

**ALGUNAS REFLEXIONES RESPECTO A LOS SISTEMAS DE
INNOVACION EN LA ERA DE LA GLOBALIZACION.**

Javier EKBOIR¹ y Gabriel PARELLADA²

Documento de Trabajo N° 9

¹ Economista del Programa de Economía del CIMMyT.

² Director Instituto de Economía y Sociología del INTA.

El presente trabajo es un borrador de discusión sobre aspectos vinculados a las definiciones de los sistemas de innovación y su rol en el desarrollo económico, considerando que es esencial la profundización de estos tópicos en la formulación de políticas públicas referidas a esta temática. El documento intenta además brindar un aporte al capítulo teórico del proyecto “ANÁLISIS DE IRRADIACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES DE TECNOLOGÍAS, ECONOMÍAS DE TAMAÑO Y ECONOMÍAS DE DIVERSIDAD” cuya dirección está a cargo del Dr. Javier Ekboir del Programa de Economía del CIMMyT y del cual participa el Instituto de Economía y Sociología del INTA junto a otros Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria de América Latina.

Como en el resto de los documentos difundidos por el IES, nos proponemos comunicar los avances logrados de forma tal de poder compartir los resultados alcanzados y dar lugar a sugerencias, comentarios y debates que enriquezcan nuestra labor y la de nuestros asociados.



Gabriel H. Parellada
Director IES

INDICE

1. INTRODUCCION.....	4
2. LA INNOVACION TECNOLOGICA COMO BASE DE LA COMPETITIVIDAD.....	6
2.1 Globalización y difusión del conocimiento.....	6
2.2 La innovación como motor del desarrollo económico.....	7
3. INNOVACION TECNOLOGICA.....	10
3.1 Dos definiciones.....	10
3.2 La visión tradicional de la innovación.....	12
3.3 La concepción sistémica de la innovación.....	12
4. TENDENCIAS RECIENTES EN LA EVOLUCION DE LOS SNI´s.....	15
5. FORTALEZAS DEL SIN Y POLITICAS DE INNOVACION.....	17
6. EFICIENCIA E IMPACTO DEL SNI.....	19
7. FINANCIAMIENTO, DETERMINACION DE LAS PRIORIDADES DE INVESTIGACION Y SISTEMAS DE INCENTIVOS.....	21
7.1 Prioridades de investigación y modalidades de financiamiento.....	21
7.2 Mecanismos de financiamiento e incentivos a los investigadores...	22
8. EL PAPEL DE LOS DIFERENTES ACTORES EN EL SISTEMA DE INVESTIGACION.....	28
9. EL PAPEL DEL ESTADO EN APOYO DEL SNI.....	28
10. POLITICAS DE INNOVACION EN UN MUNDO GLOBALIZADO.....	30
11. IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACION AGROPECUARIA.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	35

1. INTRODUCCIÓN.

La globalización y el rápido avance de la ciencia y la tecnología están cambiando aceleradamente las reglas de la competencia internacional y, por consiguiente, del desarrollo económico. La adopción de nuevas formas de producir los productos tradicionales y la capacidad de ofrecer otros nuevos mejora la competitividad, y los ingresos de los agentes económicos. Al mismo tiempo, la falta de acceso a nuevas tecnologías conlleva una pérdida de competitividad frente a otros países que sí las incorporan. Es decir, ahora las ventajas comparativas basadas en las dotaciones de recursos naturales han perdido importancia frente a las ventajas comparativas dinámicas que se construyen mediante la inversión en tecnología, capital humano, desarrollo científico y medidas de política que favorezcan la innovación tanto a nivel productivo como institucional.

Crecientemente la clave del desarrollo es la capacidad de una gran cantidad de agentes económicos de mejorar lo que ya están haciendo o de hacer cosas nuevas, es decir la capacidad de innovar. Las innovaciones provienen de la capacidad de los agentes de identificar problemas y de hallar soluciones, en otras palabras, de aprender.

Esencialmente, una innovación es la capacidad de manejar el conocimiento creativamente en respuesta a demandas articuladas en el mercado o a otras necesidades sociales. Hoy las empresas son las principales fuentes de innovación; su éxito depende de los incentivos que ofrecen los ambientes económicos y regulatorios, de su acceso a insumos críticos (a través del mercado o de redes empresariales), de la oferta de conocimientos a la que tienen acceso y de su capacidad interna de aprovechar las oportunidades tecnológicas y de mercado (OCDE, 1999). Es decir, las políticas públicas destinadas al apoyo de las actividades innovadoras de las empresas es un factor clave en el desempeño de éstas. En síntesis, la capacidad innovativa depende no sólo de cómo actúan los diferentes actores (ej., empresas, institutos de investigación, universidades, agencias gubernamentales) en forma individual, sino también de cómo interactúan entre ellos como elementos de un sistema de innovación local, nacional e internacional.

