

INVESTIGACIÓN EN SALUD A PRINCIPIOS DEL SIGLO XXI. LAS LIMITACIONES DE LA “TECNOLOGÍA APROPIADA”*

por

Moisés Wasserman L.**

Se acabó la década del noventa y no pasó lo que esperábamos. Abdus Salam, premio nobel y presidente de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo analizaba ante la Cuarta Reunión de la “South Comission” en 1988 las razones por las cuales el tamaño de la Ciencia y la Tecnología es tan pequeño en el Sur¹. Desarrolló respuestas muy interesantes en su análisis que son perfectamente válidas hoy; advertía que el impacto de la Ciencia en el desarrollo es de término largo: “*No es probable que los beneficios sean evidentes durante un tiempo. El año 2000 sería una buena fecha para comenzar a verlos si comenzamos hoy*” (subrayado de Abdus Salam). En octubre de 1990, durante el primer simposio de la RELAB, Gunter Trapp, entonces coordinador regional de la UNESCO, hacía un análisis de las características de la cooperación internacional para ciencia y tecnología en Latino América en cada una de las décadas de los 50, 60, 70 y 80² y se preguntaba: “¿cuál va a ser la quinta fase, la de la década de los 90? ¿Se caracterizará por una creciente transnacionalización de la cooperación en determinadas disciplinas?, ¿por una mayor interdisciplinariedad?, ¿por una diferente repartición de papeles entre organismos internacionales y nacionales, entre gubernamentales y no gubernamentales?”.

Es inevitable la sensación de un opresivo *déjà vu* al comenzar a preparar este escrito sobre perspectivas de la investigación en salud en Latino América a principios del siglo XXI. No es posible abordar el tema sin tratar de entender qué nos pasó la década de los 90. ¿Por qué esta también fue una década perdida para la Ciencia en Latino América? ¿Qué hemos hecho mal y qué hemos dejado de hacer?

Responder esas preguntas, cubriendo todos los errores y ausencias, es una tarea que se escapa por mucho a la capacidad del autor y al marco de este Simposio. Sin embargo quisiera acercarme a un aspecto de ese problema que tal vez para muchos no es el más importante pero que yo considero que está muy lejos de constituir una preocupación trivial o una discusión bizantina. Esta es la generación y establecimiento de un conjunto de mitos que si bien los científicos no siempre hemos compartido, si infortunadamente hemos permitido que guíen (o sirvan de excusa) a los dirigentes de nuestros países, y que han contribuido a la generación de obtusas políticas de desarrollo. No hemos tenido la presteza, la inteligencia, el valor, o la fuerza para desenmascararlos. Tal vez porque son mitos cómodos, reconfortantes y tranquilizadores.

* Simposio Internacional “Las Ciencias Biológicas del Siglo XXI. Desafíos y Oportunidades para América Latina”. Santiago de Chile 6-8 de Agosto de 2001.

** Laboratorio de Investigaciones Básicas en Bioquímica LIBBIQ - Facultad de Ciencias- Universidad Nacional de Colombia, y Laboratorio de Bioquímica - Instituto Nacional de Salud. Bogotá. Colombia.

Hemos encontrado refugio en ellos, como en un oasis (más bien un espejismo) durante las jornadas en las que la realidad era una tormenta de arena en el desierto. No hay ya salida distinta a enfrentarlos. No podemos retomar otra década más las estrategias no realizadas ni correr otra vez los términos. Es evidente que la brecha se sigue abriendo. Es claro que nuestras predicciones estaban equivocadas o que nuestras recomendaciones no fueron acogidas. Tenemos que tratar, como corresponde a científicos, de llegar a la verdad.

Seguramente no es el público ilustrado de un simposio de la RELAB el que debe ser convencido con los argumentos que me propongo exponer, pero quisiera de todas formas invitarlos a esta reflexión porque, no podemos hacer futurología basados en los grandes desarrollos de la ciencia mundial sin preguntarnos sinceramente si las perspectivas de los otros son también las nuestras. Escogí en el título el término de “tecnologías apropiadas” como ejemplo, podrían ser otros igualmente usados. Pero creo que éste se ha convertido en un moto omnipresente en los planes de desarrollo tecnológico y con unas implicaciones graves. El concepto de “tecnología apropiada” para los que trabajamos en la ciencia día a día es apenas una perogrullada. Sería muy torpe y condenable no usar la tecnología apropiada. Pero fuera del ámbito de los laboratorios y de las universidades quiere decir otra cosa. Implica que hay tecnologías que no son apropiadas, o que son apropiadas para los países desarrollados pero demasiado sofisticadas para nosotros. Lo que entendamos por tecnología apropiada va a definir a qué podemos aspirar; por tanto el término lleva implícita la adopción de un esquema de prioridades no discutido y que se impone de hecho sobre todos los sesudos análisis, sobre las miles de hojas de diagnóstico crítico que hemos venido escribiendo durante años.

