

**Núcleo Interdisciplinario**  
**Ciencia, tecnología e innovación**  
**para un nuevo desarrollo.**  
**Una propuesta heterodoxa**  
**en tiempos de crisis global.**



**Espacio Interdisciplinario**  
**Universidad de la República**  
**Uruguay**

**Documento de**  
**Trabajo CiTINDe**  
**Nº 1**

**La ciencia y la**  
**tecnología en el**  
**desarrollo futuro de**  
**América Latina**

**Jorge Sabato y**  
**Natalio Botana**

**Publicado originalmente**  
**en 1968**

**Versión bilingüe español**  
**e inglés**

**El objetivo de CiTINDe** es articular un nuevo abordaje de los problemas del desarrollo con nuevas políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Las estrategias predominantes en materia de desarrollo no le han asignado lugar significativo a CTI al tiempo que las políticas predominantes de CTI han sido poco fecundas en materia de desarrollo. Enfrentar ambas cosas requiere perspectivas heterodoxas e interdisciplinarias, que aspiramos colaborar a construir desde el Núcleo.

**Los Documentos de Trabajo de CiTINDe** ponen a disposición de quienes se interesan por la temática del desarrollo y la de ciencia, tecnología e innovación, así como por sus relaciones recíprocas, textos que aportan información, análisis y reflexión. Estos textos resultan, en general, de actividades llevadas a cabo en el Núcleo, aunque se prevé la publicación de trabajos interesantes de colegas que no lo integran. Se espera que contribuyan al intercambio de ideas y que puedan también resultar útiles en la enseñanza universitaria.

**The aim of SciTINDev** -Interdisciplinary Group “Science, technology and innovation for a new development. A heterodox proposal in times of global crisis” is to articulate a new approach to development problems with new science, technology and innovation (STI) policies. Prevailing strategies for development have not put STI in a significant place; prevailing STI policies have not made significant contributions to development processes. Facing both shortcomings requires heterodox and interdisciplinary perspectives at which construction the group attempts to contribute.

**The SciTINDev Working Papers** make available to those who are interested in the subject of development and science, technology and innovation, as well as their reciprocal relationships, texts that provide information, analysis and reflection. The WP will generally be the result of activities carried out in the Nucleus, although colleagues who do not belong to it are welcome to propose interesting texts. The WP are expected to contribute to the exchange of ideas and may as well be helpful for teaching purposes.

### Comité Editorial

- ❖ Rodrigo Arocena, Universidad de la República, roar@fcien.edu.uy
- ❖ Luis Bértola, Universidad de la República, luis.bertola@cienciassociales.edu.uy
- ❖ Gerardo Caetano, Universidad de la República, gcaetano50@gmail.com
- ❖ Elena Castro, INGENIO (CSIC-Universitat Politècnica de València), España, ecastrom@ingenio.upv.es.
- ❖ Anabel Marin, Institute of Development Studies, IDS, Reino Unido, A.Marin@ids.ac.uk
- ❖ Judith Sutz, Universidad de la República, jsutz@csic.edu.uy

### Guía para autores

- Los textos se enviarán a Luis Bértola o Judith Sutz, coordinadores de CiTINDe, quienes los distribuirán a integrantes del Comité Editorial para apreciación y comentarios.
- Se solicita que los textos se presenten en tipografía TNR 12 o similar, en versión editable.
- Deberán tener un resumen en español y en inglés, acompañado de palabras claves.
- Pueden utilizar cualquier sistema de referencias, siempre que sea consistente.
- Los Documentos de Trabajo de CiTINDe aparecerán en línea y podrán ser publicados, en todo o en parte, en otros espacios

La citación de trabajos publicados en esta serie debe incluir:  
Documento de Trabajo de CiTINDe N° x,  
Universidad de la República, Uruguay.

## PRESENTACIÓN

El trabajo de Sabato y Botana, “Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Futuro de América Latina”, fue publicado por primera vez en 1968, en Revista de la Integración, Año 1, N° 3, Buenos Aires, páginas 15 a 36. Hasta donde sabemos, se difundió sólo en español; así lo afirma un artículo reciente (Brixner et al, 2021). Muchos años después de esta publicación, fueron apareciendo influyentes abordajes de la temática ciencia-tecnología-innovación, escritos mayoritariamente en inglés, que reinventaron parte del enfoque “interaccionista” de Sabato y Botana sin referirse él, seguramente por no conocerlo. La articulación de la problemática científico-tecnológica con el subdesarrollo y la dependencia, un aspecto medular del enfoque de “Ciencia y Tecnología...”, no fue priorizada en general por dichos abordajes. Este primer Documento de Trabajo del Núcleo Interdisciplinario Ciencia, Tecnología e Innovación para un Nuevo Desarrollo presenta, en versión bilingüe, el texto seminal de Sabato y Botana. Lo hace para colaborar al reconocimiento internacional de sus autores y, sobre todo, para que se le conozca y utilice más ampliamente, dada su vigencia como herramienta analítica para entender las relaciones entre ciencia, tecnología, innovación y desarrollo.

Sabato y Botana's work, "Science and Technology in the Future Development of Latin America", was first published in 1968, in Revista de la Integración, Vol. 1, N° 3, Buenos Aires, pages 15 to 36. As far as we know, it was known only in Spanish; this is stated in a recent article (Brixner et al, 2021). Influential approaches to science, technology and innovation appeared many years after, written mostly in English, that reinvented part of the “interactionist” focus of Sabato and Botana without referring to it, surely because they were not aware of it. The articulation of the scientific-technological problem, with underdevelopment and dependency, a core aspect of “Science and Technology...”, was not generally prioritized by those approaches. This first Working Paper of the Interdisciplinary Nucleus Science, Technology and Innovation for a New Development presents, in a bilingual version, the seminal text of Sabato and Botana. It does so to contribute to the international recognition of its authors and, moreover, to make it more widely known and used, given its validity as an analytical tool to understand the relationships between science, technology, innovation and development.

Brixner, C., Romano, S.A. y Zabala-Iturriagagoitia, J. M. (2021) “Analysing the Differences in the Scientific Diffusion and Policy Impact of Analogous Theoretical Approaches: Evidence for Territorial Innovation Models”, *Journal of Scientometric Res.* 10(1): 46-58. DOI: 10.5530/jscires.10.1s.21

LA CIENCIA Y LA  
TECNOLOGÍA EN EL  
DESARROLLO FUTURO DE  
AMÉRICA LATINA.

**Jorge Sábato**

**Natalio Botana**

## I. Introducción

1. La superación del subdesarrollo de América Latina resultará de la acción simultánea de diferentes políticas y estrategias. En todo caso, y cualesquiera sean los caminos elegidos, el acceso a una sociedad moderna –que es uno de los objetivos que se pretenden alcanzar por el desarrollo– supone necesariamente una acción decisiva en el campo de la investigación científico–tecnológica. Lentamente, América Latina comienza a adquirir conciencia de esta necesidad y de esta carencia; lentamente y casi a regañadientes: quedan todavía muchos funcionarios que creen que la investigación es un lujo para los países desarrollados y muchos empresarios que circunscriben su función a adquirir patentes y pagar royalties. Todos aquellos que adoptan esta actitud pasiva, olvidan que la nación que descarte esta tarea corre el peligro de quedar marginada de la historia, ignorando el lenguaje de los países científica y técnicamente más avanzados y ostentando los viejos atributos de la soberanía como meros símbolos formales, vigentes, quizá, en un pasado que definitivamente terminó.

2. La investigación científico–tecnológica es una poderosa herramienta de transformación de una sociedad. La ciencia y la técnica son dinámicos integrantes de la trama misma del desarrollo; son efecto pero también causa; lo impulsan pero también se realimentan de él. Estos conceptos recibieron un reconocimiento explícito en la Conferencia de Punta del Este, en abril de 1967, en donde los Jefes de Estado de las Repúblicas de América consagraron en su casi totalidad el Capítulo V de su declaración a los problemas del desarrollo científico y tecnológico, afirmando textualmente lo siguiente: *“El adelanto de los conocimientos científicos y tecnológicos está transformando la estructura económica y social de muchas naciones. La ciencia y la tecnología ofrecen infinitas posibilidades como medios al servicio del bienestar a que aspiran los pueblos. Pero en los países latinoamericanos este acervo del mundo moderno y su potencialidad distan mucho de alcanzar el desarrollo y nivel requeridos...La ciencia y la tecnología son instrumentos de progreso para la América Latina y necesitan un impulso sin precedentes en esta hora”*.

## II. Un planteo en función del orden mundial para el año 2000.

1. Conviene comenzar resumiendo los principales argumentos en favor de la tesis de que en nuestros países y teniendo en cuenta la situación presente, debemos realizar investigación científico–tecnológica en forma seria, sostenida y permanente. Ellos son los siguientes:

a) La absorción de las tecnologías que todo país debe necesariamente importar, es más eficiente si el país receptor dispone de una sólida infraestructura, científico–tecnológica. Esta infraestructura –que más adelante será definida con más precisión– sólo, puede crearse, mantenerse y progresar a través de la acción propia de la investigación.

b) El uso inteligente de los recursos naturales, de las materias primas, de la mano de obra y del capital, así como los problemas de las economías de escala, requieren investigaciones específicas para cada país.

c) La transformación de nuestras economías para satisfacer la necesidad imperiosa de industrializarnos y exportar productos manufacturados, será tanto más cuanto más elevado sea nuestro potencial científico–tecnológico.

d) La ciencia y la tecnología son promotores catalíticos del cambio social.

2. Si analizamos el problema no sólo en función de las necesidades presentes, sino en la perspectiva de un orden mundial para el año 2000, la necesidad de un vigoroso desarrollo científico–tecnológico en América Latina, resulta aún más imperioso. En efecto, la tesis más importante de la reunión de Chile<sup>1</sup> es que uno de los factores decisivos que podrá conducir a la

<sup>1</sup> Se trata de la Primera Reunión del Comité de Patrocinio y Política del *Estudio Prospectivo sobre América Latina y el Orden Mundial en la Década de 1990* que tuvo lugar en Santiago de Chile en Noviembre de 1967.

realización de un nuevo tipo de orden mundial en el año 2000, es la voluntad de las naciones latinoamericanas de lograr una plena participación como sujetos activos, en el desarrollo social, político y cultural del mundo del futuro. Se trata, pues, de promover nuevas relaciones de igualdad entre las naciones y las regiones, de modo tal que el desarrollo de los países marginados permita una redefinición de la actual distribución del poder, el bienestar y el prestigio en el seno de la comunidad internacional. Aplicando estas ideas al campo de la ciencia y la tecnología resulta entonces que América Latina, con escasa intervención en el pasado y en el presente en el desarrollo científico y tecnológico, deberá cambiar su papel pasivo de espectador por el activo de protagonista, procurando conquistar la máxima participación. En esta perspectiva, es imperativo que las naciones latinoamericanas realicen un supremo esfuerzo en ciencia y tecnología, apoyadas por la asistencia de aquellos países que compartan esta idea del orden mundial en los próximos treinta años.

