

Hacia una Política de Biotecnología en Colombia*

Jorge Ahumada Barona**

La Biotecnología y los países en desarrollo

Independientemente de la definición que adoptemos —y hay muchas en circulación— la 'biotecnología' de hoy implica un universo sumamente amplio, variado y creciente de principios, fenómenos, sustancias y transformaciones, no sólo dentro del campo general de la biología sino de áreas como la química, la ingeniería química y la bioquímica, entre otras. A su desarrollo exponencial han contribuido, directa o indirectamente, otras disciplinas como la física, la microelectrónica y los espectaculares avances de la ciencia y tecnología de los computadores. Se ha dicho, con cierta razón, que, a diferencia de ésta última, la biotecnología parece ser muy rica en 'software' pero relativamente pobre en 'hardware' y que, por lo tanto, mucho de lo que se incluye en su definición está todavía lejano de ser aplicado, si nos atenemos al significado tradicional de tecnología.

Para las instancias de decisión de nuestros países puede resultar difícil adoptar políticas claras y apropiadas frente a la avalancha propagandística, proveniente no sólo de los medios masivos de comunicación sino de fuentes que pueden calificarse de 'autorizadas'. La popularización de la biotecnología la ha investido de un áurea redentora, muy cercana a la super-panacea para todos los males que nos aquejan. En la voluminosa literatura sobre el tema es a menudo complicado discernir entre la fantasía y la realidad y aún entre los resultados preliminares de una investigación y las aplicaciones tecnológicamente factibles y económicamente viables.

Es, por tanto, necesario adoptar una actitud cautelosa frente a este cúmulo de promesas y tener una visión realista de lo que se puede lograr y del tiempo y los recursos necesarios para ello.

Antes de embarcarnos directamente en aplicaciones dudosas es necesario lograr una masa crítica de conocimientos, por generación o por transferencia inteligente, y aquí el

énfasis obvio debe estar en la preparación del recurso humano; de otra manera estaremos aplicando lo que no sabemos. Es cierto que la biotecnología ofrece, o puede ofrecer, un arsenal de soluciones y oportunidades nunca soñadas y que son muchas las necesidades y problemas susceptibles de ser tratados por esta vía; pero debemos primero examinar otras alternativas, aún las tradicionales para tener una garantía razonable de que no utilizaremos una prensa de 10 toneladas para romper la cáscara de un maní. La decisión final de adoptar la solución biotecnológica debe estar muy lejos de cualesquiera consideraciones de elegancia, prestigio o simplemente moda.

No hay manera de eludir la tarea de adquirir una comprensión tan profunda como sea posible de los temas que constituyen el pre-requisito de la biotecnología: nos referimos a la genética, la biología molecular y la fisiología microbiana, amén de otros campos relacionados; esto es, si queremos resolver problemas importantes, aprovechar oportunidades generadas por ventajas comparativas y contribuir al conocimiento básico mediante investigación de alta calidad. Pero hay por lo menos otra razón para adoptar esta estrategia. Por un buen tiempo seguiremos importando tecnología, y la capacidad de negociarla adecuadamente no sólo depende de nuestra sabiduría económica y legal sino de nuestra capacidad científica y técnica para desagregar paquetes tecnológicos y destapar cajas negras. Al fin y al cabo muy pocas tecnologías, y mucho menos las biológicas, son susceptibles de transferencia sin modificaciones o adaptación.

En los párrafos que siguen intentamos dar algunos elementos de juicio generales sobre cuestiones claves que deben constituir un tema obligado de reflexión dentro de una

* Ponencia presentada a la Reunión de la Universidad de Naciones Unidas sobre políticas en Biotecnología. Helsinki, Finlandia —agosto 12-16 de 1985.

** Químico Ph.D. Subdirector de Recursos Científicos y Tecnológicos. Colciencias.

'política biotecnológica' y un ejercicio constante e inherente a las actividades que resulten de ella.