En 1994 Alberto Pelegrini³ escribió un artículo invitándonos a superar algunos falsos dilemas: a) establecer prioridades o no establecerlas; b) conocimiento autóctono frente a conocimiento importado y c) investigación básica, frente a aplicada o de desarrollo. Creo que los científicos, sobre todo los básicos acogimos en gran medida su llamado con mucho gusto. Pienso que lo entendimos bien, y que cuando escribió: “...*hoy más que nunca es necesario superar el falso dilema de establecer o no prioridades y, respetando los factores intrínsecos y extrínsecos que determinan el desarrollo de la ciencia, definir prioridades siguiendo el ejemplo de los países que lograron incorporar orgánicamente la C y T en sus proyectos de desarrollo*” lo que quería decir es que hay que priorizar solamente en aquello que se puede priorizar. Sin

embargo, en otros ámbitos, algunos en los cuáles se deciden las políticas de ciencia, se entendió que para superar el dilema había que dejarse de retóricas y ponerse a priorizar. Después de lo que ha sucedido esta década (por lo menos en mi país) temo que tal vez los dilemas no eran falsos después de todo.

¿Qué pasó en Colombia la década pasada?

Usaré el caso de mi país como ejemplo. Posiblemente las tendencias generales en la región son diferentes, en algunos países muy diferentes. Me atrevo a pensar que la fragilidad es similar, y servirá al menos como señal de alerta. Usando el dicho de que una imagen dice más que mil palabras resumiré la década en las figuras 1- 3. Al principio de la década, por el impulso de la ley de ciencia y tecnología (Ley 29 de 1990) y por dos préstamos consecutivos del BID la inversión de ciencia y tecnología creció un poco (Figura 1 Con base en⁴). Los dos candidatos a la presidencia el año de 1994 se comprometieron a subir la inversión hasta acercarse a 2% del PIB. Uno ganó ese año y el otro en 1998, pero en esa segunda campaña no se comprometió a nada relacionado con ciencia (eso si lo cumplió). El último reporte del Departamento Nacional de Planeación calculaba la inversión en 0.08% del PIB (se están tomando medidas para resolver prontamente el problema cambiando el método de cálculo).

Durante los años de bonanza se afianzaron algunos programas, entre los cuales señalo los más importantes que fueron, la financiación de proyectos (Figura 2 basada en⁵) y el de becas para estudiantes de doctorado y maestría (Figura 3 basada en⁶). La situación hoy es crítica muy por encima de lo imaginable.

La financiación promedio por proyecto en las áreas biológicas fue de US \$15.000 para dos años (Figura 2). El

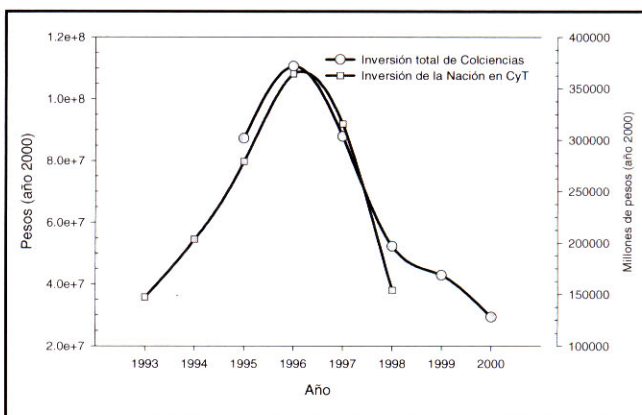


Figura 1. Inversión de la Nación y de Colciencias en C y T.

2001 hasta el momento en que se escribe esto hay un presupuesto en Colciencias de US\$ 80.000 para financiar los proyectos en ciencias básicas (física, química, matemáticas, biología, ciencias básicas médicas y ciencias de la tierra) de todo el país.