3. La conclusión anterior es que debemos intervenir en el desarrollo científico–tecnológico. La pregunta inmediata es: podemos acaso hacerlo? Este interrogante no se refiere a los formidables obstáculos que son obvios (atraso relativo actual, falta de recursos materiales y humanos, ausencia de tradición, etc.), sino a la posibilidad misma que deriva de la naturaleza intrínseca del proceso: teniendo en cuenta la situación actual del desarrollo científico–tecnológico y su perspectiva futura, es posible aún prever una intervención importante? Una primera respuesta, se encuentra en los diversos estudios prospectivos sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología hasta el año 2000. No importa ahora elegir entre ellos o emitir juicios sobre cuál es el que tiene más probabilidades de éxito. Todos en principio han sido realizados por gente experta y están basados en diferentes metodologías plenamente plausibles. Lo que importa subrayar en esos estudios, es que ellos prueban algo que debería ser trivial pero que la mayor parte de la gente olvida: que siendo la ciencia y la técnica actividades dinámicas es muy factible que los acontecimientos de las próximas décadas serán mucho más espectaculares y revolucionarios que los que han ocurrido en los últimos 20 años. En nuestros países es común pensar, por el hecho de ser espectadores y no protagonistas, que estamos viviendo el momento culminante de la revolución científico–tecnológica. Ello no es cierto, como bien lo prueban los estudios prospectivos que demuestran que son previsibles transformaciones científicas mucho más profundas que las experimentadas hasta el presente. Por lo tanto debemos adquirir conciencia de que estamos en medio de un proceso y no en su término final, de lo cual resulta que aún tenemos posibilidades de participación. La investigación científico–tecnológica jamás se detiene y, es preciso recordarlo, jamás se podrá detener. No existe “último” acto en este proceso y siempre se puede llegar a tiempo, porque en alguna medida todo está siempre comenzando, y todo le pertenece. Como el de Einstein, el universo de la investigación científica es “finito pero sin límites”. El juego es abierto, el protagonista es el hombre y todos tenemos oportunidad de participar en él; y estas oportunidades serán aún mayores en la medida que así lo entendamos y sepamos marchar en la dirección correcta.

### **III. Una estrategia para la innovación**

**1. *Objetivos estratégicos*** De lo anterior, resulta, en primer lugar, que en el marco de las condiciones propuestas para el año 2000 debemos participar en el desarrollo científico–tecnológico. En segundo lugar, y por la naturaleza misma de ese proceso, podemos participar en él. El objeto de este trabajo es proponer una estrategia que permita hacer realidad esa participación obligatoria y posible. Para ello comenzaremos por definir con mayor precisión el objetivo de esta acción: Lograr capacidad técnico–científica de decisión propia a través de la inserción de la Ciencia y de la Técnica en la trama misma del proceso de desarrollo. Es evidente que en mayor o menor grado ninguno de los países de América Latina posee hoy esa capacidad: esta carencia se pone de manifiesto cada vez que se deben tomar decisiones en aquellos problemas donde las variables científico–técnicas son de gran importancia, sean éstos de naturaleza política (pacto de desnuclearización; uso del espacio para fines pacíficos o militares; sistemas de telecomunicación por satélite); económica (asignación de prioridades en el desarrollo industrial, introducción de nuevos procesos productivos, exportación de productos manufacturados); social (planificación de recursos humanos y modernización de la enseñanza, tecnificación de los programas de entrenamiento y capacitación *do mano de obra*), etc. Analicemos a continuación algunos de los elementos que más se vinculan con el problema así planteado.

**2. *La infraestructura científico–tecnológica*** Visto como un producto social, hacer investigación supone la existencia de una infraestructura científico–tecnológica; denominamos así al siguiente complejo de elementos articulados e interrelacionados entre sí:

- a) El sistema educativo que produce en la calidad y cantidad necesaria los hombres que protagonizan la investigación: científicos, tecnólogos, ayudantes, asistentes, operarios, administradores;
- b) Los laboratorios, institutos, centros, plantas pilotos (formados por hombres, equipos y edificios) donde se hace investigación;
- c) El sistema institucional de planificación, de promoción, de coordinación y de estímulo a la investigación (Consejos de Investigación, Academias de Ciencias, etc.).
- d) Los mecanismos jurídico–administrativos que reglan el funcionamiento de las instituciones y actividades descritas en a), b) y c).
- e) Los recursos económicos y financieros aplicados a su funcionamiento.

La calidad de una infraestructura dada está determinada por todos y cada uno de estos elementos y por su armoniosa y permanente trabazón. Por esta razón, la debilidad de la infraestructura científico–tecnológica en nuestros países proviene de la acción simultánea de varios factores negativos: sistemas educativos anticuados que en general no producen hombres creativos o los combaten; mecanismos jurídico–administrativos de gran rigidez, ineficientes, y generadores de una atmósfera burocrática poco propicia a la actividad creadora; recursos escasos o mal distribuidos; olvido persistente de que la calidad de la investigación resulta de la calidad de los investigadores, razón por la cual éstos deben ser celosamente respetados y su libertad académica plenamente garantizada; planificación inexistente o de nivel rudimentario, incapaz de precisar metas o delinear estrategias compatibles con la libertad académica; promoción y estímulo fuertemente imbuidos por el favoritismo político, o por relaciones sociales particularísticas, o por actitudes conformistas; estructuras que dificultan la creación de cuadros técnicos auxiliares; imprescindibles, (vidrieros, proyectistas, torneros, electrónicos, etc.); remuneraciones que en muchos casos imposibilitan el desempeño “full time” del personal; universidades tradicionales donde la investigación es considerada como una función secundaria; investigación casi nula en el sector privado y muy débil en el sector público ligado a la producción (energía eléctrica, petróleo, carbón, telecomunicaciones, siderurgia, transportes, etc.)<sup>2</sup>. Reforzar la infraestructura, supone por consiguiente una acción coordinada sobre el conjunto de los elementos que la integran, en función de un diagnóstico preciso del estado real de cada uno de ellos y de las circunstancias propias de cada país.

**3. La innovación.** No basta una vigorosa infraestructura científico–tecnológica para asegurar que un país será capaz de incorporar la ciencia y la técnica a su proceso de desarrollo: es menester, además, transferir a la realidad los resultados de la investigación; acoplar la infraestructura científico–tecnológica a la estructura productiva de la sociedad. Conviene ahora introducir el concepto de innovación, con el cual designaremos la incorporación del conocimiento –propio o ajeno– con el objeto de generar un proceso productivo. Es por cierto un concepto distinto al de investigación: el conocimiento transferido puede ser el resultado –directo o indirecto– de la investigación, pero puede resultar también de una observación fortuita, un descubrimiento inesperado, una intuición a–científica, una conexión aleatoria de hechos dispersos. Mientras sobre el tema de la investigación se conoce lo suficiente para saber lo que se debe y lo que no se debe hacer para tener éxito, acerca del proceso de innovación, en cambio, es poco lo que se conoce: intervienen en él una cantidad de factores cuyo papel específico e interrelación se desconocen; elementos de naturaleza tan dispar como la estructura económico financiera de la sociedad y de las empresas, la movilidad social, la tradición, las características de los grupos dirigentes, el sistema de valores de la sociedad, las necesidades concretas en una situación determinada, los mecanismos de comercialización.

<sup>2</sup> Resulta innecesario afirmar que se trata de un cuadro descriptivo de las tendencias generales de la situación de América Latina en esta materia y que, por lo tanto, ello no significa desconocer las excepciones que se pueden presentar en cada uno de los puntos indicados.

Cada país en particular, y dentro de él cada sector y cada empresa, debe estudiar cuidadosamente el porqué y el cómo de la innovación tratando de descubrir sus mecanismos para impulsarlos en la dirección correcta. Hay países que han sido muy exitosos en la innovación, mientras que otros –con igual o mejor infraestructura científico–tecnológica– lo han sido menos. Es ilustrativo para esto Gran Bretaña y Japón: mientras que en la primera de estas naciones, la investigación ha alcanzado un alto nivel de creatividad –hasta el extremo de ser el país del mundo con más premios Nobel per cápita– la innovación ha sido relativamente pobre, por razones aparentemente derivadas de la estructura empresaria, a la cual varios autores atribuyen la mayor responsabilidad en el deterioro de la posición industrial británica; en el Japón en cambio, donde la investigación aunque de excelente nivel es inferior a la de Gran Bretaña, la innovación ha superado aparentemente la de todos los países del mundo.

Las fuentes impulsoras de la innovación son, entre otras, la guerra real o potencial, las necesidades del mercado, la sustitución de importaciones, la escasez de materias primas, la mayor o menor disponibilidad de mano de obra calificada y la optimización de la inversión.

Los obstáculos más importantes que se alzan frente a la innovación son de carácter socio–cultural (el predominio de actitudes rutinarias, la falta de agresividad empresarial, el temor a la acción sindical), económico (la existencia de mercados monopolizados o altamente protegidos, de rígidos mecanismos de comercialización, de estructuras artificiales de precios y de costos); financiero (la escasez de capitales y la falta de optimización de los recursos existentes); político (referido entre otros factores al régimen impositivo, la legislación sobre patentes, las leyes de trabajo, las leyes de fomento industrial) y científico (relacionado básicamente con una infraestructura científico–tecnológica débil o inexistente). Superar estos obstáculos constituye una tarea vasta y compleja con riesgos y conflictos muchas veces imprevisibles y que trasciende – el caso británico así lo demuestra– el mero desarrollo de la investigación científico–tecnológica.

#### **IV. La inserción de la ciencia y de la tecnología en la trama del desarrollo latinoamericano**

Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas; el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico–tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en donde cada uno de ellos ocuparían sus vértices respectivos.