Recientemente se han identificado varias tendencias que afectan la eficiencia de los sistemas de innovación:

- Las innovaciones dependen en forma creciente de una interacción efectiva entre el sistema científico y las empresas comerciales.
- Mercados más competitivos y un ritmo creciente de desarrollo científico y tecnológico están forzando a las empresas a innovar más rápido y más a menudo.
- La colaboración e interacción entre empresas es ahora más importante que en el pasado e involucra, en forma creciente, servicios intensivos en conocimiento.

- La globalización está haciendo que los sistemas de innovación de diferentes países se vuelvan más interdependientes.

El reconocimiento de la importancia de la innovación - un concepto más amplio que el cambio tecnológico - como motor del crecimiento, tiene importantes consecuencias para el diseño de políticas económicas, científicas, educativas y de desarrollo. Tradicionalmente, la injerencia del estado en los sistemas de investigación se justificó por las fallas de mercado que caracterizan a estas actividades. En el marco de los sistemas de innovación, a las intervenciones tradicionales se agregan las intervenciones en respuesta a fallas del sistema, las que provienen de obstáculos a la colaboración entre los agentes para actividades de innovación.

En la sección 2 discutimos las fuentes de la competitividad en la economía globalizada. Allí puntualizamos que el factor más importante en la creación y mantenimiento de la competitividad es el acceso al conocimiento y su transformación en innovaciones productivas o sociales.

En la sección 3.1 presentamos dos definiciones: innovación - el motor del crecimiento - y sistema nacional de innovación - la estructura social en la cual se adoptan las innovaciones. En las secciones 3.2 y 3.3 discutimos la estructura de los procesos innovativos, diferenciando entre la visión tradicional lineal (que va de la ciencia básica a la tecnología terminada) y una visión sistemática en la cual los diferentes actores interactúan permanentemente.

En la sección 4 presentamos tendencias recientes en la evolución de los sistemas de innovación, mientras que en la sección 5 discutimos cómo el nivel de desarrollo del sistema de innovación afecta las opciones de políticas científicas y tecnológicas.

En la sección 6 discutimos la diferencia entre eficiencia e impacto de los sistemas de investigación e innovación, y cuáles pueden medirse en cada sistema. En la sección 7 analizamos por un lado cómo los mecanismos de financiamiento afectan las prioridades de investigación y los incentivos a los investigadores y, por el otro, la eficiencia social de las inversiones en investigación y desarrollo.

En la sección 8 presentamos los diferentes actores en los sistemas de investigación y los papeles que juegan en diferentes países. En la sección 9 discutimos cuáles son las nuevas tareas que debe realizar el estado en un sistema de innovación, mientras que en la sección 10 analizamos las políticas de innovación en un mundo globalizado. Finalmente, en la sección 11 analizamos cómo la concepción de la política de investigación agropecuaria es afectada por la visión del sistema de innovación.

2. LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO BASE DE LA COMPETITIVIDAD.

2.1 Globalización y difusión del conocimiento.

En una economía globalizada, la competitividad internacional sólo puede mantenerse por medio de una permanente oferta de nuevos productos y nuevas tecnologías de producción, organización y comercialización para vender productos tradicionales. Es así como ciertos países han podido mejorar sus ventajas comparativas por medio de inversiones sostenidas en I&D (Archibugi y Michie; Nelson, 1993). Ejemplos de la construcción de ventajas comparativas en el sector agropecuario son la producción de espárragos en Perú (que desplazó a la Argentina de los mercados internacionales), los aguacates en Israel, las uvas de mesa en Chile y los kiwis en Nueva Zelanda. En todos estos casos la creación de las ventajas comparativas requirió fuertes inversiones públicas (o de grandes grupos de productores) en el desarrollo de las variedades y los canales comerciales adecuados (para el caso chileno, ver Jarvis).