El año pasado se dieron 6 becas doctorales (en un país de 40'000.000 de habitantes) y fueron financiadas por la fundación Fullbright, Colciencias sólo sirvió como intermediario. Recientemente se lanzó un programa de la presidencia "La Agenda de Conectividad" administrado por Colciencias y que cuenta, para dos años, con una suma similar a la que se gastó en los 10 años de becas doctorales, y cuyo objetivo central parece ser la educación continuada, preparando a profesionales y no profesionales en el uso eficiente de programas de software comerciales. Un buen ejemplo de lo que significa la "tecnología apropiada".

Se ha invertido en cambio bastante esfuerzo y dinero en construir un "Observatorio de Ciencia y Tecnología". Se hacen encuestas cada dos años. La última mostró un gran crecimiento en el número de grupos, pero un recambio en los grupos mejor calificados hace dos años cercano al 50%, hecho que no preocupó a las autoridades de la ciencia. Por el contrario, declararon a la prensa que curiosamente en Colombia crecen y se multiplican los grupos de investigación en forma inversamente proporcional a la inversión nacional en ciencia.

Los mitos regionales sobre ciencia y tecnología

No se puede decir que la catástrofe descrita anteriormente se deba exclusivamente a problemas conceptuales como los descritos. Pero, creo que es innegable que no se cambiarán las actitudes de los Estados, si además de las

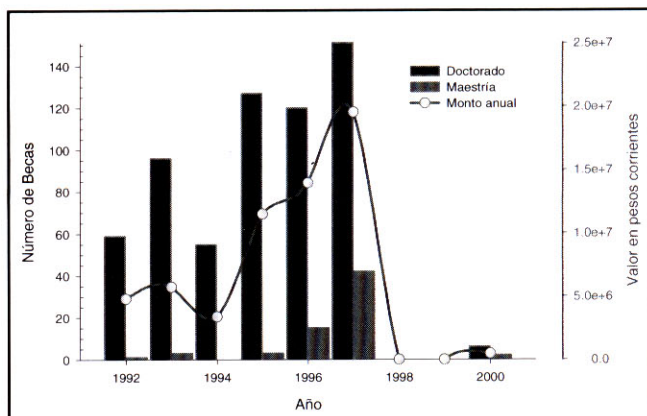


Figura 3. Programa de becas para estudios de doctorado y maestría en Colombia y en el exterior - Colciencias

crisis de carácter económico, la imagen de la ciencia sigue siendo la que hoy, abierta o soterradamente, tienen la mayor parte de los gobernantes. Esta imagen está construida sobre grandes mitos, que se han implantado con bastante culpa de los científicos que no pecamos, tal vez, por falta de lógica, pero sí por la gran ingenuidad de creer que nuestras interpretaciones eran aceptables y bien comprendidas por todos, y que el interés de los pueblos en la ciencia era tan autoevidente que las argumentaciones sobaban. En algunos casos fuimos ingenuos también al pensar que nuestros políticos de la ciencia representaban genuinamente los intereses de la misma.

Resumiré, sin demasiada argumentación (por falta de espacio y tiempo) los principales mitos a los que me vengo refiriendo⁷:

a) No es que los ricos sean ricos porque investigan sino que investigan porque son ricos. La investigación científica es una actividad supracotidiana (tan importante como la ópera, pero algo menos que el fútbol) a la cual pueden dedicarse los pueblos que tienen la suerte de poseer recursos y tiempo libre.

b) Históricamente la ciencia en la región no ha producido nada significativamente importante. Es un divertimento de unos pocos ciudadanos, exóticos y privilegiados.

c) La investigación científica es la "punta de lanza" de una cultura occidental que nos trae grandes peligros, provoca la destrucción de nuestro ambiente y de nuestras culturas autóctonas.

d) La investigación científica que se le está proponiendo a nuestros pueblos proviene de un paradigma oc-

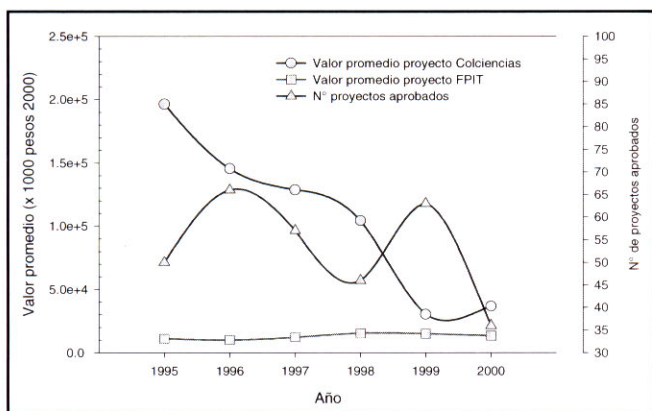


Figura 2. Valor promedio proyectos ciencias biológicas Colciencias y Fundación FPIT

cidental reduccionista y culturalmente homogenizador. Para nosotros es necesario un nuevo enfoque holista, no lineal, complejo y multicultural.