##### ***1. El triángulo de relaciones entre gobierno, ciencia–tecnología y estructura productiva.***

La existencia histórica de este triángulo de relaciones científico–tecnológicas ha sido suficientemente explicitada por economistas, sociólogos e historiadores, motivo por el cual creemos innecesario reivindicar la originalidad de este enfoque<sup>3</sup>. El proceso por el cual se estructura tal sistema de relaciones en una sociedad, está claramente ilustrado por la experiencia de los Estados Unidos. En este caso la guerra, entendida como un factor desencadenante del proceso, ha jugado un papel decisivo. Hasta la segunda guerra mundial en efecto, la innovación fue el resultado de diversas causas, principalmente de la acción recíproca de las fuerzas del mercado y de acontecimientos bélicos como la incidencia de la guerra de secesión en los estados industriales del norte y, en mucho menor grado, la primera guerra mundial. Durante la década del 40 el gobierno actúa sobre la infraestructura científico–tecnológica y la estructura productiva industrial en una escala mucho mayor de lo que había ocurrido anteriormente, convirtiéndose en el promotor más importante del proceso de innovación. Los éxitos espectaculares obtenidos por la aplicación deliberada y consciente de la ciencia y de la técnica (avión a reacción, radar, bomba atómica, etc.) y la nueva situación provocada por la guerra fría,

<sup>3</sup> La bibliografía americana que ha explicitado este problema es vasta. A título ilustrativo, nos basta con citar dos obras importantes recientemente aparecidas: E. S. WOYTINSKY, *Profile of the U.S. Economy*, en donde conviene consultar el Cap. XVII, *The American Economy in an Age of Science and Technology* y la obra de J. K. GALBRAITH, *The New Industrial State*, Boston, 1967, que está consagrada a explicitar la concentración de este sistema de relaciones en lo que, el autor llama la “tecnó–estructura”.



contribuyeron a que el gobierno continuará desempeñando un papel decisivo como impulsor de las relaciones que configuran nuestra imagen del triángulo.<sup>4</sup>

La experiencia histórica permite pues inducir esta imagen simplificada de las relaciones entre gobierno, ciencia–tecnología y estructura productiva. Sin embargo, la exposición de este sistema de relaciones no pretende tan sólo interpretar una realidad en función de un modelo analítico definido de antemano, cuanto demostrar que la existencia del triángulo científico–tecnológico asegura la capacidad racional de una sociedad para saber dónde y cómo innovar y que, por lo tanto, los sucesivos actos tendientes a establecerlo permitirán alcanzar los objetivos estratégicos propuestos anteriormente. Analicemos a continuación, de modo más preciso, las características de cada uno de los vértices.

El vértice –infraestructura científico–tecnológica ya ha sido definido previamente. Definiremos el vértice –estructura productiva en un sentido general, como el conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda una determinada sociedad. El vértice –infraestructura científico–tecnológica ya ha sido definido previamente. Definiremos el vértice –estructura productiva en un sentido general, como el conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda una determinada sociedad. El vértice –infraestructura científico–tecnológica ya ha sido definido previamente. Definiremos el vértice –estructura productiva en un sentido general, como el conjunto de sectores productivos que provee los bienes y servicios que demanda una determinada sociedad. El vértice –gobierno, por su parte, comprende el conjunto de roles institucionales que tienen como objetivo formular políticas y movilizar recursos de y hacia los vértices de la estructura productiva y de la infraestructura científico–tecnológica a través, se entiende, de los procesos legislativo y administrativo. Los vértices están caracterizados desde el punto de vista funcional, lo cual permite ubicar correctamente en el vértice correspondiente a muchos sectores de actividad que por su naturaleza podrían crear confusión: así, por ejemplo, una empresa propiedad del Estado que produce acero pertenece al vértice –estructura productiva y no al vértice –gobierno, pese a que su control esté en manos del gobierno, y del mismo modo, un laboratorio de investigaciones, propiedad de una empresa privada, pertenece al vértice –infraestructura científico–tecnológica y no al vértice –estructura productiva. Como podemos observar, cada vértice constituye un centro de convergencia de múltiples instituciones, unidades de decisión y de producción, actividades, etc., motivo por el cual estaríamos en condiciones de afirmar que las relaciones que configuran el triángulo tienen también múltiples dimensiones, pudiendo, en consecuencia, seleccionar las que a nuestro entender resultan más importantes para precisar el punto de vista adoptado. De este modo el triángulo se definiría por las relaciones que se establecen dentro de cada vértice, a las que denominaremos intra–relaciones; por las relaciones que se establecen entre los tres vértices del triángulo, a las que identificaremos como inter–relaciones y, en fin, por las relaciones que se establecen entre el triángulo constituido, o bien, entre cada uno de los vértices con el contorno externo del espacio en el cual se sitúan, a las que llamaremos extra–relaciones.

**2. Intra–relaciones dentro de cada vértice** Las relaciones que se establecen dentro de cada vértice tienen como objetivo básico el de transformar a estos centros de convergencia en centros capaces de generar, incorporar y transformar demandas en un producto final que es la innovación científico–tecnológica. De tal modo, las diferentes relaciones que integran cada vértice deben estructurarse con vista a garantizar una determinada capacidad. Esta capacidad para generar, incorporar o transformar demandas es una cualidad que hipotéticamente atribuimos a los sujetos que se sitúan en cada uno de los vértices y lógicamente tendrá una connotación particular según sea el vértice considerado.

El vértice–gobierno, ya lo hemos visto, tiene como objetivo el de formular o implementar políticas en el ámbito científico–tecnológico; ello requiere la capacidad para realizar una acción deliberada en este campo para formular un cuerpo de doctrina, de principios y de estrategia capaz de fijar metas posibles, cuyo logro depende de una serie de decisiones políticas, de la asignación de recursos y de la programación científico–tecnológica<sup>5</sup>. En términos generales, esta acción de gobierno no se realiza en América Latina; quizás sea posible discernir un esfuerzo cuando se trata de imaginar doctrinas y principios generales que deberían ser realizados en este terreno, pero es realmente difícil constatar la capacidad gubernamental para traducirlos en hechos eficientes.

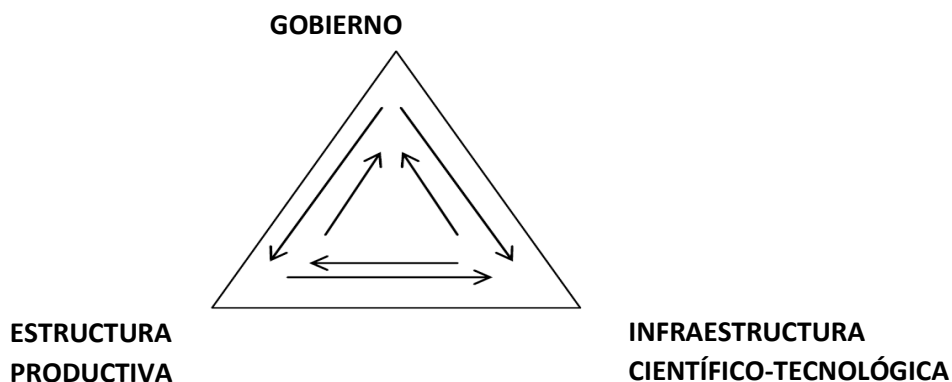
<sup>4</sup> Creemos innecesario corroborar esta descripción sucinta con cifras y cuadros comparativos acerca de la acción del Gobierno Federal de los EE.UU. en este terreno. Una síntesis sumamente ilustrativa puede encontrarse en la obra de E. S. WOYTINSKY, ya citada.

<sup>5</sup> Ver en este sentido, M. HALTY CARRERE, *Política y Planificación Científica y Tecnológica*, Unidad de Desarrollo Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana.

La cualidad que asignamos a los sujetos que actúan en el vértice–infraestructura científico–tecnológica es la capacidad creadora. Ella resulta de un atributo esencial de la investigación científica. Es cierto que el extraordinario desarrollo de la ciencia ha transformado los modestos laboratorios de pre–guerra –donde, sin embargo, se produjeron los avances fundamentales de la física de este siglo– en verdaderas fábricas de conocimiento con todo lo que esto implica en materia de recursos; pero no es menos cierto que la investigación ha sido, es y será un producto de la inteligencia humana. No cabe duda que el trabajo en equipo y con recursos abundantes aumenta la eficiencia y puede que estimule la creación –aunque muchas veces la inhibe– pero es muy difícil que la produzca: la creación es un acto singular de una mente singular; aquellos que viven el espejismo de los equipos costosos, los instrumentos sofisticados y los edificios muy funcionales, ignoran la verdad capital de que la capacidad creadora es la virtud esencial de la investigación. Un científico mediocre producirá ideas mediocres y si se suman científicos mediocres, las ideas continuarán siendo mediocres por más dinero que se les inyecte. Por ello se ha dicho con razón que un laboratorio no vale tanto por las dimensiones del edificio que ocupa ni por los recursos en equipo e instrumental que posea, sino por la calidad y la cantidad de inteligencia de los hombres que lo integran.

Por último, el objetivo básico de la estructura productiva, será garantizado por la capacidad empresarial pública o, privada, que en este caso la definiremos, siguiendo las clásicas ideas desarrolladas por Schumpeter, como aquella función que *“consiste en reformar o revolucionar el sistema de producción, explotando un invento, o, de una manera más general, una posibilidad técnica no experimentada para producir una mercancía nueva o una mercancía antigua por un método nuevo, para abrir una fuente de provisión de materias primas o una nueva salida para los productos, para reorganizar una industria, etc.”*.<sup>6</sup>

**3. Inter–relaciones entre los tres vértices** A partir de la gran revolución científico–tecnológica de la segunda mitad del siglo veinte, es imposible imaginar un esfuerzo sostenido y constante en ciencia y tecnología sin tener en cuenta un presupuesto básico: que la generación de una capacidad de decisión propia en este campo es el resultado de un proceso deliberado de inter–relaciones entre el vértice–gobierno, el vértice–infraestructura científico–tecnológica y el vértice–estructura productiva. Este proceso se establece a través del flujo de demandas que circulan en sentido vertical (inter–relaciones recíprocas entre el vértice–gobierno y los vértices–infraestructura científico–tecnológica y estructura productiva) y en sentido horizontal (inter–relaciones recíprocas entre los vértices–infraestructura científico–tecnológica y estructura productiva). La figura geométrica sería entonces la siguiente:



Las inter–relaciones en sentido vertical merecen analizarse en la perspectiva de la acción gubernamental. Con respecto a la inter–relación gobierno–infraestructura científico–tecnológica, conviene señalar que el vértice de la infraestructura depende vitalmente de la acción deliberada del gobierno, entendida en un sentido muy amplio, sobre todo en lo que se refiere a la asignación de recursos. Pero junto a este aspecto económico de la cuestión, el vértice–gobierno juega también el papel de centro impulsor de demandas hacia la infraestructura científico–tecnológica, demandas que, por otra parte, pueden ser incorporadas, transformadas o bien eliminadas en función de un acto que genera una contra–demanda, de reemplazo.

