

El Nexo entre la Ciencia, la Tecnología y el Desarrollo Socioeconómico de un País

Saul J. Escalera*

Academia Nacional de Ciencias de Bolivia

Cochabamba, Bolivia

e-mail: skalera@pino.cbb.entelnet.bo

Introducción

El reconocimiento de que el nexo entre la prosperidad económica y la Ciencia y la Tecnología (C&T) es crucial para todos los países es actualmente discutido tanto en los pasillos de gobierno y en los directorios corporativos de Nueva York y Buenos Aires, de Seúl y São Paulo, inclusive en nuestro país, Bolivia. Y no es aventurado reconocer que, sea que estemos navegando la "red" en Tokio, o manejando millones de dólares en la bolsa de Nueva York, o estemos marcando tarjeta en la UMSS de Cochabamba, la realidad del nexo vital que existe entre el dominio del conocimiento, la innovación tecnológica y la prosperidad económica es ascendente donde quiera que estemos.

Dentro este mismo contexto, un conocido economista planteó recientemente: "Se necesitan nuevos abordajes tecnológicos, no solo mejores políticas económicas para el desarrollo de un país. Soy un firme creyente de que los esfuerzos de desarrollo global de los pueblos han sido grandemente perjudicados por la falla en movilizar la ciencia y la tecnología adecuadamente. Los problemas que afligen a la gente más pobre en el mundo pueden ser disminuidos, o enteramente resueltos, si en verdad queremos utilizar creativamente el aparato y poder de la ciencia y tecnología modernas, y es evidente que los mayores problemas de sostenibi-

lidad vienen de la falta de políticas internacionales para el libre uso de las mejores tecnologías desarrolladas actualmente para enfrentar los desafíos en escala global que tenemos" [12].

En años recientes, las naciones industrializadas están evaluando su propia experiencia con el desarrollo científico y tecnológico que realizan, y toman como fuerza motora para este efecto al hecho de que tienen necesidad de aumentar el empleo en casa y que deben expandir su comercio exterior para poder seguir siendo líderes mundiales. Pero, la preocupación acerca del futuro de la salud, energía y medio ambiente global también les motiva para realizar ese análisis.

Parece que la pregunta central es: ¿cuánto de investigación y desarrollo tecnológico (I&D) es necesario realizar y cuánto cuesta al país este esfuerzo? Una forma de abordar esta pregunta es ver los gastos nacionales para I&D en relación a los niveles de industrialización.

Inversión nacional en actividades de I&D en los países desarrollados

Considerando el financiamiento a I&D de las 5 naciones más industrializadas del mundo en las dos últimas décadas (en miles de millones de \$US), se tiene el Cuadro 1.

Ahora bien, si consideramos los países

*MSc, PhD

Año	USA	Japón	Alemania	Francia	Reino Unido
1972	73,4	17,4	15,9	10,7	11,6
1994	170,6	58,0	35,0	22,0	18,0

Cuadro 1: Inversión Nacional en Actividades de I&D en Billones de \$US [1]

más desarrollados del mundo en términos del porcentaje del PIB que cada país invierte en I&D, el Cuadro 2 muestra que dicha inversión está por encima del 2% del PIB, mientras que en Latinoamérica no llega ni al 0,5%.

El Cuadro 2 muestra datos comparativos de inversión en I&D en relación al PIB de algunos países desarrollados.

Notar que el Japón ha triplicado su inversión en I&D mientras que los otros países han crecido a menor velocidad.

Si se analiza en términos de recursos humanos, Estados Unidos, Japón y Alemania, cada uno, emplea alrededor de 50 a 75 científicos e ingenieros por cada 100.000 trabajadores de su fuerza laboral. En los países en desarrollo como Brasil y Argentina el número está entre 5 y 10 [9].

Los indicadores mostrados en los Cuadros 1 y 2 describen los patrones de "know-how" científico y tecnológico, así como el estatus económico de que goza un país, porque se ve claramente que un fuerte énfasis en I&D trae consigo enormes beneficios económicos y mucho poder político. Por otro lado, está ampliamente demostrado que existe una relación íntima entre la pobreza de un país y su dependencia tecnológica del extranjero y que esto, indudablemente, está relacionado con la tradicional inhabilidad de los países del tercer mundo de generar Ciencia y Tecnología, o asimilar la transferencia de tecnología que viene de los países desarrollados [11].

Inversión nacional en actividades de I&D en Bolivia

Últimos estudios han demostrado que en general, Bolivia no dispone de un consolidado sector de I&D. En efecto, las inversiones en I&D de parte del Estado alcanzaron el año 1982 a 0,1% del PIB y en 1992 este porcentaje se incrementó hasta el 0,3%, lo que representa alrededor de 20 millones de dólares. Esta situación no ha cambiado significativamente en los últimos años, por lo que la participación del Estado en actividades de crear Ciencia y Tecnología sigue siendo marginal [8].

Pero, es importante indicar que el determinar cómo se puede enlazar inversiones en I&D a las metas de desarrollo económico en un país, y así asegurar que los beneficios serán máximos, es muy difícil. En realidad, el decidir qué énfasis debe darse a las políticas de invertir en I&D para que se traduzcan en un desarrollo económico sólido en un país, aún permanece como un gran rompecabezas. Y en el caso de los países en desarrollo como Bolivia, donde los recursos económicos son limitados pueden existir hasta las siguientes tres alternativas:

1. Invertirlos directamente en la generación de desarrollo tecnológico.
2. Invertirlos en preparar una fuerza laboral bien educada.
3. Reservar esos fondos para balancear el presupuesto público para que sirva de base para su utilización en procura de proveer incentivos a la inversión privada.