e) Los pueblos del tercer mundo tienen una gran inventiva y son capaces de encontrar soluciones mucho más adecuadas y económicas para sus problemas.

f) A la larga, resulta más conveniente económicamente transferir procesos plenamente probados en otras partes que inventar nuevos. Es mejor comprar la tecnología que se vaya necesitando.

Cada uno de estos mitos merecería ser sometido a un análisis en profundidad. El término "tecnología adecuada" tiene sus raíces en ellos, sobre todo en los dos últimos, el del gran ingenio nativo y la conveniencia de la transferencia de tecnologías sobre un desarrollo propio.

Transferencia de tecnología: el ingenio, la cooperación técnica internacional en la fijación de prioridades

La afirmación sobre el gran ingenio de los pueblos del tercer mundo es seguramente una verdad, pero que esconde a otra más grande, la de que el ingenio se da silvestre en toda la especie humana y en igual abundancia. Se confunde una verdadera cultura de innovación con la astucia para encontrar remedios locales, baratos, ineficientes y no económicos a problemas que en otras partes reciben soluciones tecnológicas de fondo, eficientes y económicas. Nuestras soluciones tienen a veces el encanto de la artesanía y de la anécdota pero rara vez llegan a ser fuentes generadoras de bienestar y prosperidad. En la pasada Feria Mundial de Hannover la prensa colombiana sacó varias páginas y múltiples reseñas sobre un pabellón nacional construido en guadua (especie nativa de bambu de troncos muy grandes) que cautivó a los visitantes por su belleza y sofisticado diseño. Sin embargo algunos, sin demasiada sorpresa, hemos constatado que a pesar de eso los asistentes a la feria de Alemania, el resto de Europa y Estados Unidos, continúan tercamente usando concreto y acero en sus edificaciones. Es la construcción con guadua y lazo de yute una tecnología apropiada?

Para implantar una verdadera cultura de innovación no es suficiente el ingenio. Sobra argumentarle a este auditorio que, comenzando el siglo XXI, no hay innovación significativa en ausencia de un fuerte desarrollo científico y tecnológico. Nos queda la opción de recurrir al mito de la transferencia tecnológica. Hacer caso al llamado de Don Miguel de Unamuno a los españoles, hace 70 años, para que dejen "que inventen los ingleses".

Sin embargo, la transferencia comercial de tecnología tiene importantes limitaciones. Una muy importante es que frecuentemente consiste en la venta de unos equipos y la cesión a cambio de regalías de un proceso de producción. En esos casos quien transfiere la tecnología no está interesado en generar un competidor a su propia producción, prefiere tener un socio subordinado. Cualquier innovación volverá rápidamente obsoleta la tecnología transferida y cada actualización requerirá de una nueva negociación, por supuesto en términos que resulten convenientes al dueño de la innovación. Si quien recibe la transferencia tecnológica no tiene una capacidad propia para innovar a partir de lo que recibió irá siempre a la deriva con graves desventajas competitivas. Otra limitación importante de la cual muchos hemos sido testigos, es que en ausencia de capacidad científica y tecnológica local para mantener funcionando procesos complejos, la dependencia en repuestos, mantenimiento, y solución de problemas, incluso mínimos, convierten a toda la transferencia en económicamente insostenible.

La solución para la transferencia de tecnología en la cual muchos han puesto la esperanza, es la de la cooperación internacional. Esta se hace desde organismos fundamentalmente altruistas que promueven el desarrollo de los pueblos, o desde organismos multinacionales que representan el mejor interés de todas las naciones socias (¿dos mitos más?). Está muy lejos de mi intención hacer una crítica a la cooperación internacional. Por el contrario creo que es un instrumento excelente y que las motivaciones, al menos en parte, tienen un componente altruista. Creo además en el derecho de quienes desarrollan esas iniciativas y hacen la inversión en fijar las prioridades que se deriven de su filosofía y de su visión del desarrollo y del equilibrio global.

