asesor del gobierno. Los miembros de éstos son expertos de universidades o institutos de investigación que poseen fuerza relativa en biotecnología.

Bajo los auspicios de diversas academias y como colegios e instituciones independientes, gran cantidad de instituciones participan en la investigación en biotecnología. Y aun más instituciones están participando en el Séptimo Plan Quinquenal para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el plano nacional, sectorial o local.<sup>4</sup> Una nueva estrategia para la promoción de la cooperación interdisciplinaria e interinstitucional es la creación de “laboratorios abiertos”, donde la mayoría del personal de investigación son visitantes de otras universidades, institutos de investigación y sectores productivos, incluyendo visitantes de otros países. Con sus propios investigadores calificados e instalaciones muy modernas, estos laboratorios abiertos lograrán contribuir significativamente al desarrollo de la alta tecnología, especialmente en la investigación básica y aplicada.

<sup>4</sup> Consultar el Apéndice I para obtener una muestra de las instituciones chinas que participan en la investigación biotecnológica.

Hasta ahora, sólo hemos mencionado instituciones estatales. Por tradición, todas las universidades, institutos de investigación y empresas manufactureras eran estatales. Hace sólo unos cuantos años algunas personas muy emprendedoras, alentadas por las nuevas políticas del gobierno, rompieron con sus institutos de investigación originales para instalar unidades de investigación y desarrollo privadas. Estas instalaciones fundamentalmente sirven a las empresas rurales con algunos proyectos de desarrollo, mientras que otras manejan compañías de investigación y desarrollo e inclusive empresas de alta tecnología. Y al parecer, son cada vez más numerosas.

Una encuesta reciente mostró que desde 1987, el número de unidades y empresas de investigación privadas se ha duplicado, y en 1989 eran ya 11 274 unidades con 300 000 empleados. Una proporción significativa de éstas está compuesta por empresas de alta tecnología o sucursales de las empresas estatales. Y es importante señalar que la formación de estas pequeñas compañías influirá en el progreso de la tecnología.

Por otra parte, también se han puesto en práctica reformas para reorganizar las grandes empresas estatales con poca capacidad científica y tecnológica y de investigación y desarrollo. Algunas de ellas se están uniendo para formar grupos más grandes que fortalezcan su propia capacidad tecnológica y establecer relaciones de cooperación con universidades e institutos de investigación. Otras están buscando socios extranjeros para modernizar sus procesos y equipos de fabricación, desarrollar nuevos productos e instrumentar nuevas empresas. La reestructuración del sistema de investigación y desarrollo se encuentra aún en sus etapas iniciales y el CNIDCT nombró un grupo especial de investigación para estudiar y evaluar el resultado de las reformas al sistema.

## ESTRATEGIA DE DESARROLLO Y PRONÓSTICO

Debido a que cubre un área vastísima que varía desde zonas templadas a semitropicales y tropicales, con condiciones topográficas, climáticas y de tierras muy variadas y con recursos biológicos abundantes, China posee ecosistemas únicos que le proporcionan condiciones muy favorables para el desarrollo de la biotecnología.<sup>5</sup> La riqueza de sus recursos de germoplasma vegetal y materias primas renovables aún no han sido explotados completamente. Más de 30 000 variedades de plantas existentes en China proporcionan un amplia gama de material para iniciar técnicas de manipulación genética avanzada y los progresos alcanzados en la actualidad permiten que el tiempo necesario para desarrollar nuevas variedades se reduzca varios años.

China ha construido unos cimientos bastante fuertes en algunas áreas de las ciencias de la vida. La síntesis química de la insulina, lograda por los científicos chinos en 1965

<sup>5</sup> Para una evaluación de las interrelaciones entre biotecnología y recursos genéticos, consúltese Juma, 1989.

y la síntesis de la molécula del ácido ribonucleico en 1981 demuestran la capacidad de los científicos chinos en la investigación básica. Por ejemplo, con la reciente instalación de algunos laboratorios modernos y centros de investigación en Shanghai y Beijing, y el creciente intercambio y cooperación internacional, su capacidad para enfrentar proyectos clave de investigación y desarrollo se fortalecerá aún más.