<sup>6</sup> J. A. SCHUMPETER, *Capitalismo, Socialismo y Democracia*, Madrid, 1963, p. 181.

En estos casos posibles entre otros, el vértice–infraestructura–científico–tecnológica satisface estas demandas y propone desarrollos originales. Un ejemplo notable de este proceso de inter–relación, lo constituye el desarrollo de la bomba atómica cuya idea original nace en la infraestructura (capacidad creadora) y el gobierno asume la necesidad de traducirla en hecho eficiente, planteando una demanda explícita y asignando los recursos necesarios para lograr una respuesta (capacidad de realizar una acción deliberada en esta materia por medio de decisiones políticas). La dificultad mayor reside en el modo como se concebirá la formulación de programas una vez tomada la decisión política. No conviene olvidarlo: una correcta formulación de una política científico–tecnológica, exige que en el proceso de generación de demandas en los órganos gubernamentales se tengan en cuenta las opiniones de los sujetos que componen la infra–estructura científico–tecnológica y aún, que algunos de ellos tengan asignadas funciones de importancia en estos órganos de programación.

La inter–relación gobierno–estructura productiva depende fundamentalmente de la capacidad de discernimiento de ambos vértices acerca del uso posible del conocimiento existente para incorporarlo a nuevos sistemas de producción. Históricamente, la capacidad empresarial contribuyó a generar una infraestructura científico–tecnológica con el desarrollo por ejemplo de laboratorios de investigación adscriptos a la estructura productiva. A través de este sector puede insertarse, y de hecho se inserta, la acción gubernamental, generando demandas y afectando recursos a ciertos sectores de la estructura productiva seleccionados de acuerdo a diferentes criterios, entre los cuales los estratégicos son sumamente importantes. Conviene no confundir los niveles de análisis: es evidente que el vértice–gobierno se relaciona con el vértice–estructura productiva mediante una acción sobre la infraestructura científico–tecnológica, pero mientras en este caso el motivo de la demanda y de la asignación de recursos se relaciona directamente con la estructura productiva, en el caso de una inter–relación directa con la infraestructura científico–tecnológica puede producirse, junto a este primer aspecto una relación indirecta por la vía por ejemplo de las inter–relaciones de tipo horizontal que analizaremos a continuación. Las inter–relaciones de tipo horizontal son las más complejas de establecer, salvo en el caso ya señalado donde la infraestructura científico–tecnológica está adscripta a la estructura productiva, dependiendo directamente de las empresas. Cuando se trata de actividades diferenciadas no sólo de acuerdo a su función sino también de acuerdo a su posición institucional (por ejemplo, una empresa que no realiza actividades de investigación frente a una institución consagrada exclusivamente a tareas científicas) uno de los métodos más adecuados para desbrozar el camino por donde circulen las demandas recíprocas, parece ser el de la movilidad ocupacional, o transferencia recíproca del personal humano de uno a otro vértice. Si se acepta la hipótesis de que los sujetos de ambos vértices cuentan con una capacidad creadora y una capacidad empresarial, las vías de comunicación estarán necesariamente abiertas, pero si en cambio se vislumbra –tal como ocurre en América Latina– que ambas cualidades son muchas veces inexistentes en los sujetos de uno y otro vértice, el peligro del encierro y del diálogo de sordos entre empresarios y científicos se presenta como un obstáculo muchas veces insuperable.

**4. Relaciones con el entorno externo o extra–relaciones** Hasta el momento nos hemos ocupado de intra–relaciones y de inter–relaciones, pero convengamos que las sociedades no viven aisladas, que desde el espacio que circunda nuestra imagen del triángulo se establecen relaciones hacia el exterior y que inclusive esas relaciones pueden tener características diferentes según provengan de vértices desconectados o integrados en un sistema interno de relaciones. En una sociedad donde funciona el triángulo de relaciones las aperturas que se realicen hacia el exterior en materia de exportación de ciencia y de tecnología original o de adaptación de tecnología importada, producen beneficios reales ya sea a corto o a largo plazo. Las experiencias históricas demuestran que las sociedades que han logrado integrar el triángulo científico–tecnológico disponen de una capacidad de creación y de respuesta frente a otros triángulos de relaciones externos a las mismas. Muy distinta es la situación cuando las extra–relaciones tienen lugar entre vértices dispersos –no inter–relacionados entre sí– y un triángulo científico–tecnológico plenamente integrado. Es este, uno de los problemas centrales que deben resolver las sociedades latinoamericanas, ya que en nuestro continente se han producido desarrollos parciales de los vértices de la base del triángulo que manifiestan una tendencia cada día más marcada a vincularse independientemente con los triángulos de relaciones científico–tecnológicas de las sociedades altamente desarrolladas. La descripción de este hecho explicaría en parte un sin número de problemas, muchas veces presentados en forma aislada pero que, sin lugar a dudas, están íntimamente vinculados. Baste con enunciar uno de los más importantes. En América Latina, el éxodo de talentos es la típica consecuencia de la falta de inter–relaciones entre la infraestructura científico–tecnológica, la estructura productiva y el gobierno. Por esta razón, los científicos formados en nuestras sociedades, faltos de incentivos, se relacionan con una

infraestructura científico–tecnológica del exterior. Pero al actuar así, el científico que emigra hacia los grandes centros de los países industriales, se integra en un triángulo de relaciones plenamente capacitado para satisfacer las demandas que plantea su tarea específica. Mientras en nuestras sociedades el científico se encuentra desvinculado y aislado frente al gobierno y a la estructura productiva, en el nuevo lugar de trabajo, al cual lo conduce su exilio cultural, está automáticamente amparado por instituciones o centros de investigación que, a su vez, se encuentran insertas en el sistema de relaciones que hemos explicado.

##### ***5. Hacia el establecimiento de nuevos sistemas científico–tecnológicas en América Latina.***

Esta rápida descripción de las características y de los diferentes tipos de relaciones que se establecen en el triángulo científico–tecnológico, nos permite reconocer un hecho y plantea una necesidad: que en América Latina no existe un sistema de relaciones como el que hemos diseñado, ni tampoco hay conciencia acerca de la necesidad impostergable de establecerlo.

Observamos entonces que la puesta en marcha del proceso que permitirá a nuestras naciones alcanzar una capacidad de decisión propia en el ámbito científico–tecnológico, plantea una doble exigencia: crear por una parte, una conciencia global para que nuestras sociedades asuman este problema en sus dimensiones reales, y actuar eficazmente, por la otra, sobre aquellos sectores en los cuales se podrían optimizar los recursos escasos en función del sistema de relaciones perseguido, ambas exigencias están profundamente vinculadas.

En las naciones latinoamericanas no existen triángulos de relaciones en la sociedad global; aún los países más desarrollados de la región, no han logrado establecer un sistema global de relaciones entre gobierno, ciencia–tecnología y estructura productiva. Ante este hecho, la elección de caminos que rompan con el círculo vicioso de dependencia–falta de innovación–sentimiento de incapacidad, está determinada por la identificación de aquellos sectores en los que se podría implantar el triángulo de relaciones propuesto. La elección de una vía de acción que tenga en cuenta este presupuesto, nos indica que la estrategia adecuada es la de establecer sistemas de relaciones científico–tecnológicas en unidades limitadas, como instituciones particulares, o bien, conglomerados industriales públicos o privados, que puedan servir de modelos para implantar nuevos triángulos con dimensiones más amplias. Tal como lo hemos indicado al analizar las relaciones entre el vértice–gobierno y el vértice–estructura productiva, corresponde al sector gubernamental formular una política tendiente a acoplar la infraestructura científico–tecnológica al proceso de producción, ya sea creando los centros que así lo permitan o relacionando los centros ya existentes.

Teniendo en cuenta el carácter mixto de las economías latinoamericanas, en donde el sector público es parte importante de la estructura productiva, el vértice–gobierno tendría en sus manos un campo de experiencia sumamente interesante por la vía de la implantación de triángulos de relaciones científico–tecnológicas en alguno de los grandes conglomerados que componen el sector público, ya sea en los sectores de la infraestructura, o bien en algunos sectores de la estructura productiva industrial.

Lo cierto es que muchos sectores estratégicos –siderurgia, petróleo, producción de energía– están total o parcialmente controlados por el Estado. Dentro de estos sectores se podrían implantar y diferenciar desde el punto de vista funcional, los vértices de la estructura, productiva y de la infraestructura científico–tecnológica, que, apoyados por la acción del vértice–gobierno, interrelacionarían sus respectivas demandas con el objeto de producir la innovación. El sector público de las naciones latinoamericanas contaría en este sentido con una posibilidad real de modernización. Ilustremos brevemente este punto de vista mediante un ejemplo concreto. Si seleccionamos dentro del sector público al del petróleo, comprobamos, en primer lugar, una serie de prerequisites económicos–financieros: gran potencialidad económica de las empresas estatales; mercado fuertemente controlado por estas empresas en la mayoría de los países; relaciones directas con una industria básica como es la petroquímica e indirectas con el sector de la industria electro–mecánica–metalúrgica. La movilización de la infraestructura científico–tecnológica con respecto a la industria del petróleo está relacionada en primer término con sus aspectos tradicionales como la producción de gasolina, la optimización de las tareas extractivas o el mejoramiento de los aceites lubricantes. Empero las investigaciones no se agotan en estos campos, ya que también intervienen las que se realicen teniendo como horizonte el desarrollo de la industria petroquímica o bien, aquellas que tengan por objeto lograr un acople eficiente de los insumos que provienen del sector electro–mecánico–metalúrgico: bombas, barrenos, tubos, válvulas,

¿Cómo se relacionaría la infraestructura científico–tecnológica con la estructura productiva del petróleo? Supongamos que un organismo de planificación localizado en el vértice–gobierno, genera una demanda concreta, motivada por la situación en la balanza de pagos, que exige un aumento substancial en la producción de petróleos livianos. Supongamos a su vez, que la traducción de esta demanda exigirá el desarrollo de nuevos métodos de explotación, potencialmente aptos para la producción de petróleos livianos, que no se

podrían realizar con las tecnologías disponibles en ese momento. Si la demanda circula exclusivamente por el lado gobierno–estructura productiva, es factible que no se obtengan las respuestas previstas en el plan; pero si en cambio, la demanda se dirige también a la infraestructura científico–tecnológica generando de este modo el diálogo con la estructura productiva, es factible que se abran distintas alternativas de respuesta como pueden ser, entre otras, la adaptación de una tecnología similar, ya en funcionamiento en otras sociedades, o el desarrollo de una tecnología original.