El camino que siguieron los gobiernos de Bolivia es el tercero, si juzgamos por el

	PIB (billones \$US)	INVERSION (billones \$US)	% (PIB)
Estados Unidos	6.560	170,6	2,60
Japón	2.148	58,0	2,70
Alemania	1.400	35,0	2,50
América Latina	715	3,2	0,45

Cuadro 2: Datos Comparativos de Inversión en I&D para 1996 [10]

plan estratégico antipobreza aprobado por los "expertos" del grupo de trabajo de la "Mesa de Equidad del Diálogo Nacional" de La Paz en el anterior Gobierno de Banzer en 1998 y que está ahora vigente. En base a los datos publicados en los diarios del país, el autor ha calculado que el plan incluye una inversión del 71 % en proyectos de inversión social, y 29 % en proyectos productivos, mientras que la inversión en la generación de desarrollo tecnológico no alcanza ni al 1 % (apenas 17 millones de un total de 2.650 millones de \$US) hasta el año 2005. Sin embargo, es importante mencionar que el plan incluye una inversión de 263 millones en educación, lo que significa que se está invirtiendo el 10 % en preparar una fuerza laboral bien educada. Profundizaremos sobre este punto más adelante.

El aporte cuantitativo de la universidad boliviana a la generación de ciencia y tecnología

El último informe del CONACYT asigna a la Universidad Boliviana el 62 % de las actividades de I&D, mientras que el CEUB reporta una cifra de cerca del 80 % de las actividades investigativas en Bolivia. Sin embargo, el mismo CONACYT informa que a pesar de que las universidades públicas poseen la mayor cantidad de institutos de I&D, los recursos asignados representan aproximadamente el 21 % de sus recursos totales. En otras palabras, el Estado solo realiza el 23 % de las actividades de I&D, pero aporta cerca del 60 % del total de los recursos existentes para este sector [8].

El nexo entre la C&T y el crecimiento socioeconómico – experiencias en el mundo

La mayoría de los expertos en desarrollo concuerdan en que la tendencia globalizante de la economía mundial exige que el logro real del desarrollo socioeconómico de un país esté estrechamente relacionado a su habilidad de ser competitivo creando conocimiento científico y tecnológico y al mismo tiempo definiendo su realidad social [13]. En efecto, la actual velocidad de competición económica global en el mundo continúa poniendo un énfasis cada vez mayor sobre cómo domeñar la energía de la ciencia y la tecnología para integrarla al motor de progreso económico. El conocimiento científico y tecnológico ha venido a ser un factor principal de producción en el mundo, y la capacidad de crear, dominar y movilizar ese conocimiento probablemente distinguirá a las economías que entren con excelentes perspectivas en este nuevo milenio de aquellas que no tengan ese conocimiento.

Por otro lado, existe una evidencia que emerge en todo el mundo basada en la experiencia de varios países, que establece claramente que si se desarrollan políticas correctas de incentivo a la generación de C&T por medio de un fuerte apoyo a la I&D, se pueden lograr beneficios socioeconómicos reales en un país.

Pero, ¿cuál es el nexo entre la ciencia y tecnología y el desarrollo económico? ¿Cómo podrá la universidad ayudar a reforzar ese nexo? ¿Cuáles son los componentes

más importantes para las iniciativas exitosas? Y, en los sistemas universitarios, ¿cómo podrán crearse esas iniciativas y ser mantenidas a través del tiempo? La experiencia de otros países puede darnos las pautas necesarias para responder estas preguntas.

Una vista de Estados Unidos

En Estados Unidos, en el Estado de Kansas, por ejemplo, ya en 1984 se estableció la Kansas Technology Enterprise Corporation (KTEC) como resultado de un compromiso adoptado por las universidades, la empresa privada y el gobierno del estado. Desde entonces la KTEC ha contribuido, no sólo a la generación de C&T, sino también a la creación de empleo y ha atraído y retenido a investigadores e ingenieros de alto nivel profesional, que en 10 años ha permitido la creación de más de 6.000 empleos, más de 130 compañías y un incremento en ventas de más de 160 millones de dólares de las compañías de Kansas [2].

La misma tendencia ha caracterizado a la ciudad de Austin, Texas, donde desde principios de 1983, por medio de un esfuerzo conjunto de la Universidad de Texas, la empresa privada local y el gobierno del estado, se ha creado una base sólida de generación de C&T en la Universidad, lo que ha atraído hacia Austin a más de 900 firmas de alta tecnología (high-tech), creando 85.000 puestos de trabajo en I&D de alta tecnología, lo que condujo a una inversión de más de 165 millones de dólares de capital sólo en la Universidad de Texas-Austin. Similares iniciativas en Birmingham, Inglaterra, en Lyon en el sur de Francia, Tailandia, Indonesia y Corea parecen apuntar en la misma dirección.

Una vista de Asia

El desarrollo socioeconómico basado en el conocimiento científico y tecnológico parece ser la futura forma de lograr la prosperidad socioeconómica de otros países, pero resulta

ser la estrategia actual para la economía de Hong Kong, a pesar de su reciente incorporación a la China continental.

Shelley Lau, Directora del Home Affairs de Hong Kong, enfatiza sobre el hecho de que dos realidades regionales han demostrado la influencia que tiene la C&T en la toma de decisiones de los gerentes de instituciones públicas y privadas [11]. Primero, la intensa competencia económica de los vecinos de la región - v.g. Japón, Corea, Indonesia. El ubicarse en la punta significa esforzarse continuamente por medio de la innovación tecnológica en la base industrial de la economía. Segundo, la transición de su incorporación a la China continental en 1997, ha reforzado el énfasis de Hong Kong hacia la innovación tecnológica, hecho que le ha convertido en el centro de innovación tecnológica y le ha provisto con un valor creativo enorme dentro la economía de China. En efecto, Hong Kong ha creado una variedad de programas de I&D dedicados específicamente a reforzar la base tecnológica de su economía.