La industria tradicional de biotecnología en China ha tenido un grado de producción bastante importante. Debido a la enorme demanda del mercado de alimentos y productos médicos, así como a las políticas de apoyo del gobierno para el desarrollo de la biotecnología y su apertura al resto del mundo, las posibilidades de fortalecer su capacidad científica y tecnológica parecen alentadoras. Los beneficios producidos por los cambios graduales en su transformación tecnológica serán notables y puede predecirse un crecimiento continuo de este sector industrial.

Al considerar todas las condiciones favorables y desfavorables y a través de años de estudios y debates para la creación de políticas orientadas, se ha llegado a un consenso general en torno a la estrategia de desarrollo de la biotecnología en China que cubre al menos dos amplios temas. Primero, en vista de los recursos humanos y financieros limitados de que dispone, China no puede competir en igualdad de circunstancias con los países desarrollados. Sólo puede adoptar la dirección de objetivos limitados para concentrar sus esfuerzos y obtener resultados en algunas áreas clave seleccionadas.

En los próximos 30 años, el principal objetivo de la investigación y el desarrollo en dicho país es seguir el camino del desarrollo de las tecnologías y procesos avanzados; simultáneamente, la investigación básica y aplicada en China debe mejorarse en forma continua, especialmente en aquellas áreas en las que China es superior en competencia científica y tecnológica o en sus recursos naturales. También es de importancia vital fortalecer su capacidad en innovación tecnológica y hacer que los productos y tecnologías desarrolladas resulten competitivas en el mercado mundial.

Segundo, el propósito fundamental del desarrollo de la biotecnología es satisfacer las necesidades de más de mil millones de personas a través de la provisión de alimentos, servicios médicos, energía, explotación de recursos naturales y la solución de los problemas ambientales y ecológicos. Por consiguiente, la agricultura, la silvicultura, la ganadería, la piscicultura, la industria farmacéutica y la salud, la industria ligera y el procesamiento de alimentos deben calificarse como industrias objetivo para el desarrollo de la biotecnología.

Una proyección reciente habla del estado general de la biotecnología en China para el año 2000. A través de la propia investigación y desarrollo en China o de la transferencia de tecnología del extranjero, líneas de nuevos productos entrarán en la fase de la producción comercial y llegarán al mercado, y su producción constituirá el 20% de la producción total de biotecnología en el año 2000 (contra la cifra de 2% en 1985). Las industrias de biotecnología tradicionales se habrán "modernizado" para el año 2000 con un nivel tecnológico comparable al de los países

desarrollados en la década de 1980. Un tema particularmente importante es la modernización de grandes industrias como la de los antibióticos, productos biológicos, vinaterías y fabricación de solventes industriales, que reducen el consumo de materias primas y energía, disminuyen los costos de producción, mejoran la calidad, y desarrollando nuevos productos y capacidades de producción para solucionar problemas de contaminación ambiental.

Se calcula que el número de personal científico y tecnológico que participará en biotecnología se ampliará de entre 4 000 y 5 000 actualmente, a 8 000-10 000 para el año 2000. Habrá una enorme expansión de las disciplinas necesarias para conformar una estructura razonable y trabajar de una manera más coordinada. Aun entonces, seguirá habiendo una gran brecha entre el nivel de la investigación y desarrollo en biotecnología en China y el de los países desarrollados a mediados de la década de 1990, mientras que para los procesos de recuperación tales como biorreactores y tecnologías de separación y purificación, el nivel en el año 2000 sólo será comparable al del mundo desarrollado a mediados de los años ochenta.

Por supuesto, esto no significa que en cualquier campo de investigación y desarrollo biotecnológico el personal científico y tecnológico no podría hacer descubrimientos y lograr innovaciones. Debido a que existen grandes diferencias entre diversas disciplinas e instituciones, este pronóstico nos muestra un cuadro poco definido.

También hemos hecho un pronóstico sobre el desarrollo de la biotecnología en China según el potencial del mercado interno y las posibilidades de exportación, el grado de madurez de la tecnología productiva en el extranjero, la posibilidad de importación y adaptación de la tecnología, la capacidad productiva existente en China y sus posibilidades de desarrollo y la disponibilidad de materias primas y recursos naturales. Aunque el valor absoluto de la producción y el rendimiento económico presentan todavía cierta controversia, el consenso general acerca de las prioridades cubre los productos farmacéuticos, el procesamiento de alimentos y la agricultura.