Educación y Entrenamiento

Aunque parece existir en algunos países —aún de América Latina— la tendencia a crear carreras de biotecnología, la recomendación en este sentido no es positiva dada la multiplicidad de disciplinas que confluyen en este campo y la complejidad de sus interacciones. El enfoque debería ser más bien el de introducir, o reforzar, y relevar la enseñanza de las ramas más pertinentes en los respectivos programas de pregrado. Así, en la ingeniería química, los aspectos de la ingeniería bioquímica tales como la tecnología de fermentaciones, la inmovilización de células y enzimas, el desarrollo de procesos integrados y las técnicas de separación y recuperación de productos; en química y bioquímica, la síntesis de oligonucleótidos, el análisis químico en general, la enzimología y bioquímica de ácidos nucleicos y la caracterización y aislamiento de proteínas; en biología y microbiología, la biología molecular, la genética, en sus aspectos general, microbiano y vegetal, la fisiología microbiana, el cultivo y manipulación de células vegetales y animales y la ingeniería genética (DNA recombinante) de microorganismos y células. El entrenamiento a este nivel podrá adquirirse mediante la participación activa en proyectos y programas de investigación y especialmente a través de las tesis de grado, cuando este requisito exista.

A nivel de posgrado la especialización de los "elegidos" podrá llevarse a cabo ya sea mediante la realización planificada de cursos avanzados teórico-prácticos, en áreas seleccionadas con criterios de necesidad real y relevancia directa a los diversos tipos de investigaciones en marcha, ya sea por los canales de programas regulares conducentes a título. Además de la alta calidad y utilidad de los cursos especiales, con participación de investigadores reconocidos internacionalmente, se

tratará que su realización se haga preferentemente en el país, o dentro de la región, a fin de asegurar el mayor cubrimiento posible.

Aunque en el país opera un número significativo de programas de magister en las carreras mencionadas, no existe ninguno de doctorado en ciencias y en ingeniería. Sin entrar en una justificación detallada, la creación de programas doctorales debe constituir una de las estrategias claves en el desarrollo de la



biotecnología y de sus diferentes disciplinas, citando para el caso unas pocas razones:

- La investigación que se realice podrá orientarse a la solución de problemas nacionales relevantes o a la introducción de nuevas líneas industriales.
- No por su contribución a fines prácticos se sacrificará el grado de excelencia de la actividad investigativa, el cual será un compromiso constante de los directo-

res de tesis y de las instituciones involucradas y permitirá alcanzar el nivel necesario para acometer estudios de frontera.

- El costo real que el país debe pagar por la formación doctoral en el exterior es notablemente mayor a la que exigirá un programa nacional en un área dada, con el agravante que la primera podrá seguir contribuyendo, tarde o temprano, al éxodo de talento científico.

Es cierto que en algunas áreas se carece de la masa crítica necesaria para iniciar doctorados; sin embargo esta dificultad podrá resolverse con una combinación de arreglos especiales con universidades extranjeras y de programas de cooperación técnica que permitan la complementación de los recursos, especialmente de los humanos, dentro de una concepción nueva de la transferencia científico-tecnológica.

En el momento existe en el país por lo menos un plan organizado para un doctorado de genética con una participación apreciable de científicos extranjeros y financiación nacional. Planes semejantes se adelantan para programas doctorales en química y en física.

Prioridades e Investigación Básica

Como se anotó antes, la biotecnología ofrece, al menos en teoría, oportunidades, posibilidades de solución y enfoques tan numerosos que puede resultar difícil en principio identificar prioridades y, dentro de ellas, los puntos de partida.

Por otra parte, se conocen suficientemente los problemas básicos urgentes de vieja data a los cuales la biotecnología puede aportar tratamientos nuevos: la salud humana y animal, la productividad agraria, el aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables, el déficit energético, la eliminación o reciclaje de subproductos industriales y de contaminantes, etc. Con es-

Pasa a la pág. 23

inoculantes liofilizados en medios oleosos con ventajas para las zonas tropicales.

La Empresa Colombiana de Productos Veterinarios, Vecol, realiza ensayos conducentes a la producción a nivel industrial de inoculantes para soya y trébol blanco. Recientemente, la facultad de Agronomía de la Universidad de Nariño inició su programa de investigación sobre la fijación de nitrógeno en cultivos de fríjol en la región del altiplano de Pasto. Por su parte, el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, en sus sedes de Tibaitatá (Mosquera) y de Palmira, adelanta investigación sobre selección de cepas de rizobios y de genotipos de trébol y soya y evalúa los efectos de la inoculación en ensayos de campo en diferentes zonas.

El plan de investigación a nivel nacional propone fomentar las actividades investigativas en los siguientes aspectos:

- Aislamiento y selección de cepas de *Rhizobium*.
- Determinación de la necesidad y efectos de la inoculación en diferentes regiones.
- Estudio de factores bióticos y abióticos que puedan limitar la eficiencia del proceso de fijación del nitrógeno.
- Efecto de las micorrizas en la fijación simbiótica.
- Producción de inoculantes comerciales.
- Manejo agronómico de leguminosas.
- Bioquímica de la interacción *Rhizobium*-leguminosas.