Pero, ¿qué acerca de Japón, Corea y Taiwan? Con certeza que su rápido desarrollo económico estuvo basado en la C&T. Inicialmente, los tres países utilizaron tecnología importada por décadas, pero fue el Japón quien demostró muy tempranamente una rápida y fuerte capacidad de absorción y adaptación a la tecnología importada, porque las instituciones educativas e industriales japonesas se encontraban en un nivel competitivo mundial, aún antes de la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, después de la Guerra el Japón reconstruyó sus industrias utilizando los talentos de un grupo de jóvenes ingenieros y líderes técnicos de élite, quienes utilizaron tecnología importada para mejorarla según sus propias necesidades e inventiva.

En el caso de Corea, aunque la inversión coreana en I&D interno ha experimentado un alza considerable en las dos últimas décadas, actualmente la industria coreana depende todavía en casi el 50% de la im-

portación de tecnología y herramientas extranjeras. En los planes del gobierno coreano está el que la inversión nacional en I&D universitario sobrepase la marca del 4% del PIB a partir del año 2005 [11] y de esta manera calificar para su ingreso en el famoso Grupo-7 de naciones industrializadas. Queda así demostrado que el tan mentado "milagro económico coreano" no se basó en una C&T endógena. Se basó, más bien, en una alta concentración de capital invertido en tecnología y herramientas importadas, con la mentalidad de copiarlas basadas en la estrategia de obtener una industrialización rápida, con la ayuda de científicos e investigadores altamente entrenados en universidades norteamericanas, quienes estaban imbuidos en colocar su pasado agrario y colonial y entrar en la familia de las naciones industrializadas.

Una visión más global

La preocupación de crear un nexo entre la C&T y el desarrollo económico no conoce fronteras nacionales. Existe una enorme cantidad de experiencias alrededor del mundo, acerca de lo que funciona, lo que no funciona, y por cuanto tiempo lo hace. Aunque cada escenario es diferente, cada condición económica es especial y cada proceso político es intrincado en su propia manera, el examinar estas experiencias puede darnos luces, no sólo acerca de qué tipo de políticas son las más exitosas, sino qué tipo de procesos políticos pueden aumentar la probabilidad que esas políticas adoptadas continúen a pesar de los cambios de gobierno en un país.

En los últimos años, el Banco Mundial ha hecho notar que el progreso tecnológico es el combustible que genera la productividad y que "una productividad creciente es el motor del desarrollo económico" en un país. Casi en todos los casos de los "matrimonios exitosos" entre la C&T y el desarrollo económico, la filosofía clave que la sustenta resulta ser el compromiso cooperativo entre

Universidad, Industria y Gobierno. Es un hecho ampliamente reconocido que tanto el "tira" del mercado como el "empuje" de la C&T, dentro un ambiente de políticas gubernamentales de apoyo, han caracterizado a los "arreglos" más cercanos y más exitosos. Tal compromiso colaborativo requiere de una serie de estrategias, que incluyen el reconocimiento de que los intereses mutuos de los tres participantes serán beneficiados y de que exista la infraestructura y los recursos humanos necesarios para asegurar su avance a largo plazo.

Una verdadera cooperación entre la universidad innovadora, la empresa privada y la existencia de políticas gubernamentales de apoyo, requiere de un esfuerzo tripartito continuo, de un escenario de prioridades de mutuo beneficio y de un liderazgo creativo y agresivo dentro los tres signatarios de la cooperación. Esto me trae a las universidades, donde la I&D es una actividad remarcablemente flexible y puede resultar ser crucial en un país en desarrollo como el nuestro. Porque dentro de una misma institución, se puede encontrar toda la gama de conocimiento, desde ciencia e ingeniería a administración de empresas y economía agrícola, leyes y análisis social.

Sin embargo, el poseer toda esta gama de destrezas, acoplada con la autonomía de gestión y de pensamiento universitarios, parece no crear una capacidad integral, una sofisticación política, o aun el saber cómo piensa y trabaja tanto la industria privada como el gobierno nacional. Es decir que la autonomía universitaria puede llegar a ser tanto una fortaleza como un impedimento al nivel de confianza y credibilidad que la industria y el gobierno deben tener para con la universidad, si es que ellos se van a beneficiar estratégicamente de la C&T generadas en la universidad. Si es que existe una solución a este dilema, será más el resultado de mucha confianza y adaptación regionales.

En Corea, por ejemplo, la universidad más prestigiosa es la Nacional de Seúl, porque sus graduados gozan de buena reputa-

ción. Pero, el Ministerio de Ciencia ha creado su propia universidad KAIST, modelada al estilo MIT de USA, y produce la mayoría de los Ph.D.'s en ciencia e ingeniería de Corea y contribuye enormemente a la industria "high-tech" del país [11].

Para que las universidades sirvan las metas de desarrollo económico en un país, tanto el nivel de entrenamiento de sus profesionales como el mecanismo de ligarlas a la industria privada y al gobierno deberán ser apropiados y efectivos. Al final, la universidad deberá llegar a ser un nodo importante en el capital social de un país. Sus profesores y estudiantes de postgrado representan una de las pocas concentraciones de individuos motivados para identificar e inclusive estimular el cambio radical que se requiere en Bolivia.