En los farmacéuticos, debe subrayarse la transformación técnica de la industria de los antibióticos para aumentar el número de nuevos productos y su rendimiento, la preparación de enzimas para diagnóstico, de anticuerpos monoclonales, la producción de vacunas mediante ingeniería genética; de polipépticos activos, de diversos aminoácidos, de reactivos bioquímicos y el cultivo a gran escala de células animales y vegetales para la producción de metabolitos secundarios.

En el procesamiento de alimentos y la industria ligera debe subrayarse la transformación técnica de las actuales industrias de preparaciones enzimáticas para mejorar la calidad de los productos y ampliar la serie de éstos; de la industria del procesamiento profundo de almidones, la de las bebidas alcohólicas y los refrescos, así como la producción de aquellas especies que tienen una gran demanda de mercado; la de proteínas unicelulares y sus series de productos; nuevos tipos de preparaciones enzimáticas alimenticias; aditivos alimenticios; aditivos para forrajes y reactivos biológicos para el procesamiento de alimentos.

En la agricultura, debe subrayarse el desarrollo de variedades finas de cultivos de alto rendimiento y alta resistencia, plantas y animales de importancia económica; la rápida reproducción de variedades animales y vegetales; vacunas y anticuerpos monoclonales con ingeniería genética y la producción de hormonas para promover el crecimiento de animales y plantas.

#### EL PAPEL DESEMPEÑADO POR EL GOBIERNO

Puesto que las nuevas tecnologías están superando muchas de las barreras que habían obstaculizado los avances en el pasado, está surgiendo en todo el mundo una nueva ola de interdependencia entre los diferentes sectores, tecnologías y países. En conformidad con la tendencia histórica del momento, China ha adoptado la política de apertura hacia el exterior y se han realizado grandes esfuerzos para crear un medio ambiente más favorable para alentar la transferencia de tecnología y la inversión extranjera. Una cuestión particularmente importante es la instrumentación de una nueva estrategia para orientar las exportaciones de las áreas costeras de China y fortalecer su participación en la economía internacional. Puesto que la mayor parte de la investigación, desarrollo y actividades productivas en biotecnología en China se localizan en las costas, esta decisión estratégica producirá una nueva oportunidad para la difusión internacional de la biotecnología.

Se reconoce que se han hecho grandes logros desde que China decidió a fines de 1978 establecer su sistema de reformas y políticas de apertura. Para fines de 1987, China había aprobado 9 973 proyectos con fondos extranjeros, de los cuales, 4 300 han comenzado a operar y 80% de éstos se localizan en las zonas costeras. Tan sólo en 1987, se aprobaron 2 233 proyectos con una inversión extranjera directa (IED) de 1 900 millones de dólares. El comercio internacional total aumentó de 20 600 millones de dólares en 1978 a 82 700 millones en 1987 y a 102 790 millones en 1988. Esto representó en verdad un nivel significativo de aumento en un período relativamente corto.

Sin embargo, mientras que el comercio externo y la economía interna han entrado en una etapa de auge, China también ha debido enfrentar una serie de nuevos problemas. Deben realizarse esfuerzos largos y agotadores para crear un mejor medio ambiente. Es necesario estimular y alentar el flujo hacia el país de IED y tecnología, reconociendo los obstáculos para la adquisición y adopción de tecnologías que cambian con rapidez. Sin embargo, hay que señalar que la capacidad tecnológica local es un factor clave en el manejo de las nuevas tecnologías para satisfacer las crecientes necesidades de acuerdo con las condiciones locales. El enfoque hacia la IED y la tecnología extranjera debe verse con esta perspectiva. Esta es otra área en la que el gobierno debe desempeñar un papel importante.

Históricamente, el Estado ha sido el principal actor en el campo de la ciencia y la tecnología; ha financiado la mayor parte de las actividades en este campo,

ha creado muchas de sus instituciones y un medio ambiente favorable para la promoción de la ciencia y la tecnología en el desarrollo del país. Y esto es particularmente cierto cuando se tratan de enfrentar los desafíos de la nueva revolución tecnológica mundial. Hasta ahora, el gobierno ha iniciado diversos pasos preliminares para que China pueda beneficiarse de los actuales avances en la ciencia y en la tecnología.