Finalmente, debe anotarse que para lograr una eficiente acción científica y tecnológica, deben difundirse y hacerse del dominio público la comprensión de los beneficios de esta tecnología y las necesidades implícitas de la investigación, incluyendo un equipo de investigadores y extensionistas que trabajen en programas estables, bien financiados y a largo término. ■

HACIA UNA...

Viene de la pág. 13

te menú, la selección de aspectos concretos sobre los cuales concentrar esfuerzos mediante *programas* y *proyectos coordinados* no debería ser una tarea demasiado complicada y el país ha recorrido ya parte de este camino.

Sin embargo, existe una prioridad más fundamental, de cobertura tanto vertical como horizontal, la que, de no ser satisfecha, convertirá cualquier tipo de determinación de prioridades en un ejercicio estéril y frustrante: hablamos de los recursos humanos calificados. Sin ellos, sin un grupo mínimo de científicos dispuestos y entrenados para encarar y resolver problemas, cualesquiera otras medidas y políticas que se adopten resultarán vanas, improductivas o, a lo más, ineficientes.

Por ello consideramos que cualquier proyecto biotecnológico debe cumplir, además de sus objetivos intrínsecos, con dos requisitos educacionales:

- Contribuir significativamente a la formación de grupos de investigadores, tanto a nivel de pregrado como de posgrado, y, lo que es más importante, a la génesis de escuelas activas y efectivas, capaces de autoperpetuarse dentro de un proceso dinámico y flexible.
- Inducir a científicos experimentados a que adquieran conciencia de que estamos rodeados de un buen número de problemas importantes, de repercusión económica y práctica, que deben ser objeto de investigación de alta calidad y cuya solución puede resultar en la clarificación de interrogantes biológicos fundamentales.

Para muchos investigadores formados sigue siendo motivo de degradación la mera consideración de problemas prácticos concretos a resolver en el corto o en el mediano plazo. Esta manera de ver las cosas nunca hubiera permitido a un Pasteur realizar los cruciales descubrimientos microbiológicos que resultaron de su atención a los proble-

mas de la industria del vino y la cerveza, entre otros. Y tampoco contaríamos hoy con los avances trascendentales que Bárbara McClintock logró en genética vegetal cuando se ocupó de la variabilidad de ciertas características del maíz. Consideraciones análogas pueden hacerse respecto a los fundamentales avances alcanzados en inmunología, generados por investigaciones concretas sobre enfermedades tropicales en Africa, con miras al desarrollo de extensas regiones de este continente. Y la lista sigue...

Pero este tipo de consideraciones es simétrico: si aceptamos que los resultados del estudio serio de temas "aplicados" pueden rebasar ampliamente el territorio del problema inicial y asumir cualidades "básicas" imprevistas, debemos también reconocer que los conocimientos generados por la investigación fundamental encuentran luego clientes inesperados e insospechados, ejemplos de los cuales está llena la historia de la ciencia y de la tecnología, muchos en el campo de la biología y en el de la biotecnología, la vieja y la nueva. Las dos caras de la moneda vienen a cuento porque es preciso percatarse de la necesidad de hacer ciencia básica de alto nivel, por un lado, y de la responsabilidad de identificar soluciones o aplicaciones de los resultados que se obtienen, por el otro.

Cooperación Internacional

En cualquier planteamiento de política de desarrollo científico y tecnológico la cooperación técnica internacional desempeña, o debe desempeñar, un papel decisivo. Es un hecho, sin embargo, el que, en un buen número de casos, los países en desarrollo no hayan explotado este recurso al máximo por falta de organización y coordinación internas y de criterios claros sobre el contenido y alcance de dicha cooperación.

En el caso de la biotecnología y sus áreas satélites, muchas de las organizaciones de cobertura mundial o regional, no obstante sus bien conocidas restricciones financieras,

han identificado este campo como prioritario en la distribución de sus presupuestos e iniciado el apoyo a las acciones correspondientes. Otras estudian las oportunidades y necesidades para decidir sobre la conveniencia de sumarse al esfuerzo global. Por otra parte, el reparo anotado a los países usuarios de la cooperación puede hacerse con igual razón a las fuentes dispensadoras, ya que en no pocos casos la poca coordinación entre ellas y la ausencia de políticas claras han deteriorado la eficiencia de dicha cooperación y conducido a superposiciones innecesarias con la consiguiente baja calidad de los resultados de las inversiones. Un esfuerzo conjunto deberá hacerse, de uno y otro lado, para eliminar fallas, dado el vasto espectro de necesidades biotecnológicas y la complejidad de sus componentes.