En la búsqueda de crear estas condiciones de infraestructura o capital social, los países deben recordar que los profesionales innovadores son capaces de crear cambios rápidos en sus instituciones y en la sociedad en general, pero ocurre que las universidades toman décadas en la formación de profesionales que produzcan estos cambios. Por lo tanto, un alto nivel de esfuerzo intelectual - llámese ciencia si se quiere - requiere ser aplicado para producir dichos cambios. Pocas universidades pueden decir que hayan intentado hacerlo, o sentirse satisfechas de haberlo logrado. La investigación científica y tecnológica en general, como actitud y disciplina que busca el nuevo conocimiento, sólo puede ser hecha por hombres imaginativos, creativos y perseverantes. Estos hombres son el recurso natural más importante con que puede contar un país y su sola presencia debe irradiar un clima de crítica objetiva y de creatividad que es el único que puede oponerse a la marcada dependencia intelectual que agobia a los países del Tercer Mundo.

Relación entre la ciencia y la tecnología y los procesos socioeconómicos

Hacer ciencia y tecnología es una actividad central que provee el conocimiento fundamental necesario para satisfacer a muchas de las necesidades de la sociedad. Es un componente crítico en el intento del hombre para alimentar a la población mundial cada vez más creciente, para vestir y dar vivienda al hombre, para descubrir nuevas fuentes de energía, para proveer sustitutos renovables de materiales que se van consumiendo y que escasean actualmente, para mejorar la salud y derrotar a las enfermedades y para monitorear y proteger nuestro medio ambiente. Consecuentemente, la ciencia es un recurso inagotable que toda nación debe explotar para beneficio propio y la creación de nuevos conocimientos es el vehículo con el que se logran innovaciones técnicas en todas las áreas produciéndose prosperidad y seguridad en un país.

El tema es, sin embargo, mucho más amplio y arduo que lo que se puede tratar en el presente artículo, por lo que nos limitaremos a señalar dos aspectos de la importancia que tiene la actividad tecnológica sobre el desarrollo socioeconómico de un país.

La innovación tecnológica como factor de mejoramiento socioeconómico de un país

Debido a su capacidad de responder a las necesidades humanas, la ciencia y la tecnología han llegado a ser ingredientes cruciales de la economía de cada nación. Consideremos sólo la industria química y de productos derivados en los EE.UU., esta industria emplea más de un millón de profesionales ingenieros, realiza envíos de productos manufacturados en un total de más de 200 mil millones de dólares y actualmente es el más grande de todos los grupos manufactureros de productos industriales. No existe un área

tecnológica que ofrezca una inversión más segura en el futuro de una nación que la tecnología química [3].

A pesar de toda esa intensa actividad económico-industrial, es importante reconocer que constantemente se abren nuevos campos de innovación tecnológica, donde la Ingeniería juega un papel muy importante, ejemplificados por el desarrollo de materiales compósitos, tecnología electrocerámica, junto con nuevos materiales especiales desarrollados para usos en medicina y en la industria aeroespacial. Al mismo tiempo, es un hecho verdadero que la Ingeniería también ha incursionado en el desarrollo de órganos artificiales y transporte de drogas en el organismo humano demostrando que la Ingeniería Química tiene su lugar en el mejoramiento de la vida humana. Todo lo anterior muestra a esa ciencia como muy dinámica y pujante.

Por lo expuesto, está demostrado que por su eficacia la ciencia y la tecnología, tal como se las define, pueden llevar a grandes beneficios para el país. En este aspecto, un trabajo responsable de I&D que dé lugar a nuevas tecnologías siempre producirá réditos substanciales para el país, tanto en lo económico como en lo social.

Pero, ¿qué instituciones son las llamadas a realizar esta actividad básica de generación de ideas y soluciones para lograr el desarrollo sostenido de un país? Como está bien establecido que la universidad ocupa el nivel superior del sistema educativo, está llamada a cumplir un rol protagónico en la atención de los requerimientos en cuanto al aporte científico-tecnológico y social endógeno y de la transferencia de conocimiento exógeno que plantea el desarrollo sostenible.

El reto actual que se les plantea a las universidades bolivianas se basa en que deben precisar sus prioridades de investigación y su desarrollo científico-tecnológico en función de los intereses de la región y del país, y de los aportes que pueda ofrecer al desa-

rrollo sostenible nacional con el concurso de investigadores capaces de generar soluciones adecuadas, imaginativas e innovadoras especialmente en los campos social y tecnológico.

Creación de una tradición científica

Por falta de una tradición científica, y sin negar la importancia y la originalidad de las adaptaciones por las que atraviesan entre nosotros todas las ramas de la ciencia, en nuestro país todavía se ve un marcado carácter exógeno de la ciencia y la tecnología. Es evidente la inexistencia de un "sistema científico y tecnológico", en lugar del cual existe un verdadero "archipiélago" de institutos y centros de investigación, totalmente aislados unos de los otros, aún en aquellos casos en que trabajan en las mismas áreas de interés dentro una misma universidad [4].

La aparición de una tradición científica en nuestro país resultará de las siguientes acciones:

1. De la formación endógena de investigadores de alto nivel (M.Sc. y Ph.D.) por medio de cursos de postgrado debidamente acreditados.
2. Del flujo de la información generada endógena y exógenamente, porque el investigador rinde tanto más cuanto mejor informado esté, y cuanto mejor oportunidad tenga de hacer conocer los resultados de su esfuerzo científico.
3. Del proceso de asimilación de lo que somos capaces de hacer por nosotros mismos y de lo que podemos captar de lo que hacen otros investigadores en diferentes países.