La creación de ventajas comparativas (o el mantenimiento de las existentes) requiere una serie de condiciones entre las que se destacan el mantenimiento de la estabilidad política y económica, inversiones físicas, la creación de instituciones que puedan generar y apoyar procesos innovativos, la construcción de una sólida base de capital humano, y el entrenamiento del sector privado en la búsqueda e incorporación de innovaciones. Estos procesos son continuos y lentos, por lo que es necesario mantener estas políticas por períodos prolongados (Archibugi y Michie; Chesnais; Eicher; Keck; Odagiri y Goto; Patel y Pavit; Teubal, 1993).

La globalización afectó los procesos de difusión de conocimientos y tecnologías de cuatro formas diferentes: 1) los desarrollos tecnológicos y su incorporación al aparato productivo fueron estimulados por la globalización de los mercados (Archibugi, Howells y Michie), 2) la tecnología difundió más rápidamente información y conocimientos a través de las fronteras; pero esta difusión no fue igual en todos los países, 3) los sistemas productivos de diversos países se han integrado parcialmente para explotar las ventajas específicas de cada lugar (Cantwell) y 4) las actividades de I&D (es decir, actividades creadoras de conocimiento) se han concentrado casi exclusivamente en los EE.UU., Japón y Europa (Mowery).

En esta nueva distribución internacional de los procesos productivos varios países en desarrollo han logrado incorporar tecnologías de producción de última generación atrayendo inversiones extranjeras. Pero en general no han podido desarrollar sistemas de I&D comparables a los de los países desarrollados. Una excepción es la fabricación de aviones en Brasil, la que se construyó por medio de inversiones sostenidas en capital humano, infraestructura física y exposición a la competencia internacional (Dalhman y Frischtak). Algunos países en desarrollo (ej. India y Rusia) han creado importantes

industrias de desarrollo de programas de computación sobre la base de mano de obra altamente calificada de muy bajo costo. Pero este desarrollo fue posible porque esta actividad requiere casi exclusivamente mano de obra altamente calificada, muy poca inversión en capital físico, y sus productos pueden distribuirse internacionalmente con muy pocas modificaciones.

La innovación tecnológica es un factor fundamental para explicar los perfiles de comercio internacional a nivel sectorial. Existe una evidencia creciente de que la distribución internacional de la producción y de las capacidades tecnológicas se están diferenciando por sectores; es decir, los países tienden a especializarse en industrias particulares y dependen del comercio internacional para todos los otros productos. Por ejemplo, EE.UU. es altamente competitivo en biotecnología e informática, Japón en bienes de consumo electrónicos y Europa en maquinaria e industria química de alta calidad. Los países demuestran buena competitividad internacional en aquellos sectores en los que tienen sistemas nacionales de innovación fuerte³ (Amendola, Guerrieri y Padoan; Guerrieri).

Con la globalización se han integrado parcialmente los sistemas de innovación de diferentes países, pues las empresas distribuyen los procesos de investigación, desarrollo y producción de acuerdo con las ventajas comparativas de cada uno y exportan los productos terminados al resto del mundo. El efecto de la globalización sobre los sistemas públicos de investigación ha sido una mayor transferencia de conocimientos, mayor colaboración internacional entre equipos de investigación y mayor importancia de los regímenes de propiedad intelectual.

2.2 La innovación como motor del desarrollo económico.

Diversas experiencias históricas (ej. Alemania, Corea, Dinamarca, Japón, o Suiza) demuestran que los países tecnológicamente atrasados pueden alcanzar rápidamente a los países más avanzados. En la literatura sobre crecimiento este fenómeno se conoce como "**la ventaja del retraso**", indicando que los países que importan una tecnología pueden volverse más competitivos que el país que la desarrolló. La ventaja puede tener diferentes causas: el país pionero produce con maquinaria más antigua, no puede aprender de la experiencia de otros y debe resolver la resistencia institucional que se genera cuando se reemplazan tecnologías antiguas por otras nuevas no probadas.

Sin embargo, estas experiencias y las de los países que no han podido desarrollarse muestran claramente que la importación de tecnologías modernas no garantiza el desarrollo. La capacidad de innovación de las empresas y países depende de su experiencia histórica, de la organización política, y de las políticas económicas, científicas y sociales. De esto se desprende que para crecer aceleradamente es necesario un ambiente conducente a la innovación: estabilidad política y económica, inversión en infraestructura y políticas de apoyo a la innovación (este punto se desarrolla

³ Pero la dirección de la causalidad todavía no se ha podido determinar inequívocamente.

más adelante). El problema de las empresas individuales y los países no es tanto acceder a la información tecnológica (o a la tecnología misma), sino cómo combinar esta información con sus capacidades únicas para generar productos que sean competitivos en los mercados internacionales (Archibugi, Howells y Michie).