No me parece pues extraño ni condenable que la inmensa mayoría de las agencias de cooperación de las naciones desarrolladas hagan su inversión en los países subdesarrollados sólo en proyectos que tengan una gran promesa de retorno inmediato. Las prioridades para sus programas de cooperación son diferentes de las de sus programas propios de investigación científica. Se podrían traer muchos ejemplos para sustentar esta afirmación. Creo que va a bastar con uno basado en dos discursos. El primero es del director de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos USAID, J. Brian Atwood en 1997 ante la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos⁸, y el segundo, también de 1997, titulado "Preparing for the 21st Century" por el Dr. Bruce Alberts presidente de la misma academia⁹.

Tabla 1. Prioridades de cooperación y de desarrollo propio de los países desarrollados

Logros de programas de cooperación USAID en salud y niñez	Prioridades de la NAS para el siglo XXI
<p>1) Our work with the International Center for Diarrheal Disease Research in Bangladesh pioneered the use of Oral Rehydration Therapy as a usable and cost-effective treatment for the dehydration that was once the world's leading killer of children...</p> <p>2) We supported research that first demonstrated that children were dying because of vitamin A deficiencies... we also supported intervention trials...</p> <p>3) We have helped to eradicate polio from the western hemisphere...</p> <p>4) Our social science research programs determine critical data for appropriate case management...</p>	<p>1) Increase the effectiveness of the entire scientific enterprise.</p> <p>2) Dramatically improve science and mathematics education for all Americans</p> <p>3) Bring the wise use of science and technology to the center of national and international affairs.</p>

No pretendo decir que los logros de la USAID no sean importantes. Al contrario, es posible que esas acciones hayan salvado muchas más vidas de lo que haya hecho toda la investigación en la historia del tercer mundo. Pero queda claro el punto: las prioridades del mundo desarrollado para la cooperación técnica son muy diferentes de las prioridades propias para el desarrollo científico. En la tabla 1 las primeras corresponden a proyectos, que a veces sin necesidad de generar ningún conocimiento y con la aplicación de acciones muy bien definidas, “pobres en tecnología”, producen un efecto inmediato y directo. Las segundas están dirigidas a mejorar los fundamentos mismos de la civilización occidental.

Por otro lado, en la fijación de prioridades en los organismos multilaterales de cooperación técnica y científica hay dos aspectos problemáticos que quisiera discutir. El primero se relaciona con el hecho de que los donantes principales son obviamente los países ricos y desarrollados. Ellos por supuesto tienen gran peso en la decisión de los esquemas de prioridades adoptados, y no hay ninguna razón para suponer que vayan a ser muy diferentes de los que usan en sus propios programas de cooperación técnica. El segundo aspecto es el bajo nivel de independencia, de claridad y de elaboración intelectual que tienen los argumentos de los aportantes menores (que son los beneficiarios de la cooperación). No creo ser abusivo con la afirmación de que muchas veces los funcionarios que representan a las naciones en las reuniones decisorias están lejos de la co-

munidad científica, y muy fuertemente influenciados, seguramente honestamente convencidos, por las prioridades que los países desarrollados fijaron para sus programas de cooperación científica. Por tanto las prioridades de los organismos multinacionales para la cooperación técnica son muy similares a las de las grandes naciones.

La siguiente pregunta obviamente es cómo se fijan las prioridades sobre la inversión de los dineros nacionales en Ciencia y Tecnología. Un sistema equilibrado de desarrollo complementar en los países del Tercer Mundo las prioridades externas con otras propias basadas en intereses de desarrollo nacional, y pensadas con la misma ambición de las que plantea Bruce Alberts para los Estados Unidos.

En la última década hubo dos fuentes principales para los recursos propios. Aquellas que provienen del tesoro de la Nación y las que provienen de préstamos internacionales, generalmente del BID. Estos últimos, aunque son dineros nacionales, están curiosamente sujetos a las condiciones del Banco en un esquema de prioridades (que generalmente es negociado por los actores ya descritos) y que ha resultado muy parecido al de las agencias de cooperación internacional¹⁰⁻¹¹.