No hay que olvidar que la calidad y aún la factibilidad de la investigación científica y tecnológica dependen fundamentalmente de la existencia de recursos humanos de alto nivel (preferentemente a nivel de Ph.D.)

con una preparación adecuada para hacerla, en número suficiente y con los requisitos básicos de formación de cursos de postgrado, además de otros factores. La improvisación, al incorporar al sistema recursos humanos jóvenes recién egresados en calidad de investigadores, no sólo dificulta la creación de una tradición científica en el país, sino que demuestra una falta de visión de las autoridades universitarias que lo hacen.

Pero, ¿cuál es la forma más efectiva de establecer políticas que enlacen a la C&T directamente a la prosperidad económica? ¿Cuál es la forma más efectiva de crear relaciones sólidas entre las universidades y la economía tecnológica representadas por las agencias de gobierno y la empresa privada?, y ¿cuánta confianza tenemos de que el esfuerzo de contar con un compromiso Universidad-Gobierno-Industria producirá frutos económicos? Hay barreras que pueden resultar del ambiente político, económico, social y cultural prevalente en un país.

Precondiciones para una operación exitosa

Los esfuerzos exitosos de establecer un buen nexo entre la C&T y el desarrollo económico de los pueblos son el producto de la conjunción de ciertas condiciones específicas sociales, culturales y tecnológicas prevalentes en un país en particular.

Contexto socioeconómico

Es importante reconocer que para crear cualquier tipo de cooperación se requiere de valores sociales y capacidades económicas especiales. Por ejemplo, los valores intrínsecos de diferentes sociedades y culturas afectarán no solamente la selección de políticas en C&T, sino también la percepción de la importancia de la misma tecnología. En efecto, en algunos casos, las iniciativas basadas en el uso de la tecnología pueden apare-

cer como una amenaza al poder económico o político establecido en un país.

En los Estados Unidos, la motivación de algunos estados para tomar iniciativas innovadoras de utilizar la C&T para el desarrollo económico, a menudo ha surgido no de sus economías tradicionalmente deprimidas, sino de haber reconocido que no pueden seguir así en el futuro a no ser que tengan un colapso social total. Pero, el mapa de acción a veces no siempre es fácil de dibujar, porque hay políticos que no tienen visión del futuro. El caso de Louisiana -región crónicamente deprimida de Estados Unidos- es un ejemplo, donde la depresión económica prevalente siempre ha llevado a discusiones bizantinas, así como calientes y confusos debates periódicos entre los políticos del gobierno y de la oposición [2].

La necesidad de una visión a largo plazo en metas sociales

La aplicación de la C&T, por sí sola, no es siempre suficiente para lograr el desarrollo socioeconómico de un país, pero puede jugar un rol importante cuando se la aplica apropiadamente. La responsabilidad de buscar metas a largo plazo no radica solamente en las comunidades científicas e ingenieriles, sino también en el gobierno, industria, universidades y el público, quienes comparten un interés común en la aplicación de la C&T en el logro de metas sociales.

En realidad, el encontrar un nexo entre la C&T y las metas sociales es un proceso dinámico, iterativo, interactivo y adaptativo. Las metas tanto sociales como de C&T se influyen unas a otras, y una vez definidas, deberán ser evaluadas continuamente para determinar si hay necesidad de hacer modificaciones. Por lo tanto, es aconsejable que exista un continuo ajuste entre las metas sociales y las metas de C&T. Todo progreso socioeconómico es más el resultado de la destreza con las que se aparean los problemas sociales que requieren de soluciones

con los avances científicos que requieren ser aplicados.

Sin llegar a dar una receta sobre la formulación de metas sociales a largo plazo, podemos mostrar metas generales a las que la C&T puede contribuir, tal como se muestra en el Cuadro 3 [4].

Base científica y tecnológica

En el largo plazo, nuestra habilidad de trabajar en las áreas aplicadas de la C&T depende mucho de la calidad y fuerza de la llamada base científico-tecnológica de la región o el país, es decir recursos humanos, instituciones y facilidades, y que todos juntos forman el cimiento para realizar tareas de I&D para generar C&T.

El suministro de los científicos e ingenieros requeridos para esas áreas de aplicación y para la generación del conocimiento científico y tecnológico sobre los que construyen esas áreas, vendrá de esa base científica y tecnológica, generalmente dada por la calidad de las universidades de una región o un país. El Cuadro 4 muestra los componentes mayores que debe tener una base científica y tecnológica de un país [4].

El educar y entrenar a un científico o ingeniero del Cuarto Nivel lleva décadas, desde la escuela primaria hasta el doctorado. El equipar cada generación sucesiva de científicos e ingenieros con herramientas de última generación y diseño es laborioso y lleva mucho tiempo. Las innovaciones tecnológicas no salen de la nada, sino que están precedidas por décadas de gestación y son la síntesis del conocimiento de muchas fuentes y disciplinas técnicas. Por ejemplo, la ingeniería genética surgió de la biología molecular, la biotecnología y la química.

Acuerdos institucionales innovadores

En términos generales, un acuerdo cooperativo entre la universidad, la industria y

el gobierno puede lograrse fácilmente, pero su verdadera contribución será eficiente si a través de ese acuerdo se forma una organización o institución que pueda funcionar con credibilidad en función del tiempo. Hay muchos ejemplos sobre cómo en otros lugares del mundo se han creado este tipo de instituciones.

En Tailandia, por ejemplo, La Universidad de Chulalongkorn ha creado un organismo llamado "Chula Unisearch" para promover nexos entre la universidad y la empresa privada. En Indonesia, la creación de las "incubadoras de empresas" que proveen un espacio de trabajo físico para estudiantes universitarios, con muchas facilidades y acceso a los servicios técnicos, ha llegado a cristalizarse como una estrategia sólida de innovación tecnológica [11].