Uno de los elementos claves para acelerar el desarrollo es la capacidad de incorporar tecnologías desarrolladas en otros países y de captar recursos externos de investigación. Estas oportunidades para fortalecer el sistema de innovación han aumentado en los últimos años para aquellos países que implementan políticas científicas y tecnológicas adecuadas (Nelson, 1998). Pero al mismo tiempo, con la mayor oferta tecnológica a nivel mundial, resulta cada vez más complejo y costoso identificar aquellas tecnologías que mejor se adaptan a las condiciones locales; esta actividad de búsqueda se conoce como **prospección tecnológica**. Así, los agentes con mayor capacidad para identificar nuevas tendencias tecnológicas y de mercado (que incluyen nuevos productos y/o nuevas formas de producir y vender productos tradicionales), tienen una ventaja estratégica sobre sus competidores.

La capacidad de aprender "lo que están haciendo otros países" ha sido y es un factor importante en los procesos de desarrollo. La posibilidad de incorporar innovaciones desarrolladas por otros agentes ha cambiado en las últimas décadas por: a) la mayor dificultad para proteger industrias nacientes a causa de tratados internacionales (OMC) y la globalización; b) el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual en casi todos los países; c) la base científica que respalda a la mayoría de las tecnologías es crecientemente de dominio público y puede obtenerse con mayor facilidad por ingenieros y científicos en los países en desarrollo, d) pero la capacidad de las empresas de proteger sus productos ha aumentado pues se incrementó la importancia de los secretos comerciales y los conocimientos tácitos⁴ en el desarrollo de aplicaciones tecnológicas, y e) las colaboraciones internacionales en el desarrollo de la ciencia y a las nuevas tecnologías de comunicación permiten aprovechar las ventajas comparativas de investigadores ubicados en diferentes lugares (Archibugi y Michie; Archibugi, Howells y Michie; IDRC; Mayorga, Nelson 1998, OCDE 1998; OCDE 1996).

Los países menos desarrollados pueden mejorar su competitividad fácilmente importando directamente tecnologías modernas apropiadas. La forma más sencilla y barata de hacerlo es atraer industrias de alta tecnología, aunque esta estrategia requiere de una oferta adecuada de mano de obra calificada e instituciones que definan y hagan cumplir reglas de juego claras.

Pero la estrategia de importar tecnología sin un esfuerzo interno de adaptación se vuelve inefectiva a partir de un cierto nivel de desarrollo (Archibugi y Michie; Malerba). Las empresas que han logrado cerrar las brechas tecnológicas que los separaban de competidores más desarrollados (ej. Japón, Corea y algunos casos aislados en China) gastaron en la digestión, asimilación y adaptación de las tecnologías importadas (es

⁴ Los conocimientos tácitos son aquellos que se obtienen por la experiencia, prueba y error y la interacción con personas capacitadas, y que no pueden describirse fácilmente en un libro o maqueta.

decir, en actividades de aprendizaje tecnológico) cantidades de recursos substancialmente mayores a las gastadas en la compra directa de la tecnología (en algunos casos esta relación fue de 3 a 1) (IDRC).

La razón por la cual es necesario crear una capacidad interna de I&D es que a medida que aumenta el nivel de desarrollo los problemas por resolver son más complejos. La capacidad de resolver problemas complejos depende de la habilidad de combinar conocimientos codificados (es decir, aquellos que se adquieren en libros, diagramas, planos, etc.) con conocimientos tácitos. El desarrollo de estos conocimientos tácitos no es una actividad aleatoria ni un subproducto del “aprender haciendo”, sino que crecientemente es una actividad planeada y financiada por las empresas para mejorar su capacidad competitiva (OCDE, 1996; Patel y Pavit).

Lo que resulta claro es que el crecimiento económico depende, en forma creciente, de la capacidad de los agentes de introducir innovaciones en los procesos sociales y productivos ya sea a través de desarrollos propios o ajenos. La capacidad de innovación puede construirse por medio de políticas de largo plazo de construcción de instituciones, de incentivos a la investigación en empresas privadas, de inversión en recursos humanos y en infraestructura de investigación y la creación de instrumentos que promuevan las colaboraciones interinstitucional en I&D (Eicher; Mayorga; Nelson, 1993).

3. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.

3.1 Dos definiciones.

Una innovación se define como "la transformación de una idea en un producto nuevo o mejorado que se introduce al mercado, o en un proceso nuevo o mejorado usado por la industria o el comercio, o en un nuevo enfoque para un servicio social" (OCDE, 1994). La innovación no tiene que ser nueva para el mundo ni para el país en el que es adoptada, sino para el agente que la adopta (Nelson y Rosenberg). Esta definición amplia del concepto de innovación incluye tanto modificaciones tecnológicas como cambios institucionales que permiten a los agentes mejorar su capacidad competitiva (Archibugi, Howells y Michie). Es decir, se está enfatizando que la innovación no surge sólo de la investigación, sino también de la interacción entre ciencia, mercado y sociedad.

Una segunda derivación de esta definición es que, en la mayor parte de los casos, la clave del proceso de innovación no radica en el comportamiento de aquellos agentes que están a la vanguardia del desarrollo tecnológico sino de la capacidad innovativa de la mayor parte de los agentes y de la sociedad como un todo. Este punto es particularmente importante para el diseño de las políticas de innovación en los países en desarrollo ya que **la capacidad innovativa de un país** depende tanto de su capacidad de generar internamente conocimientos e informaciones como de utilizar aquellos creados en otros países, es decir, de su capacidad de aprender (Lundvall, 1999).

Los flujos de conocimiento y su transformación en innovaciones están regidos por las características propias del conocimiento, por leyes y regulaciones (formales e informales), y por la historia misma del proceso de desarrollo. Los agentes en el proceso de generación y transferencia de conocimiento e información, sus acciones, sus interacciones y las normas (formales e informales) que regulan este conjunto constituyen el *Sistema Nacional de Innovación* (SNI). El SNI puede haber sido creado formalmente por un acto de gobierno o existir de facto como resultado de la interacción de los agentes que participan en él. Si bien existen otras definiciones del SNI (Archibugi, Howells y Michie; Mayorga; Nelson y Rosenberg; OCDE, 1997a; OCDE, 1999), todas ellas enfatizan la interacción entre agentes económicos, instituciones, organizaciones y políticas.

El SNI es más amplio que el sistema de investigación, integrado únicamente por instituciones de investigación y desarrollo (I&D). El análisis del sistema más amplio se justifica por tres razones:

- 1) Las empresas son hoy la mayor fuente de innovaciones: su éxito depende de los incentivos que encuentran en el ambiente económico y el regulatorio, del acceso a insumos críticos (a través de los mercados o de su interacción en redes de información), y de su capacidad interna de aprovechar las oportunidades económicas y tecnológicas.

2) Los resultados de la investigación científica sólo tienen valor cuando permiten mejorar los sistemas productivos o la calidad de vida, es decir, cuando se transforman en innovaciones. Pero la adopción de innovaciones es un proceso creativo e interactivo que involucra a instituciones que participan en los mercados y otras que no lo hacen (OCDE, 1999).

3) como demuestran la experiencia italiana (Malerba) o la experiencia sudamericana con siembra directa (Ekboir, 1999), un SNI puede tener un impacto importante aun cuando el sistema formal de investigación sea débil e ineficiente.

Puesto que las innovaciones son actividades complejas, es difícil encontrar una definición que abarque todos los aspectos relevantes que involucran al concepto. En la literatura reciente se destacan las siguientes características de las innovaciones:

- En general, los conocimientos científicos que dan origen a las tecnologías son cada vez más de dominio público (Nelson, 1998); pero las tecnologías son crecientemente un bien privado (Nelson, 1992). Es decir, los generadores de innovaciones disponen de una cantidad de medios legales y económicos para capturar los beneficios derivados de ellas. Es posible copiar innovaciones, pero éste es un proceso caro y riesgoso.
- Puesto que sólo una parte del conocimiento puede codificarse (es decir, transmitirse por medio de material impreso, gráfico o maquetas), una porción importante del conocimiento es propiedad inalienable de los agentes que lo poseen (productores, firmas, industrias o países) y sólo puede transferirse por la interacción directa entre el conocedor y el aprendiz (Archibugi y Michie; OCDE, 1996).
- Mientras que algunas tecnologías pueden transferirse fácilmente, otras pueden requerir conocimientos especializados poseídos sólo por un número restringido de agentes (Archibugi y Michie). El uso de semillas mejoradas es un ejemplo del primer tipo de tecnologías, mientras que técnicas avanzadas de biotecnología son un ejemplo del segundo tipo.
- La evolución de los sistemas de innovación en cada país depende fundamentalmente de su propia historia, es decir, está influida por el conocimiento acumulado en el pasado por los agentes (Pavitt) y por la cultura y entorno político de cada país (Lundvall, 1992). Aunque algunos agentes pueden desarrollar nuevas áreas de competencia, en la mayoría de los casos, las ventajas comparativas surgen de las áreas dominadas en el pasado (Nelson y Winter).