#### *Una mejor coordinación*

La CECT y el Centro de Desarrollo en Bioingeniería de China, dependiente del primero, han movilizado a notables expertos de importantes instituciones de investigación para formar un comité y varios subcomités *ad hoc* para lograr una mejor coordinación de políticas, planeación y diversificación de actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la biotecnología. El CNIDCT que opera bajo la CECT fue creada para supervisar los avances en el desarrollo de la biotecnología, llevar a cabo estudios orientados a la creación de políticas y proponer opciones de políticas al gobierno.

Desde 1987, la CECT deberá administrar todos los fondos del gobierno para investigación y desarrollo, exceptuando los destinados a las actividades militares. Puesto que la mayoría de las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la biotecnología reciben fondos del gobierno, este nuevo mandato resultará un mejor mecanismo para la coordinación interdepartamental e interinstitucional. El problema está en la creación de la capacidad de administración adecuada que requiere un amplio conocimiento básico del manejo, producción y comercialización de la investigación y el desarrollo. Por ello, la falta de un buen mecanismo de coordinación parece ser una de las grandes debilidades de China, aunque en realidad no se trata de una situación única, ya que gran número de países en desarrollo e industrializados están enfrentando problemas similares.

#### *Fortalecimiento de la base de conocimientos*

En los últimos años, muchas instalaciones modernas de investigación clave se han creado en algunas universidades e institutos de investigación. También es fácil observar el aumento en la distribución de fondos gubernamentales para biotecnología en su Programa de Investigación y Desarrollo de Alta Tecnología a largo plazo, así como en los planes a corto plazo de ciencia y tecnología. Esto representa un reconocimiento de la naturaleza de largo plazo de los cambios tecnológicos.

La creación de la Fundación Nacional de Ciencia (FNC) en 1986 ha abierto un nuevo canal para el apoyo de la investigación básica y aplicada en algunas instituciones, especialmente en las universidades. Si tomamos en consideración que los disturbios de la Revolución Cultural (1966-1976) trajeron consigo una disminución importante del número y la calidad de estudiantes graduados durante este período y la obsolescencia de la vieja generación en esta nueva área emer-

gente de la biotecnología moderna, nos damos cuenta de que la necesidad de fortalecer la base de conocimientos será aún más aguda.

#### *Promoción de la actitud y el clima empresarial*

El reciente auge de empresas privadas de alta tecnología, principalmente en el campo de la electrónica, los equipos y algunas industrias de servicios de alta tecnología, se debe fundamentalmente a la reciente política que permite que el personal científico y tecnológico deje las instituciones estatales para montar empresas privadas. Una serie de medidas han sido adoptadas para implantar esta política. Se han introducido incentivos fiscales para las empresas y se ha otorgado capital de riesgo no sólo por parte de industrias rurales privadas y colectivas, sino también de bancas de inversión y otras instituciones propiedad del Estado.

En 1983, cuando la CNIDCT sugirió al gobierno que otorgara capital de riesgo a algunos empresarios potenciales, el término "capital de riesgo" todavía resultaba controvertido. Sin embargo, hoy se reconoce ampliamente que es necesario que el gobierno provea de un medio ambiente que conduzca en lo fundamental al inicio y avance de riesgos y empresarios innovadores. Esto requiere el establecimiento de leyes corporativas, políticas fiscales y monetarias, códigos para licencias y reglamentos y otros instrumentos, todos ellos dirigidos a esta meta y que requerirían un esfuerzo largo y agotador, sin mencionar los problemas que provienen de los factores culturales que han obstaculizado la creación de empresas desde hace tanto tiempo.

#### *Promoción de lazos institucionales*

Es irónico que aunque los principales sectores productivos, institutos de investigación y universidades son estatales, los lazos entre los sectores productivos y las instituciones de investigación han sido escasos. Esta situación ha mejorado en los últimos años debido a una serie de políticas instrumentadas por el gobierno y que incluyen incentivos a profesores e investigadores para que funcionen como asesores o firmen contratos con empresas; de esta manera, tienen la oportunidad de participar en la transformación de la tecnología o en proyectos de desarrollo de tecnología de las empresas.

Se han otorgado incentivos para que el enorme excedente de fuerza de trabajo maneje empresas rurales que podrían utilizar materias primas locales y mano de obra barata para satisfacer la enorme demanda del mercado. Su debilidad en cuanto a la capacidad técnica y científica resulta una gran oportunidad para que las universidades e instituciones de investigación establezcan relaciones con estas empresas pequeñas y medianas y posteriormente se amplíen para establecer relaciones con las grandes empresas estatales.