En los Estados Unidos, un abordaje muy común ha sido la creación de organizaciones independientes, sin afán de lucro, para integrar institucionalmente a las agencias de gobierno, la industria privada y las universidades, bajo políticas de incentivos económicos para los participantes. Estas organizaciones tienen directorios con participación de las tres partes involucradas. Su financiamiento no viene del TGN del gobierno central ni de impuestos de la población, sino de varias fuentes externas, como de las regalías regionales y de acuerdos de explotación de recursos energéticos por parte de las compañías petroleras en terrenos de la Universidad, como en el caso de Austin, Texas [2].

Cómo hacer ciencia y tecnología en Bolivia: Una nueva visión de compromiso social

Como una contribución al debate sobre la necesidad o no de hacer ciencia en Bolivia y frente el desafío de la lucha contra la pobreza en el país y de la modernización y capacidad competitiva de la industria nacional para hacer frente al desafío que presenta la tendencia actual de globalización de la eco-

1. **Calidad de Vida, Salud, Desarrollo Humano y Conocimiento**
 - Educación y difusión del conocimiento
 - Exploración y expansión del conocimiento
 - Salud y seguridad públicas
 - Desarrollo personal y autorrealización
 - Alto standard de vida
 - Creación y mantenimiento de las artes y la cultura
 - Pluralismo y armonía comunitaria
2. **Una Economía Sostenible y Competitiva**
 - Crecimiento económico
 - Empleo y entrenamiento de fuerza laboral
 - Competitividad internacional
 - Modernización de las comunicaciones y transporte
 - Cooperación y acciones internacionales
3. **Calidad Ambiental y Utilización Racional de Recursos Naturales**
 - Desarrollo sostenible regional
 - Exploración, extracción, conservación y reciclaje de recursos naturales
 - Producción y utilización eficiente de la energía
 - Recursos de recreación pública (parques, etc.)
 - Mantenimiento y mejora de la productividad de la biósfera
 - Mantenimiento de la infraestructura urbana
 - Seguridad energética y de materiales estratégicos
4. **Seguridad Personal, Nacional e Internacional**
 - Justicia social y seguridad ciudadana
 - Seguridad nacional e internacional
 - Libertad individual
 - Derechos humanos mundiales

Cuadro 3: Ejemplos de Metas Sociales más Importantes a las cuales la C&T puede Contribuir.

nomía regional y mundial, a continuación aportamos una serie de ideas a fin de que puedan ser consideradas en la elaboración de un plan de acción para las universidades de la región ayudadas por el Gobierno y la

Industria nacionales

Muchas de estas ideas se derivan de nuestra propia experiencia y otras forman parte de las propuestas hechas por otros expertos latinoamericanos.

- Sociedad con buena educación en Matemáticas y ciencias en general
- Capacidad de comprensión científica o tecnológica de la comunidad en general
- Instituciones de educación superior en ciencia, ingeniería y las ciencias sociales
- Recursos humanos de científicos, ingenieros y personal técnico disponibles
- Universidades empresariales e innovadoras
- Universidades con sólidos y acreditados programas de Cuarto Nivel
- Instituciones con facilidades de realizar I&D
- Capacidad de realizar investigación básica y desarrollo de tecnología
- Sistemas eficientes de difusión de la información científica y tecnológica

Cuadro 4: Componentes Mayores de una Base Científica y Tecnológica.

El rol de la universidad en la producción de ciencia y tecnología

En nuestro discurso de aceptación del premio "Fulbright Distinguished Scholar" expusimos las siguientes ideas sobre cómo hacer ciencia y tecnología en Latinoamérica [3].

"Mas allá del año 2000, el mayor desafío para la I&D universitaria en Latinoamérica será el adoptar una especie de "contrato social" con el país. Una reestructuración de los valores generalmente asociados con la preparación profesional de recursos humanos en ciencia y tecnología será central e indispensable para que ese contrato social sea exitoso en una nación.

Debemos preparar a nuestros profesionales para enfrentar a los desafíos del desarrollo sostenible que nuestros países necesitan, y la forma más expedita de hacerlo será el entrenar a los estudiantes de postgrado para desarrollar destrezas que deberán ser utilizadas más ampliamente para el bien nacional, en términos de encontrar formas de disminuir los niveles de

pobreza e incrementar los niveles de salud, educación y oportunidades de trabajo, en un nuevo escenario donde los estudiantes puedan lograr la misma satisfacción que podrían obtener cuando realizan investigación fundamental".

En este contexto, la Universidad Boliviana debe convertirse en institución dedicada a la producción del conocimiento científico y tecnológico, que luego sea utilizado como factor de innovación tecnológica para el país, así como para la ampliación del bienestar económico y social del pueblo, que satisfagan las expectativas y las aspiraciones del futuro de nuestro país.

Por lo tanto, las múltiples funciones de la Universidad (docencia, investigación, transferencia de conocimientos a la sociedad y servicio al país) se plasmarán a través de la implantación de programas de I&D fundamentados no sólo en principios y el desarrollo de la investigación pura o fundamental, sino también en la cuidadosa consideración de las necesidades, condiciones y efectos de la puesta en práctica de dichos programas para resolver los problemas más apremiantes del país - v.g. pobreza, insalubridad, analfabetismo e ignorancia.