Los dineros del tesoro de la Nación debían ser asignados con base en criterios verdaderamente independientes. Sin embargo también ahí hay problemas. El primero es que en muchas ocasiones el monto es muy pequeño, sobrepasa-

do en mucho por los dineros de cooperación internacional, y por los préstamos del BID¹². El segundo es que los políticos de ciencia en nuestras naciones están fuerte y equivocadamente influenciados por los organismos multinacionales de cooperación cuyos esquemas de prioridades asumen la categoría de recomendación técnica de expertos. Agravan la situación los hechos innegables de que hay un gran flujo laboral entre los dos ámbitos, y con frecuencia los programas nacionales son dirigidos por jubilados, o exfuncionarios de organismos multinacionales, y de que muchos nacionales aspiran fervientemente convertirse en funcionarios internacionales. Los criterios de los unos están sesgados por su actividad anterior y los de los otros por su deseo de demostrar identificación con las metas del organismo al que secreta o abiertamente aspiran. El resultado es un esquema de prioridades muy parecido a los anteriores, con todo lo que eso implica en la definición de los grandes retos y las estrategias para enfrentarlos.

El Plan Estratégico del Programa de Salud en Colombia

Nuevamente como un ejemplo del mecanismo anteriormente descrito, resulta interesante observar el Plan Estratégico 1999-2004 del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud, de Colombia¹³. En el análisis del contexto investigativo se lee:

“...lo anterior quiere decir, que en la comprensión de la génesis del fenómeno salud-enfermedad, predomina la aplicación segmentada o compartimentada del saber biológico – clínico – social, en los espacios subindividual – individual – poblacional, sobre la búsqueda integral de las respuestas que convoquen estos saberes, retomando al individuo – su historia individual– y al grupo –su historia colectiva–, como actores de su identidad en el espacio sociocultural desde y donde se construyen los procesos de la salud y de la enfermedad”.

En el párrafo siguiente a ese galimatías posmoderno se aclara lo que quiere decir:

“En consecuencia, el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico en salud se circunscribe preferencialmente al campo de lo biológico....se genera conocimiento de alto nivel, de reconocimiento internacional, que no se traduce en aplicaciones prácticas a los procesos de promoción de la salud, prevención de la enfermedad, tratamiento oportuno, reducción de la discapacidad y rehabilitación, en función de los problemas prioritarios de la salud y en los diferentes escenarios sociales y culturales que los hacen más comprensibles”

Algunas páginas más adelante resume las “líneas de acción”:

“La investigación biomédica y clínica se orientará durante el periodo a los siguientes tipos de estudios: Biología y ecología de vectores y agentes etiológicos. Técnicas modernas de prevención y diagnóstico. Evaluación de agentes terapéuticos. Modelos de intervención diagnósticos y terapéuticos. Igualmente se debe generar conocimiento en principios básicos de las enfermedades, en las cuales hay todavía problemas muy graves, que requieren investigación de la más alta calidad”.

“La investigación en salud pública cubrirá las siguientes temáticas (títulos de tres páginas): Dinámica poblacional. Transición epidemiológica. Violencia y salud. Pobreza y salud. Ambiente y salud. Estilos de vida, salud y modernidad. Sistemas de salud y culturas de la salud. Sistemas de salud. Diseño y uso de tecnologías en salud:...Tecnologías más prioritarias.... disponibles para problemas de salud prioritarios en la estructura de los AVISA y que posean una relación costo beneficio baja...”

Cabe preguntarse si la situación catastrófica que vimos en las figuras es resultado de esta visión, o si el Plan de Desarrollo y la situación son en gran medida el resultado de la imposición cultural de los mitos descritos.

¿Cuáles son los retos de la investigación en salud a principios del siglo XXI y cuáles las “tecnologías apropiadas” para enfrentarlos?

La insistencia de algunos políticos de la ciencia y de muchos planes de desarrollo, derivada de los esquemas de prioridades discutidos anteriormente, han generado una aceptación tácita de rótulos como “investigaciones esenciales”, “técnicas apropiadas” y parecidos. Estos no sólo condicionan nuestro acercamiento a los grandes retos, sino que limitan la identificación de los mismos, llevando al concepto esencialmente absurdo de que los países subdesarrollados tienen retos subdesarrollados, o peor aún, que los países sin desarrollo tienen menos metas para alcanzar que los desarrollados.

En un simposio de la Academia de Ciencias de Nueva York titulado “Great Issues for Medicine in the Twenty-first Century”, el premio Nobel Joseph L. Goldstein bajo el subtítulo “Biotechnology and Surrealism” hace un interesante intento de futurología¹⁴, que seguramente coincide en varios temas con otros similares. Usaré ese listado “surrealista”, al que él le puso además de título “los castillos en el aire de la biotecnología” como base de discusión sobre algunos de los retos que nos esperan.