El lanzamiento de los Programas Spark y Torch por parte del gobierno también ha resultado un marco para la promoción del desarrollo de la biotecnología.

Además, se le ha dado un mayor ímpetu gracias a la creación de una comunidad tecnológica que frecuentemente organiza ferias tecnológicas, exposiciones y proporciona asesoría e información para la promoción de transacciones de tecnología entre los proveedores y usuarios de ésta.

#### *Introducción de reglamentos y leyes relevantes*

En 1985, el gobierno promulgó una ley de patentes que también cubre inventos biológicos. Los nuevos microorganismos están protegidos por esta ley y se requiere que los inventores depositen muestras de éstos en China. El Instituto de Microbiología tiene una colección de microorganismos, incluyendo muestras para los patentados. La ley de Contacto Tecnológico, promulgada en 1987, principalmente debido al aumento en el número de transferencias de tecnología en el país y los contactos de investigación y desarrollo que producen gran cantidad de problemas y disputas. También se han creado diversos reglamentos y leyes sobre transferencia de tecnología internacional e inversión extranjera. Para promover el desarrollo de la biotecnología se están iniciando los procedimientos para introducir reglamentos de seguridad, nuevas normas de calidad de los productos y leyes para la utilización y protección de recursos biológicos. También se estudian las medidas para garantizar la protección de los derechos de la propiedad intelectual.

#### *Mejorar la infraestructura para la investigación*

El gobierno se ha comprometido a instalar y desarrollar industrias de servicios para biotecnología y de esta manera proporcionar materiales como animales experimentales, enzimas, compuestos de isótopos, cargadores para inmovilización, reactivos especiales, instrumentos y equipos especiales. La infraestructura biotecnológica que el gobierno desarrolla también está diseñada para mantener una amplia colección de recursos biológicos, establecer un banco de genes y crear bancos de datos en biotecnología. Además, el gobierno también establecerá una red de información nacional para fortalecer las capacidades en evaluación tecnológica, pronósticos, políticas y planeación, información y supervisión.

#### *Promoción de intercambio y cooperación internacional*

El gobierno desempeña un papel muy activo en la promoción del intercambio y la cooperación internacional en biotecnología a través de varios canales como acuerdos bilaterales de cooperación científica y técnica entre China y otros países tanto en desarrollo como industrializados. El intercambio internacional también se logra a través de actividades acordadas bajo el auspicio de agencias de Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales.

Bajo el Programa de Intercambio Educativo del gobierno, se envía al extranjero a estudiantes y académicos visitantes para obtener conocimientos más avanzados en biotecnología moderna. Muchos profesores visitantes extranjeros participan ya en investigaciones conjuntas en los laboratorios abiertos y centros de investigación de China,

varias empresas estatales han logrado también la importación y adaptación de biotecnología importada y se esperan nuevas transacciones de tecnología. El tema de la cooperación internacional es particularmente importante debido a que otros países están logrando grandes avances en biotecnología y China necesita poder acceder a éstos.

#### *Alcances de la cooperación internacional*

En ninguna etapa del desarrollo ningún país debe permanecer fuera de la carrera de los avances biotecnológicos que probablemente afectarán su crecimiento durante mucho tiempo. Los avances en biotecnología tendrán un gran efecto en los países en desarrollo, particularmente en la producción de alimentos y la agricultura, los farmacéuticos, las medicinas y otros diversos campos. Sin embargo, el otorgamiento de enormes fondos para la investigación y el desarrollo en biotecnología en los países industrializados por parte del gobierno y el sector productivo, no puede emularse en un país en desarrollo como China. Éste debe aprovechar completamente la cooperación internacional para fortalecer su propia capacidad de investigación y mejorar su capacidad productiva, mientras que el fortalecimiento de su capacidad tecnológica endógena favorecerá la cooperación internacional y la transferencia de tecnología.

Si tomamos en consideración la tendencia creciente de privatización del desarrollo tecnológico, debe llevarse a cabo la cooperación internacional de diferentes maneras según la naturaleza de quien requiera la colaboración y el beneficio mutuo de los colaboradores potenciales. En general, el alcance de la cooperación internacional incluye diversas medidas.