El mayor reto de las universidades en los próximos años será la construcción y redefinición de un nuevo pensamiento capaz de identificar los términos de un nuevo proyecto social compatible con las exigencias que derivan de la necesidad de superar las marcadas desigualdades sociales, integrando a los pueblos como actores de su propia legitimidad. Para esto, será importante que las universidades:

1. Formen grupos endógenos de investigadores en todas las fronteras del conocimiento científico y tecnológico, estableciendo conexiones entre la investigación fundamental y las metas nacionales de desarrollo sostenible.
2. Estimulen una asociación y cooperación más estrecha entre ellas - incluyendo públicas y privadas - que promuevan la inversión en la investigación científica y tecnológica y la utilización efectiva de los recursos humanos, físicos y financieros del país.
3. Eleven la capacidad de comprensión de la ciencia y la tecnología entre todos los bolivianos.

El rol del gobierno en el desarrollo científico-tecnológico

En 1946 Vannevar Bush en su informe "Ciencia, la Frontera sin Fin" al Presidente Truman: entre otras cosas escribió [7]:

"El Gobierno Nacional debería aceptar nuevas responsabilidades para promover el flujo de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos así como el desarrollo de nuevos talentos científicos entre nuestra juventud. Estas responsabilidades deberían ser preocupación constante del Gobierno, debido a que afectan vitalmente nuestra salud, nuestros trabajos y nuestra seguridad nacional".

Bush tuvo la visión de establecer una Fundación Nacional para la Investigación (que después se llamó la National Science Foundation) que debía tener una especie de "contrato social" con las universidades para promover el desarrollo científico y tecnológico, la seguridad nacional, productividad económica y mejoría de la calidad de vida de ese país. La historia demuestra que todo esto se cumplió. Una función similar la cumple muy bien COLCIENCIAS de Colombia, que el año 1995 consiguió un financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo por un total de \$US 200 millones, de los cuales otorgó más de \$US 20 millones para financiar proyectos de tesis de grado en todos los niveles académicos, pero ligados a temas de interés nacional [6].

Finalmente, la responsabilidad especial que el Gobierno Nacional tiene para apoyar decididamente la actividad científica en las universidades deriva del hecho de que actualmente la industria en Bolivia es económicamente aún débil y difícilmente podría financiar esa actividad, tal como se lo hace en el extranjero. Si el Gobierno no financia la investigación científica y tecnológica, nadie lo hará. Por lo tanto, la nueva política del Gobierno Nacional para la ciencia y la tecnología, deberá reconocer claramente la importancia que esas dos áreas de actividad humana tienen en el mundo actual y que su financiamiento no es una inversión de dudosa utilidad inmediata, sino una que dará resultados positivos a largo plazo en beneficio del pueblo.

El rol de la empresa privada en la generación de C&T

Dada la nueva política económica imperante en el país, donde el Estado se está achicando y está dejando espacios en la dirección y manejo de la economía, alguien tiene que ocuparlos. Pensamos que el empresariado nacional deberá asumir ese espacio y actuar protagónicamente, convirtiéndose en el eje promotor del desarrollo

sostenible y desempeñar su rol de acuerdo a la responsabilidad que se le está dando dentro del esquema de la nueva política económica que ha asumido el país.

El interés de la Empresa Privada en apoyar la generación de C&T tiene implicaciones enormes para las universidades del país, porque la infraestructura de investigación de las universidades (recursos humanos, laboratorios e instrumentación, sistemas de información, edificios e acuerdos interinstitucionales con universidades del exterior) debe ser considerada como un recurso nacional importante que necesita ser mejorado constantemente. Si esta estructura académica es un recurso válido nacional, entonces el costo de mejorar las condiciones para realizar investigación llega a ser obligación continua del Gobierno Nacional y de la Empresa Privada, siempre que las universidades respondan al reto de la integración y de la ejecución de programas de I&D que produzcan resultados tangibles en la erradicación de la pobreza existente en el país.

Compromiso Universidad–Gobierno–Industria: Un abordaje cooperativo para el desarrollo económico del país

Ya hemos indicado que en términos generales, un acuerdo cooperativo entre la universidad, la industria y el gobierno producirá una verdadera contribución a la generación de C&T, si a través de ese acuerdo se forma una institución de desarrollo socioeconómico que pueda funcionar con credibilidad en función del tiempo. Ya hemos indicado también los casos de Tailandia, Indonesia y Estados Unidos sobre cómo se han creado este tipo de instituciones que han producido resultados sorprendentes en la generación de condiciones adecuadas para generar C&T en favor del desarrollo económico de sus regiones.

Debemos prepararnos para enfrentar a los desafíos del desarrollo socioeconómico que nuestro país necesita, y la forma

más expedita de hacerlo será estableciendo compromisos tripartitos Universidad–Industria–Gobierno que deberán servir de apoyo en la generación de C&T para el bien nacional, en términos de encontrar formas de disminuir los niveles de pobreza e incrementar los niveles de salud, educación y oportunidades de trabajo [3].

Comentarios finales

Con este trabajo hemos querido contribuir al propósito fundamental de abordar un tema tan importante como es la contribución de la ciencia y la tecnología en el desarrollo socioeconómico de nuestro país. Todo el análisis efectuado justifica ampliamente toda inversión que el Gobierno Nacional, la Empresa y las mismas universidades puedan hacer para establecer centros de I&D ligados a los programas postgrado en la región, como unidades académicas que permitan la formación de profesionales e investigadores de alto nivel que realmente produzcan la solución a los problemas de pobreza creando C&T que sirva para el desarrollo socioeconómico del país.