Tabla 2. Los “castillos en el aire”

Nuevas moléculas

- Biotecnología “clásica”
- Derivadas de Genomics y proteomics.
- De productos naturales con actividad biológica usando técnicas de barrido de “high throughput”
- Generadas por ingeniería molecular a partir de dominios.
- Generadas por química y bioquímica recombinacional. Sistemas de evolución “in vitro”

Nuevos conceptos

- Vacunas DNA.
- Vacunas comestibles.
- Drogas y hormonas protéicas comestibles.
- Bloqueadores intracelulares específicos (antisense, ribozimas)

Genómica

- Genomas, subgenomas.
- Definición de presencia y expresión de genes por “gene arrays”

Proteómica

- Definición estructural. High throughput.
- Definición funcional y estructural comparativa.
- Diseño de inhibidores por conocimiento estructural del blanco.

Terapia génica y trasplantes

- Cáncer.
- SIDA
- Enfermedades genéticas.
- Trasplante de órganos universal. Fabricación in vitro. Obtención por transgénesis.

Pronósticos y predisposiciones

- Sistemas de identificación genética.
- Medicina a la medida del individuo.

El año 1997 en una reunión patrocinada por la OMS, A.O. Lucas¹⁵ se arriesgó a hacer una lista de los beneficios esperados de la biotecnología para el tercer mundo:

1. Beneficios directos - Tecnologías médicas y de la salud

Enfermedades comunicables:

- Instrumentos diagnósticos.
- Vacunas
- Drogas
- Control de vectores

Enfermedades no comunicables:

- Detección de casos.
- Definición de susceptibilidades.
- Corrección de anomalías genéticas.

2. Beneficios indirectos:

Agricultura:

- Aumento de producción de alimentos.
- Mejora nutricional de los alimentos.

- Pesticidas biológicos.
- Líneas resistentes a pestes.

Contaminación ambiental:

- Reciclaje de desechos.
- Instrumentos biológicos para la descontaminación.

Los dos listados son válidos (en la medida en que listados de este tipo pueden serlo) y contienen muchos castillos en el aire algunos comunes. El primero es bastante más ambicioso, pero yo invitaría a que se haga un análisis sobre cuáles son las “tecnologías apropiadas” para lograr esos objetivos y en qué medida la definición que adoptemos va a condicionar cuáles de esos retos son nuestros.

Algunas preguntas surgen necesariamente. Será nuestra biodiversidad fuente de riqueza si no contamos con barrios de “high throughput” para definición de actividad biológica? Podremos competir con productos naturales purificados y caracterizados insuficientemente (porque la tecnología apropiada tiene menor resolución)? Podremos competir con nuestro productos naturales a aquellos obtenidos con tecnologías de síntesis química o bioquímica recombinacional, o producto de modificaciones recombinacionales de los básicos? Podremos caracterizar nuestros patógenos y seguir su dinámica sin las tecnologías genómicas y proteómicas? Tendremos que buscar moléculas donde otros las van a construir a la medida? Podremos aumentar la expectativa de vida saludable de nuestras poblaciones, al mismo ritmo de las desarrolladas sin la capacidad de pronóstico derivado de identificaciones genéticas? Estaremos fuera de los sistemas de identificación ciudadana basadas en información genética? Estaremos fuera de los sistemas de trasplantes homólogos y heterólogos que va a ser jalonado por esos sistemas de identificación? ¿Podrá nuestra producción agrícola competir con la de cultivos modificados y mejorados transgénicamente?

La respuesta a esas y más preguntas depende, otra vez, de la definición de “tecnología apropiada” que adoptemos. En este escrito se han dejado traslucir varias posibles definiciones. Una proveniente de la cooperación internacional podría ser que es aquella que produce la mejor relación costo beneficio. La definición de los políticos de ciencia de mi país sería que es aquella que usted pueda usar para resolver el problema contando con US\$15.000 para dos años de trabajo. La definición que se deduce de los “castillos en el aire” es, que en problemas fundamentales, la tecnología apropiada es la mejor disponible, y que esa tecnología sólo es posible y sólo es utilizable donde exista una sólida ciencia básica.