Por la evidente importancia de obtener una masa crítica en recursos humanos, sugerimos aquí la concentración de la ayuda internacional en este renglón, a través de mecanismos tanto formales como informales dirigidos a una cobertura máxima, ojalá a nivel regional.

Otro punto focal de la cooperación proveniente de los organismos internacionales es, o debe ser, el de la información. El desarrollo explosivo de muchas de las ramas de la biotecnología en los países industrializados es a menudo inversamente proporcional a la capacidad de los demás países para identificar y acceder a la información que necesitan. El problema se agudiza al darnos cuenta que (a) la diversidad de disciplinas que convergen en la biotecnología da como resultado una gran dispersión de los resultados en los diferentes medios de comunicación correspondientes; (b) la rata de producción de literatura en este campo aumenta cada vez más, al utilizarse medios cuyos plazos de aparición son más cortos que los de las publicaciones más tradicionales; (c) el carácter eminentemente aplicado y comercial de los proyectos biotecnológicos hace que gran parte de la información constituya materia de secreto o propiedad industrial y tema obligado para patentes.



Los organismos internacionales podrán contribuir a minimizar estas dificultades apoyando la creación, o complementación, de bases de datos y las revisiones periódicas del estado del arte, y asegurando los canales que faciliten el acceso a la información pertinente por parte de los países en desarrollo.

Lo anterior no significa en modo alguno que esos países disminuyan o abandonen sus esfuerzos para identificar, recuperar, utilizar e intercambiar la información generada endógenamente.

Algunas de las iniciativas recientes de cooperación regional merecen un comentario especial. Consideramos, por ejemplo, la organización de la Red Latinoamericana de Biotecnología como un paso definitivo en el aprovechamiento de los

avances logrados en otros continentes y en la generación de investigación original en áreas claves para la economía y el bienestar de la región. Se observa, de paso, que la mayor parte del presupuesto solicitado al PNUD se dedicará, directa o indirectamente, a la formación y mejoramiento de los recursos humanos. Su estilo de operación augura un funcionamiento eficiente y eficaz, probado durante los diez años de gestión del Programa Regional de Entrenamiento de Posgrado en Ciencias Biológicas. Sólo debemos anotar que dado el carácter especialmente crucial del área de trabajo, la red deberá poner todo su empeño en evitar la acentuación innecesaria de las diferencias tecnológicas ya existentes entre los países participantes.

Vemos también con mucho interés la labor que inicia en apoyo de la biotecnología a nivel mundial la UNU, Universidad de Naciones Unidas, y en especial en América Latina. Esperamos ver cristalizados pronto los planes para el establecimiento de un centro de investigación en Caracas, proyecto al cual nuestro país se ha vinculado espiritual y materialmente.

Por último, hemos seguido con atención los procesos impulsados por Unido conducentes a la creación del Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología en Nueva Delhi y Trieste, esperando que su labor sea tan fructífera como ha sido para los países en desarrollo la del Centro Internacional de Física Teórica y que se establezcan pronto relaciones visibles con la Relabiotec.

La Industria Nacional y la Biotecnología

La identificación y selección de oportunidades biotecnológicas para la industria nacional es, aún como ejercicio teórico, un proceso más complejo de lo que parece a primera vista, o al menos más difícil que su análogo en el dominio de las necesidades básicas, anotando, además, que los dos están inevitablemente

ligados. Por un lado, y como ya se dijo, se dispone de una gama muy amplia de posibilidades, ya que la biotecnología no sólo puede ofrecer nuevas soluciones para viejos problemas sino medios nuevos para obtener productos o para aumentar y mejorar el nivel de producción.

De otra parte, este nuevo campo requiere no sólo de la conjunción de disciplinas diversas, desde la microbiología hasta la ingeniería química, sino de enfoques muy nuevos en cada una de ellas, todo lo cual debe ser atendido por profesionales e investigadores bien entrenados, creativos y con una base mínima de conocimientos comunes, capaces de planear y entenderse en el mismo lenguaje. El hecho de tratar con organismos vivos —bastante anormales como resultado de las manipulaciones genéticas— en las etapas de generación de los productos, introduce a menudo una complicación adicional en comparación con los métodos tradicionales puramente químicos. La disponibilidad o el costo de las materias primas puede constituir otro limitante, empezando con el más necesario de todos, el agua.