Las universidades deben realizar esfuerzos para introducir institucionalmente en el área de investigación el tratamiento de los problemas de la lucha contra la pobreza, preservación del medioambiente y el desarrollo sostenible. Sin pretender mucho, en un trabajo escrito hace dos años, sugerimos que se adopten las siguientes líneas de investigación [4]:

1. Crear programas de investigación básica orientadas a perfeccionar los diseños y procesos tecnológicos para innovar y producir el desarrollo tecnológico regional, aprovechando las potencialidades de nuestros ecosistemas y la utilización de recursos endógenos.
2. Crear programas de desarrollo tecnológico aplicados a la solución de problemas locales y regionales, diseñando planes, programas y promoviendo

al máximo posible los conocimientos y tecnologías existentes y comprobadas en otros países, adecuándolas a las necesidades locales, regionales y nacionales, con el fin de disminuir o suprimir la dependencia tecnológica del extranjero.

En el área de la extensión, las universidades deberán esbozar criterios para el desarrollo de programas que contribuyan a solucionar las dificultades que a las comunidades regionales les plantea el desarrollo socioeconómico. Para ello, los programas de extensión no deben limitarse a ser medios de difusión de conocimientos, sino que deben servir de mecanismos de solución a los problemas locales y regionales que la sociedad les plantea.

Lo anterior requiere de la participación activa de las mismas comunidades, que conjuntamente con la universidad identifiquen sus problemas para luego resolverlos. Esto se puede lograr haciendo estudios orientados prioritariamente a los recursos naturales de cada región y al desarrollo de tecnologías apropiadas para su utilización racional con el propósito de satisfacer las necesidades básicas de la población comunitaria. En este sentido se podría adoptar las siguientes acciones [4]:

1. Establecer cursillos especiales para las comunidades y organizaciones territoriales de base, OTBs sobre aspectos de participación ciudadana, derechos humanos y obligaciones ciudadanas del individuo.
2. Crear proyectos de investigación participativa sobre temas sociales y ecológicos, difundiendo los resultados en lenguaje apropiado a la comunidad.
3. Planificar, asesorar y prestar servicios varios a las comunidades, por un costo bajo y de promoción de la universidad.

Es evidente que el uso de la ciencia y la tecnología es la gran fuerza motivadora para el desarrollo socioeconómico de los pue-

blos [5]. En efecto, siguiendo el mismo pensamiento de Sachs [12], planteamos que la ciencia puede darnos las herramientas tecnológicas para resolver el problema actual de la pobreza y el subdesarrollo en el país: (1) por medio de un compromiso serio, reconociendo que es nuestra responsabilidad global el hacer de este país un mejor lugar donde vivir; (2) estableciendo esfuerzos conjuntos entre los científicos e ingenieros de la universidad, la industria privada y el Gobierno de nuestro país, para formar fuerzas de ataque por medio de la aplicación de la ciencia y la tecnología para resolver problemas de nuestro desarrollo sostenible; (3) haciendo que exista financiamiento disponible para todos los proyectos de I&D con instituciones sin afán de lucro directamente involucradas, apoyando programas de investigación que sean coherentes y razonablemente planteados siempre que haya la certeza de que científicos de alta calificación estén directamente involucrados en estos programas.

Comenzando este nuevo milenio nuevos retos se presentan ante nosotros. Sin embargo, estoy seguro de que tanto científicos académicos, gobernantes e industriales bolivianos estamos listos para enfrentar ese desafío. Pero, tenemos un camino difícil y duro que recorrer, porque existen grandes vallas en el camino, tales como la influencia política en la I&D desarrollada en las universidades, así como la lenta aprobación gubernamental de nuevas plantas industriales, y la aceptación de tecnologías industriales obsoletas que hacen daño a la salud del pueblo. A pesar de estas restricciones, la ciencia y la tecnología tienen un futuro brillante para sacar al país de su subdesarrollo.

Referencias

- [1] P. G. Brown. Editorial. "The Sciences", *New York Academy of Sciences*, p 2, July-August, 1995.
- [2] Carnegie Commission. *Linking Science and Technology to Societal Goals*.

- Report of the Commission on Science, Technology and Government, April, 1994.
- [3] S. J. Escalera. *Technologies Critical to a Changing World*. San Diego California, USA, July, 1996. Fulbright Commemorative discourse delivered at the closing ceremony of the 5th. World Congress of Chemical Engineering.
- [4] S. J. Escalera. *Técnicas de I&D en Ciencias y Tecnología*, Cap. 1, pp 33-35. Editorial Alvarez, Cochabamba, Bolivia, 2002.
- [5] S. J. Escalera. "Motores del Cambio y la Transformación Socioeconómica del País", *Editorial*, 12 de Enero, 2003. Reporte PGnet No. 101.
- [6] N. E. Hoyos y E. Posada. Los estímulos a la investigación en Colombia. *Revista Interciencia*, 21(2):109-114, 1996.
- [7] J. J. Lagowski. "The legacy of Vannevar Bush", editorial. *J. of Chem.*, 72(5):381, 1995.
- [8] K. Lizarraga. *Economía y Universidad Pública*. Fundación Milenio, La Paz, Bolivia, 2002.
- [9] A. Machado-Allison. Productividad y programas de estímulo a la investigación: Caso Universidad Central de Venezuela. *Revista Interciencia*, 21(2):78-85, 1996.
- [10] National Science Foundation, New York. *Linking Science to Economic Growth & Development*, December, 1996. A Science in Society Policy Report.
- [11] S. U. Raymond. Science-Based Economic Development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 798, 1996.
- [12] J. Sachs. Sustainable Global Development: New Technological Approaches Required. *Update Magazine*, pp 6-7, March, 2003. New York Academy of Sciences.
- [13] Universidad Privada Boliviana. *Simpósio Internacional "Globalización, Competitividad e Innovación Tecnológica"*, Junio, 1996.