Quiero terminar apoyando la argumentación con un párrafo de las mismas notas de Abdus Salam que cité al comienzo [1], en las que se refiere a la ciencia básica en los países en desarrollo:

“So far as developing countries are concerned, by and large we have tended to neglect this area of Science assuming that we could live off the scientific results obtained by others. This has been an unmitigated disaster in that it has deprived us of men and women who would know about the basics of their disciplines, who could act as references to whom one could turn, to discuss the inevitable scientific problems which arise when applications of Science are made. (I am not recommending here the setting up in the Third World of the likes of the 200 inch telescope at mount Palomar, nor the setting up of laboratories like the CERN in Geneva for Particle Physics financed by a consortium of European nations. However, I definitely do believe that a profound knowledge of the basics is absolutely vital for applications and that a research is a sinequa non for assuring such profound knowledge”).

El futuro depende de los retos que asumamos, el éxito en su abordaje depende de la ciencia que seamos capaces de desarrollar.

Referencias y notas

1. **Abdus Salam.** Notes on Science, Technology and Science Education in the Development of the South. (Prepared for the 4th and 5th Meetings of the South Comission, 10-12 December 1988, Kuwait, and 27-30 May 1989, Maputo, Mozambique) The Third World Academy of Sciences. Trieste. Italy. 1989
2. **Alberto Pellegrini Filho** (1994) Bases para la formulación de políticas de ciencia y tecnología en salud en América Latina. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 116: 165-176.
3. **Gunter Trapp.** Cooperación Internacional. En: “La Biología como instrumento de desarrollo para América Latina” Ed. J.E. Allende RELAB. Santiago de Chile. Chile. 1990
4. **Alberto Pellegrini Filho** (1994) Bases para la formulación de políticas de ciencia y tecnología en salud en América Latina. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. 116: 165-176.
5. Ciencia y Tecnología. Indicadores Nacionales de Inversión 1993 – 1996. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá. Colombia (1997) y Ciencia y Tecnología. Dinámica de los Indicadores de Inversión 1994 – 1998. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá. Colombia (1998).
6. **Datos obtenidos directamente de Colciencias y FPIT, elaborados en:** Moisés Wasserman. Estudio crítico de la financiación otorgada por la Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología en las áreas de Ciencias Biológicas y Médicas. Banco de la República. Bogotá Colombia (2001).
7. **Elaborado de:** Plan Estratégico Programa de Formación de Recursos Humanos y Fortalecimiento de la Comunidad

- Académica. Colciencias. Bogotá Colombia (2001) www.colciencias.gov.co
7. **Moisés Wasserman** (2001) Sobre la importancia de investigar en Colombia, un país subdesarrollado. *Biomédica* 21:13-24.
 8. **J. Brian Atwood** (1997) Discurso-informe (3/12/97) de "U.S. Agency for International Development" ante la "National Academy of Sciences". www.usaid.gov
 9. **Bruce Alberts** (1997) Measuring What Counts in Science. Preparing for the 21st Century. 134th Annual Meeting. Washington D.C. (28/04/97). www.nas.edu
 10. **Conacyt – México**. Créditos del BID y Banco Mundial para Ciencia y Tecnología. La experiencia de México. Pp 281-286 en *Financiamiento de la Investigación en Ciencias Biológicas en América Latina*. Ed. J.E. Allende RELAB. Santiago de Chile. Chile. (1993).
 11. **Jorge Babul, Ana María Prat**. Créditos del BID y Banco Mundial para Ciencia y Tecnología. La experiencia de Chile. Pp 287-295 en *Financiamiento de la Investigación en Ciencias Biológicas en América Latina*. Ed. J.E. Allende RELAB. Santiago de Chile. Chile. (1993).
 12. **Enrique Martín del Campo** UNESCO/ORCYT Importancia relativa del financiamiento internacional en el desarrollo de la biología en diferentes países de América Latina. Ed. J.E. Allende RELAB. Santiago de Chile. Chile. (1993).
 13. **Ciencia y tecnología de la salud**. Plan estratégico 1999-2004. Colciencias Bogotá. Colombia (1999).
 14. **Joseph L. Goldstein**. Burgers, Chips and Genes in Great Issues for Medicine in the Twenty-first Century. *Annals of the New York Academy of Sciences*. V. 882 De. Dana Cook Grossman and Heinz Valtin. New York. U.S.A. (1999).
 15. **A.O. Lucas**. Perception of needs and problems in developing countries. In *Biotechnology and World health*. Pp 93-100. WHO. Geneva (1997).