De todos modos, la identificación de un mercado-nicho (sin interés para las empresas transnacionales), y la búsqueda (por transferencia, adaptación o creación) de la tecnología apropiada a la escala de producción, siguen siendo las constantes de todo el proceso; pero el grado de autosuficiencia con que se realice esa búsqueda determinará la diferencia entre el simple ensamblaje y la producción original de los elementos claves de la tecnología.

Dentro de la etapa de manejo de las tecnologías, adaptadas o propias, la investigación universitaria y el entrenamiento de sus actores directos están llamados a jugar un papel fundamental. Para ello es necesario que el sector productivo no espere milagros de la noche a la mañana y que la academia, como ya se mencionó, no desdeñe la actividad orientada a la solución de problemas prácticos y al aprovechamiento de oportunidades críticas. Este

acondicionamiento mutuo puede tomar tiempo; el plazo, sin embargo, es susceptible de reducirse si se tienen en cuenta los siguientes puntos, entre otros:

Si bien la universidad debe tratar de enfocar baterías hacia objetivos claros y en consecuencia hacia especializaciones, también debe propender por una formación más integral de sus investigadores, no sólo en las áreas de la ciencia y la tecnología dura sino en las sociales y humanísticas. Por qué un químico o un biólogo debe permanecer completamente virgen en cuestiones claves de economía agraria o de sociología, por ejemplo? por qué un economista, un sociólogo o un administrador de empresas no puede adquirir conocimientos básicos de genética o de microelectrónica que le permita apreciar y juzgar mejor sus impactos en el futuro del país? Sería la única manera de hablar un lenguaje realmente común cuando se planean y ejecutan programas integrales.

La universidad, conciente o inconcientemente, ha formado al profesional de las carreras científicas y técnicas con una mentalidad tal que el resultado neto es, en la gran mayoría de los casos, la empleomanía. No será ya tiempo de que se le dé la oportunidad calculada de adquirir,

La experiencia está demostrando que la gente de negocios por sí sola no puede tener éxito en industrias de alto contenido científico y tecnológico; el reto está ahora en formar una nueva tanda de científicos que puedan salir adelante en las lides industriales.

con la profundidad deseada, los elementos básicos y prácticos que le hagan perder el miedo a la aventura empresarial?. La biotecnología no es precisamente algo que se preste a microempresas de garaje, pero el tamaño mínimo del grupo pensante que genera una idea y la lleva a la práctica es casi siempre reducido.

La experiencia está demostrando que la gente de negocios por sí sola no puede tener éxito en industrias de alto contenido científico y tecnológico; el reto está ahora en formar una nueva tanda de científicos que puedan salir adelante en las lides industriales.

Uno de los factores que más ha contribuido a la desconfianza del industrial frente al investigador es la precaria organización que las universidades tienen para administrar la investigación. No se trata aquí de que el sector productivo le imponga camisas de fuerza a estas actividades, sino de utilizar los instrumentos lógicos de la administración para elevar las probabilidades de éxito de cualquier tipo de investigación, incluyendo la fundamental. De otra manera seguiremos recargando la complejidad intrínseca de toda investigación seria con la ausencia de las más elementales prácticas de planeación, organización, control y evaluación.

La industria, por su parte, deberá adquirir, cada vez más, conciencia del valor estratégico de la investigación como actividad productiva al mediano y al largo plazo. Su propia experiencia y el uso de estudios prospectivos la colocarán en posición de detectar las importantes oportunidades que la biotecnología tiene para ofrecer pero que no se cristalizarán si no se prepara para abordarlas.

El estado debe, con incentivos adecuados, exigir a las empresas industriales estratégicas para el desarrollo, incluyendo las extranjeras, la inversión de un porcentaje de sus ingresos en labores de investigación y desarrollo, por sus propios medios o a través de la universidad u otros centros de investigación. Los incentivos podrían tomar formas variadas, tales como los relacionados con aspectos impositivos y la financiación blanda, incluyendo capital de riesgo, de proyectos de investigación y desarrollo, innovación y adaptación tecnológica. Esta última modalidad es ya, *afortunadamente*, una realidad en nuestro país. ■