Así como representamos el proceso en sentido vertical, es decir, originado en el vértice–gobierno, podemos adoptar el camino inverso e imaginar que en algún sector de la infraestructura científico–tecnológica, surge la posibilidad de desarrollar un polímero con nuevas propiedades, como resultado de investigaciones básicas aparentemente poco vinculadas a la industria petroquímica. Sin triángulo de relaciones, es muy factible que esta demanda permanezca en estado latente, sin transformación industrial en el país de origen, o, quizá, con posibilidades de transformación en países con triángulos tecnológicos sólidamente implantados, en la medida en que ese sector de la infraestructura establezca con ellos relaciones externas. La gran oportunidad de que esta demanda latente se transforme en manifiesta, radica en las posibilidades que tenga este grupo de científicos de inter–relacionarse con la estructura productiva gracias a la acción del gobierno que establece canales de comunicación para que el nuevo conocimiento se incorpore al proceso productivo, generando así la innovación.

Las dificultades que plantean estos ejemplos, no pueden resolverse con soluciones parciales como la puesta en marcha de laboratorios de investigación adscriptos a las empresas estatales. Aunque esta tarea es sumamente importante, la clave del éxito radicaría en la movilización de inteligencias en distintos sectores de la infraestructura científico–tecnológica, motivadas por los objetivos de una política tecnológica con respecto al petróleo. Se hace imprescindible, en consecuencia, movilizar a la universidad relacionándola con la estructura productiva y aprovechando al máximo las tradiciones ya existentes como pueden ser, por ejemplo, las carreras de ingenieros de petróleo. Movilizando inteligencias y voluntades, el triángulo sectorial actuaría como un polo de incorporación de investigadores que, en muchos sentidos, están alienados de nuestras realidades nacionales, otorgando un sentido social a la existencia del individuo y garantizado el desarrollo de su vocación. Valga este ejemplo como modelo porque no cabe duda que esta estrategia es plenamente aplicable a otros sectores públicos de la estructura productiva como los de energía eléctrica, comunicaciones, transportes, etc. Aunque esta tarea es sumamente importante, la clave del éxito radicaría en la movilización de inteligencias en distintos sectores de la infraestructura científico–tecnológica, motivadas por los objetivos de una política tecnológica con respecto al petróleo. Se hace imprescindible, en consecuencia, movilizar a la universidad relacionándola con la estructura productiva y aprovechando al máximo las tradiciones ya existentes como pueden ser, por ejemplo, las carreras de ingenieros de petróleo. Movilizando inteligencias y voluntades, el triángulo sectorial actuaría como un polo de incorporación de investigadores que, en muchos sentidos, están alienados de nuestras realidades nacionales, otorgando un sentido social a la existencia del individuo y garantizado el desarrollo de su vocación. Valga este ejemplo como modelo porque no cabe duda que esta estrategia es plenamente aplicable a otros sectores públicos de la estructura productiva como los de energía eléctrica, comunicaciones, transportes, etc.

A todas luces esta estrategia para la implantación de triángulos científico–tecnológicos en el sector público no es exclusiva y resulta insuficiente si no va acompañada de un esfuerzo sostenido para implantar nuevos sistemas de relaciones en el sector privado<sup>7</sup>. Sin duda alguna las relaciones que nos ha sugerido el ejemplo anterior son plenamente aplicables a este sector y de hecho muchas experiencias en marcha pueden servir de núcleos iniciales para el desarrollo de triángulos científico–tecnológicos. Si tomamos el ejemplo del sector agrícola, un intento exitoso lo constituye el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Argentina (INTA), fundado en 1956 y que continúa sobre nuevas bases las tareas de los laboratorios y plantas experimentales del Ministerio de Agricultura que datan de principios de siglo. El INTA ha sido creado y está directamente financiado por el vértice–gobierno por medio del presupuesto de la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería. Como tal, esta institución corresponde a la infraestructura científico–tecnológica y su función específica es la de establecer relaciones horizontales con la estructura productiva del sector agropecuario, mediante la investigación pura y de aplicación general, la experimentación regional y la educación y la divulgación.

Ejemplos de experiencias en marcha que intentan establecer triángulos científico–tecnológicos con la industria manufacturera del sector privado son, entre otros, los que proporciona el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo, el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas y el Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI) en Argentina. Estas instituciones tienen orígenes, estructuras y fuentes de financiación diferentes<sup>8</sup> pero están ligadas por un objetivo similar, cual es el de establecer inter–relaciones

con el sector manufacturero. Con mayor o menor éxito estos centros de la infraestructura científico–tecnológica han logrado establecer relaciones horizontales con la estructura productiva, aunque en la actualidad afrontan la etapa más difícil: la de incrementar a la vez su capacidad creadora y la fluidez de los vínculos con el sector manufacturero.

Como surge de lo expuesto, la puesta en marcha de esto proceso exige distinguir los diferentes ámbitos en los que se implantaron o fortalecerán los triángulos científico–tecnológicos. El punto de partida que hemos seleccionado otorga prioridad al ámbito sectorial, entendido como el marco más eficaz y más realista para crear modelos que posteriormente puedan ser aplicados al ámbito nacional o al ámbito regional. Este sería uno de los caminos que puedan conducir al proceso de integración en América Latina, a través de sus diferentes expresiones<sup>9</sup>, a la etapa de las realizaciones efectivas. En el terreno de la ciencia y de la tecnología la incomunicación en el ámbito regional, no depende tanto de “un no querer” vincularse, como de la ausencia de triángulos sectoriales en los ámbitos nacionales, sin los cuales no es posible producir innovación ni, en consecuencia, lograr una comunicación real de experiencias objetivas.

Hemos afirmado que la innovación es el producto de un sistema de relaciones entre gobierno, infraestructura científico–tecnológica y estructura productiva, cuando estos vértices están respectivamente calificados por la capacidad para realizar una acción deliberada en este terreno, por la capacidad creadora y por la capacidad empresarial. Romper con los obstáculos que impiden la expresión de estas capacidades no es tarea de un día porque ellos se encuentran en la raíz misma de nuestro sistema cultural: en los valores, actitudes y creencias que orientan el comportamiento de los sujetos hipotéticamente ubicados en cada uno de los vértices. Y, sin embargo, ello se hace imprescindible. Porque de nada vale organizar estructuras formales si no se acompaña de un efectivo desarrollo orgánico de nuevos valores y actitudes capaces de poner en marcha los procesos y relaciones que hemos diseñado. Crear conciencia de ello es el objetivo fundamental que persigue este trabajo.

<sup>7</sup> Es en este terreno, tal como lo hemos apuntado, donde la experiencia norteamericana ha sido más fecunda. Con anterioridad a la puesta en funcionamiento del triángulo a nivel de la sociedad global se establecieron en los EE.UU. triángulos de relaciones con respecto al sector privado agrícola, a través de la acción del gobierno que financió el sistema universitario –escuelas y facultades agrícolas– el que a su vez, se relacionó con la estructura productiva agropecuaria, obteniendo los resultados económicos por todos conocidos.

<sup>8</sup> El 64% del presupuesto del Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo proviene de fuentes oficiales y el 36% corresponde a aportes privados. En el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas, el 76% de su presupuesto proviene de fondos semioficiales y el 24% de organismos particulares. El SATI constituye un servicio especializado del Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina. Ver en este sentido, el informe preliminar de los *Institutos de Investigación Tecnológica en la América Latina*, Unidad de Desarrollo Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1962 y A. FONTES y M. HALTY CARRERE, *Características de los Institutos Latinoamericanos de Investigación Tecnológica*, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1965.

<sup>9</sup> Nos referimos sobre todo al proceso de subregionalización actualmente en marcha: Cuenca del Plata, Mercado Común Centroamericano, Grupo Andino, etc.

SCIENCE AND  
TECHNOLOGY IN THE  
FUTURE DEVELOPMENT OF  
LATIN AMERICA

**Jorge Sábato**  
**Natalio Botana**

Translated by  
Cecilia González

---

# SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE FUTURE DEVELOPMENT OF LATIN AMERICA

## I. Introduction

1. The overcoming of underdevelopment in Latin America will be the result of the simultaneous action of different policies and strategies. In any case, and whichever paths are chosen, access to a modern society—which is one of the objectives to be achieved through development—, necessarily implies a decisive action in the scientific and technological research field. Latin America is slowly becoming aware of this need and this lack; slowly and almost reluctantly: many officials still think of research as a luxury for developed countries, and many entrepreneurs still limit their role to the acquisition of patents and the payment of royalties. Everyone adopting this passive attitude, certainly forgets that those nations which rule this task out are in danger of being marginalised from history, ignoring the language of those countries which are more scientifically and technologically advanced, and flaunting the old attributes of sovereignty as mere formal symbols, which were maybe valid in a past that has definitely come to an end.

2. Scientific and technological research is a powerful tool to transform a society. Both science and technology are dynamic components within the development scheme; they are at the same time an effect and a cause; they promote development but are also promoted by it. These concepts gained an explicit recognition in the Punta del Este Conference, carried out in April 1967, where the Presidents of the American States dedicated almost all Chapter V of their Declaration to scientific and technological development problems, stating exactly that: *“Advances in scientific and technological knowledge are changing the economic and social structure of many nations. Science and technology offer infinite possibilities for providing the people with the well-being that they seek. But in Latin American countries the potentialities that this wealth of the modern world offers have by no means been realized to the degree and extent necessary. Science and technology offer genuine instruments for Latin American progress and must be given an unprecedented impetus at this time.”*

## II. An Outline Based on the World Order for the Year 2000

1. It is appropriate to start by summing up the main arguments in favour of the idea that in our countries, and considering the present situation, we should carry out a serious, sustained, and permanent scientific and technological research. These arguments are:

a) The absorption of those technologies that every country necessarily needs to import is more efficient if the receiving country has a solid scientific and technological infrastructure. This infrastructure—which shall be more precisely defined below— can only be created, maintained, and advanced through the action of research itself.

b) The intelligent use of natural resources, raw materials, labour, and capital, as well as the problems of the economies of scale, require country-specific research.

c) The higher our scientific and technological potential, the more our economies will transform to satisfy our urgent need to industrialize and export manufactured products.

d) Science and technology are catalytic promoters of social change.