Para mejorar la capacidad productiva en algunos sectores intensivos en tecnología y capital, es necesario alentar y estimular el flujo hacia el país de tecnología, junto con la inversión extranjera directa. Esto podría incluir la creación de empresas conjuntas de riesgo con empresas extranjeras que poseen los conocimientos necesarios en producción, administración y mercados internacionales. Los requisitos críticos a este respecto son el fortalecimiento de la capacidad tecnológica endógena a través de la elección adecuada de tecnología y los proveedores de ésta y la capacidad de adaptarse y absorber la tecnología importada.

También existe lugar para la colaboración en el desarrollo de la infraestructura requerida tanto para la investigación de productos como para el desarrollo de procesos. Por ejemplo, esto puede lograrse con el desarrollo de bancos de datos en biotecnología, la impartición de cursos de capacitación y seminarios y en la provisión de diversas maneras de intercambiar información. La mayoría de las organizaciones nacionales e internacionales han participado en investigación básica que difícilmente dará frutos en el plano comercial en el futuro cercano. Sin embargo, este tipo de actividades es importante para el fortalecimiento de nuestra base de conocimientos común y para la capacitación de una nueva generación de fuerza de trabajo para el desarrollo futuro. Por consiguiente, es importante que China colabore en las áreas que serán competitivas.

En algunos campos de la agricultura y la utilización de desechos industriales, muchos países en desarrollo están intentando solucionar sus problemas según sus propias condiciones. Algunos de ellos son comunes a otros países en desarrollo y el trabajo de investigación (como en el caso del cultivo de tejidos y otras técnicas de mejoramiento vegetal) no implica necesariamente grandes inversiones. Por ello existe un gran campo para que los científicos e ingenieros tanto de los países en desarrollo como industrializados realicen esfuerzos conjuntos por solucionar estos problemas, porque la escasez mundial de alimentos y los problemas de protección ecológica y ambiental que empeoran son una amenaza común para la humanidad.

Resumiendo, existe un campo considerable para una mayor cooperación en el nivel internacional respecto a la biotecnología. Esto es particularmente esencial en lo referente a la creciente cooperación entre los países en desarrollo en el comercio y la investigación

## CONCLUSIONES

A pesar de los desafíos y debilidades, China aún tiene una buena oportunidad de beneficiarse de los avances en biotecnología, mientras pueda introducir las políticas y acciones adecuadas para superarlos. El sector de producción industrial más importante en términos de la actual comercialización de biotecnología es el de los farmacéuticos y otros productos de fermentación. Debido a la gran demanda nacional y a las actuales políticas que favorecen su desarrollo, los beneficios producidos por los cambios cada vez mayores en la utilización de la nueva biotecnología para mejorar la tradicional serán notables. Y en algunos sectores que requieren mayor tecnología y capital es más probable que pueda incorporarse eficazmente la IED con transferencia de tecnología y experiencia en administración y comercialización internacional.

La agricultura es otra de las áreas importantes que la biotecnología continuará afectando. Sin embargo, las nuevas técnicas biotecnológicas no reemplazarán el mejoramiento vegetal tradicional y la investigación y el desarrollo en esta área no implican necesariamente grandes inversiones. Por consiguiente, deben alentarse los proyectos de investigación como el uso de cultivos de tejidos y técnicas de mejoramiento vegetal en el plano local, mientras que investigadores de primera clase deben llevar a cabo algunos proyectos a largo plazo en instalaciones modernas. El gobierno ha iniciado una serie de acciones que incluyen: el mejoramiento del mecanismo de coordinación, el fortalecimiento de la base de conocimientos y el lanzamiento de programas de investigación y desarrollo tanto a corto como a largo plazo con un aumento notable en la provisión de fondos; la promoción de empresas que alienten el crecimiento de riesgos de alta tecnología, incluyendo las privadas y mejorando los lazos entre

universidades, institutos de investigación y los sectores productivos; creando leyes y reglamentos al respecto; mejorando la infraestructura y promoviendo los intercambios y la cooperación internacional. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer para superar nuestros puntos débiles.