2. If we analyze the problem not only based on current needs, but also from the perspective of a world order for the year 2000, the need of a vigorous scientific and technological development in Latin America is even more urgent. Indeed, the most important idea of the meeting carried out in Chile<sup>1</sup> is that one of the decisive factors that could result in the achievement

---

<sup>1</sup> First Meeting of the Sponsorship and Political Committee of the *Prospective Study on Latin America and the World Order in the 1990s*, which was carried out in Santiago, Chile, in November 1967.



of a new type of world order by the year 2000, is Latin American nations' will to fully participate as active subjects in the social, political, and cultural development of the world of the future. Thus, it is about promoting new relations of equality between nations and regions, so that the development of marginalized countries enables a redefinition of the current distribution of power, well-being, and prestige at the core of the international community. If these ideas are applied to the science and technology field, it can be noted that Latin America, with little intervention in scientific and technological development both in the past and in the present, needs to leave its passive spectator role and take an active protagonist role, trying to participate as much as possible. From this perspective, Latin American nations must make their greatest effort in science and technology, with the assistance of those countries that share this idea of the world order in the next thirty years.

3. The above-mentioned conclusion is that we should participate in scientific and technological development. The question that immediately arises is: can we do it? This question does not refer to the huge obstacles which are obvious (current relative backwardness, lack of material and human resources, absence of tradition, etc.), but to the possibility deriving from the intrinsic nature of the process: considering the current situation of scientific and technological development, and its future perspective, is it still possible to foresee an important participation? A first answer comes from the different prospective studies on the development of science and technology up to the year 2000. At this point, it is not important to choose among them or make judgments about which one has more chances to succeed. All of them, in principle, have been carried out by experts and are based on different methodologies which are fully worthy of consideration. It is important to point out that these studies prove something that should be well-known, but most people forget: that since both science and technology are dynamic activities, it is very likely that the events that take place in the next few decades are much more spectacular and revolutionary than those that have taken place in the last twenty years. Because of our role as spectators rather than protagonists, in our countries it is common to think that we are living the high point of the scientific and technological revolution. That is not true, as it is evidenced by the prospective studies that show the foreseeability of scientific transformations much deeper than the ones experienced until now. Thus, we must become aware that we are in the middle —rather than in the final stage— of a process, which means that we still have opportunities to participate. Scientific and technological research never stops and, it is worth remember, it could never be stopped. There is not one “last” act in this process, and we can always get on time, because, to some extent, everything is always beginning and everything belongs to said process. Like Einstein's, the universe of scientific research is “finite but limitless.” The game is open, the protagonist is the human being, and we all have the opportunity to participate; and these opportunities shall be even greater if we so understand it and if we know how to go in the right direction.

### **III. A Strategy for Innovation**

#### *1. Strategic Objectives*

From what was mentioned above it can be inferred, first, that within the framework of the conditions proposed for the year 2000, we should take part in the scientific and technological development; and second, and due to the nature of the process itself, that we can take part in it. The purpose of this publication is to propose a strategy that allows that mandatory and possible participation to come true. We thus will start by more precisely defining the purpose of this action: To achieve a technical and scientific self-decision-making capacity through the inclusion of science and technology in the scheme of the development process. It is evident that, to a greater or lesser extent, no Latin American country has this capacity today: this lack is evidenced every time a decision has to be taken on those problems in which the scientific and technological variables are of great importance. These problems can be of different nature: political (denuclearization agreement; use of the space for pacific or military purposes; satellite telecommunications systems); economic (assignment of priorities in industrial development; introduction of new productive processes; export of manufactured products); social (human

resources planning and modernization of education; technification of training programs and labour training), etc.

There follows an analysis of some of the elements that are more related to the problem thus posed.

## *2. Scientific and Technological Infrastructure*

Seen as a social product, doing research implies the existence of a scientific and technological infrastructure. This infrastructure refers to the following group of articulated and interrelated elements:

- a) The education system that produces the necessary number of individuals, with the necessary quality, to carry out research activities: scientists, technologists, assistants, operators, administrators;
- b) The laboratories, institutes, centres, and pilot plants (made up by human beings, equipment and buildings) where research is carried out;
- c) The research institutional planning, promotion, coordination, and incentive system (Research Councils, Science Academies, etc.).
- d) The legal-administrative mechanisms that regulate the operation of the institutions and activities described in a), b), and c).
- e) The financial and economic resources applied to their functioning.

The quality of any infrastructure is given by each and every one of these elements, and by their balanced and permanent connection. For this reason, the weakness of the scientific and technological infrastructure in our countries derives from the simultaneous action of many negative factors: outdated education systems that, in general, do not produce creative individuals or operate against them; very rigid and inefficient legal-administrative mechanisms that generate a bureaucratic environment which is not suitable for the creative activity; scarce or poorly distributed resources; persistent disregard of the fact that the quality of a research results from the quality of the researchers, and that is why researchers should be highly respected and their academic freedom fully guaranteed; non-existent or very simple planning, incapable of establishing goals or outlining strategies compatible with academic freedom; promotion and incentive strongly influenced by political favouritism, by particularistic social relations, or by conformist attitudes; structures that hinder the creation of auxiliary technical groups; essential workers (glass manufacturers, project executors, turners, electronic experts, etc.); compensations that, in many cases, make the “full time” work of the staff impossible; traditional universities where research is seen as a secondary function; research that is almost non-existent in the private sector and very weak in the public sector in relation to production (electric energy, petroleum, coal, telecommunications, iron and steel industry, transport, etc.).<sup>2</sup> Thus, strengthening the infrastructure implies a coordinated effort on the group of elements that make it up, based on an accurate diagnosis of the actual condition of each of these elements and the circumstances which are specific of each country.

## *3. Innovation*

A strong scientific and technological infrastructure is not enough to guarantee that a country will be able to incorporate science and technology into its development process: it is also necessary to transfer the results of the research to the real world; to connect the scientific and technological infrastructure to the productive structure of society.

---

<sup>2</sup> It is unnecessary to point out that this is a descriptive list of the general trends of the situation in Latin America in this field, and that, as a result, it does not mean to disregard the exceptions that can be present in each one of the elements mentioned.

At this point of our work, it is convenient to introduce the concept of innovation, with which we will describe the incorporation of knowledge —one's own or someone else's— in order to generate a productive process. This concept is indeed different from the concept of research: the transferred knowledge can be the direct or indirect result of research, but it can also be the result of an accidental observation, an unexpected discovery, a non-scientific intuition, or a random connection of scattered facts. While there is enough information on research so as to know what needs —or does not need— to be done in order to succeed, little is known about the innovation process. Many factors, with unknown specific roles or interrelations, take part in this innovation process; elements of such different nature as the economic and financial structure of society and companies, social mobility, tradition, the characteristics of the leading groups, the system of values of society, the specific needs in a certain situation, and the commercialisation mechanisms. Each country, and every sector and company within it, should carefully study the why and how of innovation, trying to discover its mechanisms to drive them forward in the right direction. Some countries have been highly successful when it comes to innovation, while others —with the same or even better scientific and technological infrastructure— have certainly been less successful. Great Britain and Japan are good examples: while in Great Britain, research has achieved a high level of creativity —up to the point of being the country with more Nobel Prizes per capita in the world—, innovation has been relatively poor apparently due to the business structure of the country (which several authors actually blame for Great Britain's declining industrial position); in Japan, on the contrary, research, despite being excellent, is below Great Britain's, and innovation appears to be higher compared to every country across the world.

The driving forces behind innovation are, among others, an actual or potential war, market needs, import substitution, the lack of raw materials, the greater or lesser availability of qualified labour, and investment optimization.

The most important obstacles to innovation are of different character: socio-cultural (the predominance of routinary attitudes, the lack of business aggressiveness, the fear to union action); economic (monopolized or highly protected markets, rigid commercialisation mechanisms, artificial price and cost structures); financial (shortage of capitals and lack of optimization of existing resources); political (referred, among other factors, to the tax system, legislation on patents, labour laws, industrial promotion laws); and scientific (basically related to a weak or non-existent scientific and technological infrastructure.) Overcoming these obstacles is a huge and complex task, with risks and conflicts that many times are unpredictable, that goes beyond —as the British case shows— the mere development of scientific and technological research.

#### **IV. The Insertion of Science and Technology in the Latin American Development Scheme**

Approached as a conscious political process, the action of inserting science and technology in the development scheme implies knowing where and how to innovate. The historical experience shows that this political process is the result of the multiple and coordinated action of three elements which are essential to the development of contemporary societies: the government; the productive structure; and the scientific and technological infrastructure. We could imagine that between these three elements there is a system of relations that would be represented by the geometric figure of a triangle, where each one would occupy its corresponding vertex.

##### *1. The Triangle of Relations between Government, Science and Technology, and Productive Structure*

The historical existence of this triangle of scientific and technological relations has been sufficiently explained by economists, sociologists, and historians, and for this reason we think it is

unnecessary to defend the originality of this approach.<sup>3</sup> The process through which such a system of relations is structured within a society, is clearly illustrated by the experience of the United States. In this case, the war, understood as a trigger of the process, has played a key role. Until World War II, innovation had been the result of diverse causes, mainly of the reciprocal action of market forces and war events, such as the incidence of the War of Secession in the industrial northern states, and, to a much lesser extent, World War I. During the 1940s, the government acts on the scientific and technological infrastructure, as well as on the industrial productive structure, in a much greater scale than before, turning into the most important promoter of the innovation process. The spectacular successes that resulted from the deliberate and conscious application of science and technology (jet aircraft, radar, atomic bomb, etc.), and the new situation caused by the Cold War, contributed to the government continuing to play a key role as promoter of the relations that make up our image of the triangle.<sup>4</sup>

Thus, the historical experience allows us to have this simplified image of the relations between the government, science and technology, and the productive structure. However, the presentation of this system of relations is not just intended to interpret a reality based on an analytical model defined beforehand, but also to demonstrate that the existence of the scientific and technological triangle guarantees the rational capacity of a society to know where and how to innovate, and that, as a result, the successive efforts to establish said triangle shall enable to achieve the strategic objectives that were proposed before.

Now we shall analyse in more detail the characteristics of each one of these vertexes.

The scientific and technological infrastructure vertex has already been defined. We will generally define the productive structure vertex as the group of productive sectors that provide the goods and services demanded by a certain society. The government vertex involves the group of institutional roles that have the objective of formulating policies and mobilizing resources from and to the vertexes of the productive structure and the scientific and technological infrastructure through the legislative and administrative processes. The vertexes are characterized from their functional point of view, which allows to correctly place in the right vertex many sectors of activity that, due to their nature, could generate some kind of confusion. Thus, for example, a State-owned company that produces steel belongs to the productive structure vertex, and not to the government vertex, although it is controlled by the government; in the same way, a research laboratory that is owned by a private company, belongs to the scientific and technological infrastructure vertex, and not to the productive structure vertex.

As it can be noted, each vertex acts as a convergence centre of multiple institutions, decision-making and production units, activities, etc. For this reason, we could say that the relations that make up the triangle also have multiple dimensions, and, as a result, we can select those that, in our opinion, are more important to explain the chosen point of view. In this way, the triangle will be defined by the relations established within each vertex, which we will call “internal relations;” by the relations established between the three vertexes of the triangle, which we will identify as “interrelationships;” and, last, by the relations established between the triangle or between each vertex and the outside entities of the space where they are situated, which we will call “external relations.”

---

<sup>3</sup> The American bibliography that has made this problem explicit is huge. By way of example, it is enough to mention two important recent publications: E. S. Woytinsky, *Profile of the U.S. Economy*, where it is worth reading Chapter XVII, *The American Economy in an Age of Science and Technology*; and the work of J. K. Galbraith, *The New Industrial State*, Boston, 1967, which explains the concentration of this system of relations in which the author calls the “techno-structure.”

<sup>4</sup> We think it is unnecessary to confirm this brief description with comparative numbers and tables about the action of the Federal Government of the United States in this field. A very illustrative synthesis can be found in the work of E. S. Woytinsky, which was mentioned above.

## 2. Internal Relations within Each Vertex

The main objective of the relations established within each vertex is to turn these convergence centres into centres capable of generating, incorporating, and transforming demands into an end product: the scientific and technological innovation. Thus, the different relations that make up each vertex should be structured to guarantee a certain capacity. This capacity to generate, incorporate or transform demands is a quality that we hypothetically attribute to the individuals that are part of each vertex, and it will logically have a particular connotation, depending on the vertex under consideration.

The objective of the government vertex, as we have already noted, is to formulate or implement policies in the scientific and technological field. This requires the capacity to carry out a deliberate action in this field in order to formulate a body of doctrine, of principles, and of strategies, capable of setting possible goals, the achievement of which depends on a series of political decisions, the assignment of resources, and the scientific and technological programming.<sup>5</sup> Generally speaking, this government action is not actually carried out in Latin America. Maybe it would be possible to see an effort when it comes to imagining general doctrines and principles that should be carried out in this field, but it is really difficult to confirm the government capacity to translate those into efficient facts.

The characteristic that we assign to those individuals acting in the scientific and technological infrastructure vertex is the creative capacity, which results from an essential attribute of scientific research. It is true that the extraordinary development of science has turned the modest pre-war laboratories —where, nevertheless, the essential advances of physics in this century took place— into real knowledge factories, with all that this implies in terms of resources; but it is not less true that research has been, still is, and will continue to be, a product of human intelligence. There is no doubt that teamwork and the availability of plenty of resources increase efficiency and can stimulate creation (though many times this can also inhibit it), but it is very unlikely to produce creation. Creation is a singular act of a singular mind. Those living under the illusion of expensive equipment, sophisticated instruments, and very functional buildings, ignore the essential truth that creative capacity is the essential virtue of research. A mediocre scientist will produce mediocre ideas, and if more mediocre scientists come on board, ideas will still be mediocre, regardless of the money allocated to them. This is why it has been said, and with good reason, that a laboratory is not worth for the size of its building or its resources in equipment or instruments, but for the quality and quantity of the intelligence of the individuals working in it.

Finally, the main objective of the productive structure will be guaranteed by the public or private business capacity, which, in this case, we will define following the classic ideas developed by Schumpeter, like the one that says that the function of entrepreneurs is “*to reform or revolutionize the pattern of production by exploiting an invention or, more generally, an untried technological possibility for producing a new commodity or producing an old one in a new way, by opening up a new source of supply of materials or a new outlet for products, by reorganizing an industry and so on.*”<sup>6</sup>

## 3. Interrelationships between the Three Vertexes

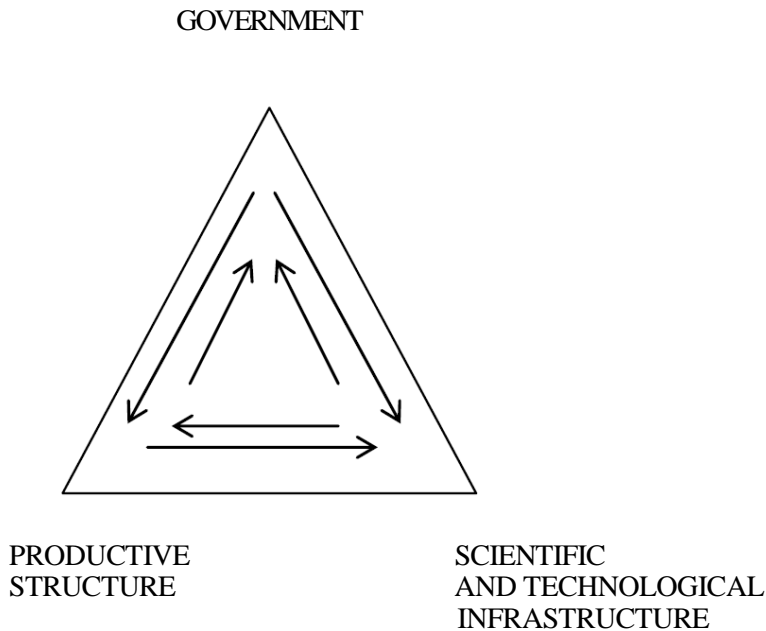
Since the great scientific and technological revolution that took place during the second half of the 20th century, it is impossible to imagine a sustained and constant effort in science and technology without considering a basic assumption: that the generation of self-decision-making capacity in this field is the result of a deliberate process of interrelationships between the government vertex, the scientific and technological

---

<sup>5</sup> See M. Halty Carrere, *Político y Planificación Científica y Tecnológica*, Technological Development Unit, Department of Scientific Issues, Pan American Union.

<sup>6</sup> J. A. Schumpeter, *Capitalism, Socialism, and Democracy*, Madrid, 1963, p. 181.

infrastructure vertex, and the productive structure vertex. This process is established through the flow of demands that move both vertically (reciprocal interrelationships between the government vertex and the scientific and technological infrastructure and productive structure vertexes) and horizontally (reciprocal interrelationships between the scientific and technological infrastructure and productive structure vertexes). Thus, the geometric figure will be the following:



Vertical interrelationships deserve to be analysed from the perspective of government action. Regarding the interrelationship between the government and the scientific and technological infrastructure, it is worth pointing out that the infrastructure vertex essentially depends on the deliberate action of the government, understood in an extremely broad sense, mainly regarding the allocation of resources. But, besides this economic aspect of the issue, the government vertex also plays the role of a centre which promotes demands towards the scientific and technological infrastructure. These demands can be either incorporated, transformed, or eliminated, based on an act that generates a replacement counterdemand. In these possible cases, among others, the scientific and technological infrastructure vertex meets these demands and proposes original developments. A remarkable example of this interrelationship process is the development of the atomic bomb: the original idea comes from the infrastructure (creative capacity), and the government assumes the need to translate it into an efficient fact, setting out an explicit demand, and allocating the necessary resources to get an answer (capacity to carry out a deliberate action in this matter through political decisions.) The main difficulty lies in the way in which the formulation of programs will be conceived once the political decision has been made. It is worth remembering that the adequate formulation of a scientific and technological policy requires that, during the process of generation of demands in the government agencies, the opinions of the individuals that are part of the scientific and technological infrastructure are considered, and even that some of these individuals have important roles in those programming agencies.

The interrelationship between the government and the productive structure basically depends on the judgement ability of both vertexes regarding the possible use of the existing knowledge to incorporate it to new production systems. Business capacity has historically contributed to generate a scientific and technological infrastructure with the development, for example, of research laboratories assigned to the productive structure. Government action can be —and in fact is— inserted through this sector, generating demands and allocating resources

to certain sectors of the productive structure selected based on different criteria, among which, strategic criteria are extremely important. It is advisable not to mix up the different levels of analysis: it is evident that the government vertex relates to the productive structure vertex through an action on the scientific and technological infrastructure, but, while in this case the reason of the demand and the allocation of resources is directly related to the productive structure, in the case of a direct interrelation with the scientific and technological infrastructure there can exist, along with this first aspect, an indirect relation through, for example, horizontal interrelations that will be analysed below.

Horizontal interrelationships are the most complex to establish, except in the case, already mentioned, in which the scientific and technological infrastructure is assigned to the productive structure, directly depending on the companies. When it comes to activities differentiated not only based on their role, but also based on their institutional position (for example, a company that does not perform research activities versus an institution exclusively dedicated to scientific tasks), one of the most appropriate methods to clear the way through which reciprocal demands may move seems to be the occupational mobility method, or reciprocal transfer of staff from one vertex to the other. If we accept the hypothesis that individuals in both vertexes have a creative capacity as well as a business capacity, the communication channels will necessarily be open, but if, by contrast, it appears —as it happens in Latin America— that many times both qualities do not exist in the individuals of one vertex or the other, the risk of isolation and falling on deaf ears between entrepreneurs and scientists acts like an obstacle that many times cannot be overcome.

#### *4. Relationships with Outside Entities or External Relations*

Up to this point, we have referred to internal relations and interrelationships, but we have to agree that societies do not live in isolation, that relationships are established from the space surrounding our image of the triangle to the outside, and that even those relationships can have different characteristics whether they come from disconnected vertexes or vertexes that are integrated in an internal system of relationships.