Como se subraya en este artículo, se ha realizado un análisis cuidadoso del potencial, las posibilidades y las condiciones nacionales del mercado para definir las áreas objetivo, establecer las prioridades y pronósticos. Tomando en consideración las tecnologías cambiantes en el extranjero y las importantes reformas estructurales que ocurren en China, el pronóstico, las políticas y la planeación seguramente tendrán fuertes limitaciones, por lo que el proceso de desarrollo tanto dentro como fuera del país debe supervisarse constantemente para poder hacer los ajustes necesarios.

El desarrollo de la nueva tecnología está echando abajo muchas de las barreras que impedían el progreso. Está surgiendo una nueva ola de interdependencia entre las tecnologías, sectores y países de todo el mundo. En conformidad con las tendencias históricas de estos tiempos, China ha adoptado una política de apertura, ha orientado sus regiones costeras hacia la exportación y mantenido lazos cercanos con la economía mundial. Existe un campo considerable para llegar a una mayor cooperación en biotecnología, particularmente por lo que respecta a la cooperación sur-sur.

*Traducción Lili Buj*

#### BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, R. y Spencer, R. (1990), "Biotechnology in Mining: Recent Evidence", *Biopolicy 3*, Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados, Acts Press, Nairobi.
- Juma, C. (1989), *The Gene Hunters: Biotechnology and the Scramble for Seeds*, Princeton University Press, Princeton, Estados Unidos y Zed Books, Londres.

## APÉNDICE

*Las Instituciones de Investigación Biotecnológica en China: una muestra.*

**1. Universidades**

Universidad de Beijing (Beijing)

Universidad Fu-dan (Shanghai)

Universidad China de Ciencia y Tecnología (He-fei)

Universidad Zhong-shan (Guangzhou)

Universidad Najing (Najing)

**2. Academia China de Ciencias**

Instituto de Investigaciones Genéticas (Beijing)

Instituto de Investigaciones Físicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones Microbiológicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones en Biología para el Desarrollo (Beijing)

Instituto de Investigaciones Químicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones Botánicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones Acuáticas (Wuhan)

Instituto de Investigaciones en Biología Celular de Shanghai

Instituto de Investigaciones en Fisiología Vegetal de Shanghai

Instituto de Investigaciones Bioquímicas de Shanghai

Instituto de Investigaciones en Química Orgánica de Shanghai

Instituto de Investigaciones Químicas de Dalian

**3. Academia China de Ciencias Médicas**

Instituto de Investigaciones en Ciencias Médicas Básicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones en Biotecnología Médica (Beijing)

Instituto de Oncología (Beijing)

Instituto de Investigaciones en Materia Médica (Beijing)

**4. Academia China de Medicina Preventiva**

Instituto de Investigaciones Viroológicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones en Microorganismos Epidémicos (Beijing)

Instituto de Investigaciones Parasitológicas (Beijing)

**5. Academia China de Medicina Militar**

Instituto de Investigaciones en Ciencias Médicas Básicas (Beijing)

Instituto de Investigaciones en Microorganismos Epidémicos (Beijing)

**6. Colegios médicos**

Colegio Médico de Beijing

Colegio Médico de Shanghai

**7. Instituciones de investigaciones médicas**

Instituto de Investigaciones de Prevención y Tratamiento contra el Cáncer de Beijing

Instituto de Investigaciones sobre Cáncer de Shanghai  
Instituto de Investigaciones sobre Cáncer de Beijing  
Instituto de Investigaciones de la Industria Farmacéutica de Shanghai

**8. Academia China de Ciencias Agrícolas**

Centro de Investigaciones Biotecnológicas (Beijing)  
Instituto de Investigaciones para la Crianza de Animales (Beijing)  
Instituto de Investigaciones de Medicina Veterinaria de Lanzhou (Lanzhou)

**9. Otras instituciones de investigación agrícola**

Centro de Investigaciones para el Arroz Híbrido de Hunan (Changsha)  
Instituto de Investigaciones del Arroz (Hangzhou)  
Academia de Ciencias Agrícolas de Hubei (Wuhan)  
Instituto de Investigaciones sobre Productos Acuáticos de Agua Dulce de Zhejiang (Huzhou)  
Instituto de Investigaciones sobre Productos Acuáticos de Agua Dulce de Heilongjiang (Harbin)  
Colegio Agrícola Gungxi en Nanning

**10. Instituciones de ingeniería química**

Colegio de Ingeniería Química de China Oriental (Shanghai)