In a society in which the triangle of relationships works, the openness to the external world in relation to the export of original science and technology, or the adaptation of imported technology, produces actual benefits, either in the short or long-term. Historical experiences show that those societies that could integrate the scientific and technological triangle have a creation and a response capacity regarding other triangles of relationships which are external to them. The situation is quite different when the external relations occur between scattered vertexes (not interrelated between them) and a fully integrated scientific and technological triangle. This is one of the main problems that Latin American societies must solve, since our continent has registered partial developments of the vertexes of the base of the triangle that show an increasingly marked tendency towards an independent relationship with the scientific and technological triangles of relationships of highly developed societies. This description would explain, in part, a great number of problems, which many times appear to be isolated, but which, without any doubt, are closely related. It would be enough to mention one of the most important problems: in Latin America, brain drain is the typical consequence of the lack of interrelationships between the scientific and technological infrastructure, the productive structure, and the government. For this reason, scientists trained in our societies, lacking incentives, establish a relationship with a scientific and technological infrastructure abroad. By doing this, the scientist that emigrates to the big centres in the industrialized countries, ends up being part of a triangle of relations fully capable of satisfying the demands posed by his or her specific task. While in our societies, the scientist is separated and isolated from the government and the productive structure, in the new workplace, which is the result of his or her cultural exile, this scientist is automatically protected by research centres or institutions that, at the same time, are part of the system of relations that we have explained above.

#### *5. Towards the Establishment of New Scientific and Technological Systems in Latin America*

This brief description of the characteristics and the different types of relations established in the scientific and technological triangle, allows us to recognize a fact and raises a need: that Latin America does not have a system of relations like the one we have designed, and there is a lack of awareness regarding the urgent need to establish such a system.

Thus, we observe that the implementation of a process that will enable our nations to have a self-decision-making capacity in the scientific and technological field, poses a twofold requirement: on the one hand, to create a global awareness so that our societies assume this problem in its actual dimensions, and, on the other hand, to act efficiently on those sectors in which the scarce resources could be optimized based on the pursued system of relations; both demands are deeply related.

In Latin American countries there are no triangles of relationships in the global society; not even the more developed countries within the region have been able to establish a global system of relations between government, science and technology, and productive structure. Based on this fact, the election of paths that break the vicious circle of dependency-lack of innovation-sense of helplessness is determined by the identification of those sectors in which the proposed triangle of relationship could be established. The election of a course of action that takes this assumption into account, shows us that the right strategy is to establish scientific and technological systems of relations in limited units, such as independent institutions or public or private industrial conglomerates, that could serve as models to set up new bigger triangles.

As we have mentioned when analysing the relations between the government vertex and the productive structure vertex, the governmental sector is the one in charge of formulating a policy to connect the scientific and technological infrastructure to the production process, either developing the centres to enable this or establishing a relation between the existing centres.

Considering the mixed character of Latin American economies, where the public sector is an important part of the productive structure, the government vertex would be in charge of an extremely interesting field of experience through the establishment of scientific and technological triangles of relationships in some of the big conglomerates that make up the public sector, either in the infrastructure sectors or in certain sectors of the industrial productive structure.

The truth is that many strategic sectors (iron and steel industry, petroleum, energy production) are totally or partially controlled by the State. Within these sectors, the vertexes of productive structure and scientific and technological infrastructure could be established and functionally differentiated. Supported by the action of the government vertex, these sectors would interrelate their demands in order to generate innovation. The public sector of Latin American countries would then have an actual possibility of modernization. We will now briefly illustrate this point of view with a specific example. If, within the public sector, we select the petroleum sector, we first confirm a series of economic and financial pre-requisites: great economic potential of the State-owned companies; a market strongly controlled by these companies in most of the countries; direct relations with a basic industry, such as the petrochemical industry, and indirect relations with the electro-mechanical-metallurgical industry. The mobilization of the scientific and technological infrastructure in relation to the petroleum industry is first related with its traditional aspects, such as gasoline production, the optimization of extractive tasks, or the improvement of lubricant oils. But research does not end up in these fields, since there are also research activities carried out having as a horizon the development of the petrochemical industry or having as an objective the achievement of an efficient connection of inputs coming from the electro-mechanical-metallurgical sector: pumps, drills, pipes, valves.

How would the scientific and technological infrastructure relate to the productive structure of petroleum? Let us assume that a planning agency located in the government vertex generates a specific demand, motivated by the balance of payments situation, which requires a substantial increase in light oils production. Let us also assume that the translation of this demand shall require the development of new exploitation methods, potentially suitable to



produce light oils, which could not be developed with the technologies available at that moment. If the demand moves exclusively on the government-productive structure side, it is possible that the answers anticipated in the plan are not achieved; but if, on the contrary, the demand is also directed towards the scientific and technological infrastructure, thus generating a dialogue with the productive structure, it is possible that different alternative answers are opened, such as the adaptation of a similar technology which is already working in other societies or the development of an original technology. Just like we represent the process vertically —i.e., originating in the government vertex—, we can take the reverse path and imagine that in some sector of the scientific and technological infrastructure arises the possibility of developing a polymer with new properties, as the result of basic research apparently not very related to the petrochemical industry. Without a triangle of relations, it is quite possible that this demand remains dormant, without an industrial transformation in the country of origin, or, maybe, with possibilities of transformation in countries with strongly established technological triangles, to the extent that this sector of the infrastructure establishes external relations with them. The great opportunity for this dormant demand to turn into a concrete demand relies on the possibilities of this group of scientists to interrelate with the productive structure thanks to the action of the government, which sets up communication channels so that the new knowledge is included in the productive process, thus generating innovation.

The difficulties posed by these examples, cannot be solved with partial solutions, such as the implementation of research laboratories assigned to State-owned companies. Although this is an extremely important task, the key to success would be the mobilization of intelligences in different sectors of the scientific and technological infrastructure, motivated by the objectives of a technological policy regarding petroleum. Thus, it is essential to mobilize the university, relating it to the productive structure and making the most out of existing traditions, such as, for example, the degrees in petroleum engineering. By mobilizing intelligences and wills, the sectorial triangle would act as a pole for the incorporation of researchers that, in many senses, are alienated from our national realities, giving a social sense to human beings' existence and guaranteeing the development of their vocation. This example is valid as a model because there is no doubt that this strategy is fully applicable to other public sectors within the productive structure, such as electric energy, communications, transport, etc.

Obviously, this strategy for the establishment of scientific and technological triangles in the public sector is not exclusive nor enough if it is not accompanied by a sustained effort to establish new systems of relations in the private sector.<sup>7</sup> There is no doubt that the relations suggested by the previous example are fully applicable to this sector, and, in fact, many of the experiences underway can act as initial nuclei for the development of scientific and technological triangles. Considering the example of the agricultural sector, we can see a successful effort in the Argentine National Institute of Agricultural Technology (INTA), created in 1956, which continues carrying out, on new foundations, the tasks of the laboratories and experimental plants of the Ministry of Agriculture, which date back to the beginning of the century. The INTA was created and is directly funded by the government vertex through the budget of the Secretary of State for Agriculture and Livestock. As such, this institution belongs to the scientific and technological infrastructure, and its specific function is to establish horizontal relations with the productive structure of the agricultural sector, through a research that is pure and can be widely applied, regional experimentation, and education and dissemination.

The following are examples of institutions that are carrying out different experiences to establish scientific and technological triangles with the manufacturing industry of the private

---

<sup>7</sup> In this field, as we have already pointed out, is where the experience of the United States has been more productive. Before the implementation of the triangle at the global society level, triangles of relations were established in the United States regarding the agricultural private sector, through the government's action, which funded the university system (agricultural schools and colleges), which, at the same time, was related to the agricultural productive structure, achieving the well-known economic results.

sector: The Institute for Technological Research (IPT) of São Paulo, the Mexican Institute of Technological Research (IMIT), and the Technical Assistance Service to the Industry (SATI) in Argentina. These institutions have different origins, structures, and funding sources,<sup>8</sup> but they are related by a similar objective: the establishment of interrelationships with the manufacturing sector. With varying degrees of success, these centres of scientific and technological infrastructure have been able to establish horizontal relations with the productive structure, although they are currently going through their most difficult stage: they need to increase their creative capacity and, at the same time, the fluidity of the linkages with the manufacturing sector.

As it can be inferred from what was mentioned before, the implementation of this process requires distinguishing the different fields in which the scientific and technological triangles were established or will be strengthened. The starting point we had chosen prioritizes the sectorial field, understood as the more efficient and realistic framework to create models that can afterwards be applied at a national or regional level. This would be one of the paths that can lead the integration process in Latin America, through its different expressions,<sup>9</sup> to the stage of the effective realizations. In the science and technology field, the lack of communication at a regional level depends less on “do not wanting” to relate, and more on the absence of sectorial triangles at a national level, without which, it is not possible to produce innovation nor, as a result, to achieve a real communication of objective experiences.

We have stated that innovation is the product of a system of relations between the government, the scientific and technological infrastructure, and the productive structure, when these vertexes are qualified by the capacity to carry out a deliberate action in this field, by the creative capacity, and by the business capacity. Breaking through the obstacles that hinder the expression of these capacities is not something that can be done overnight because they are in the root of our cultural system: in the values, attitudes, and beliefs that guide the behaviour of those individuals hypothetically located in each one of the vertexes. But, notwithstanding this, it is essential to do it. Because there is no point in organizing formal structures if this effort is not accompanied by an effective organic development of new values and attitudes, capable of implementing the processes and relations we have designed. Raising awareness about this fact is the main objective of this work.

---

<sup>8</sup> While 64% of the budget of the Institute for Technological Research of São Paulo, comes from official sources, 36% corresponds to private contributions. In the Mexican Institute of Technological Research, 76% of the budget comes from semi-official funds and 24% corresponds to private agencies. The Technical Assistance Service to the Industry is a specialized service of the Department of Metallurgy of the National Commission of Atomic Energy of Argentina. See, on this regard, the preliminary report of the *Institutos de Investigación Tecnológica en la América Latina*, Technological Development Unit, Department of Scientific Issues, Pan American Union, 1962, and A. Fontes and M. Halty Carrere, *Características de los Institutos Latinoamericanos de Investigación Tecnológica*, Department of Scientific Issues, Pan American Union, 1965.

<sup>9</sup> We are particularly referring to the sub-regionalization process that is currently under way: River Plate Basin, Central American Common Market, Andean Group, etc.