De lo anterior podemos concluir que la creación de conocimiento e innovaciones es el resultado de complejas interacciones entre varios agentes. Estas interacciones incluyen varias líneas de retroalimentación dentro del sistema y ocurren en cualquier etapa del proceso de creación del conocimiento y de su aplicación (IDRC; Lele y Ekboir; Mayorga; Nelson y Rosenberg; Rausser; Teubal, 1992).

3.2 La visión tradicional de la innovación.

En la visión tradicional, los procesos innovadores se definen como una continuidad de etapas. En esta concepción lineal los flujos de conocimientos son simples: comienzan en la ciencia básica, siguen con la investigación estratégica, investigación aplicada, y finalmente se transforman en tecnologías que son transferidas a las empresas. Una mayor cantidad de insumos en las etapas iniciales del proceso se traducen inevitablemente, al cabo de un tiempo adecuado, en una mayor cantidad de conocimientos y tecnologías al final de la línea. Esta concepción del proceso tecnológico no se corresponde con una gran cantidad de experiencias históricas, donde el desarrollo tecnológico precedió a los estudios científicos (IDRC; Nelson y Rosenberg; Teubal, 1992).

Más que como un proceso lineal, la creación de conocimiento e innovaciones puede representarse por una telaraña de vínculos entre múltiples agentes. Algunos agentes producen información, otros la distribuyen, y otros finalmente la aplican; en ciertos casos, un mismo agente puede cumplir dos o más papeles en forma simultánea. Por ejemplo, las fuentes de información pueden ser otras firmas (ya sean proveedores, compradores o competidores), institutos de investigación (públicos y privados, nacionales o internacionales), universidades e instituciones de transferencia. Las interacciones pueden ser proyectos de investigación conjuntos, uniones estratégicas, adquisiciones de empresas, espionaje industrial, pasantías de investigadores, patentamiento conjunto, compra y/o uso conjunto de equipos caros, etc. (OCDE, 1997a).

Un segundo problema de la concepción lineal de la innovación es que divide al proceso de investigación en casilleros perfectamente separados, donde las actividades realizadas en un casillero son independientes (y además preceden) a las que se realizan en casilleros siguientes. En esta secuencia, las actividades realizadas en el primer casillero (ciencia básica) no son motivadas por un interés económico, pero son el motor de todas las actividades subsecuentes (Teubal, 1992).

Una tercera limitación de la visión tradicional es que en ésta los cambios en el conjunto de oportunidades tecnológicas disponible para incorporar en actividades productivas resulta de avances discretos o invenciones mayores. Sin embargo, la mayoría de los cambios introducidos en los procesos productivos son pequeñas adaptaciones de procesos utilizados y que se descubrieron durante los mismos procesos de producción o en las interacciones entre productores, clientes y proveedores (Teubal, 1992).

3.3 La concepción sistémica de la innovación.

La visión lineal de la ciencia divide al proceso de generación y adopción de conocimientos en un continuo que comienza en la investigación básica y termina en la transferencia de tecnología. En la concepción sistémica se usa una definición alternativa de estos procesos (IDRC):

Investigación motivada por la curiosidad. Son investigaciones que buscan un conocimiento científico general, en lugar de tratar de contribuir a la solución de un

problema social o económico en particular. Por esta razón, su evolución se rige fundamentalmente por la lógica interna de la disciplina. Este tipo de investigación incluye tanto campos específicos de la ciencia (por ejemplo, historia o astronomía) como también trabajos en las fronteras del conocimiento en otros campos en los que el grueso de la investigación está ligada a una aplicación. El comienzo de la biotecnología, tanto en las universidades como en algunas empresas privadas (ej. Monsanto) es un ejemplo de este último caso (Brodsky). Estas investigaciones tienen una probabilidad baja de contribuir al desarrollo económico en un periodo de tiempo previsible.

Investigación estratégica, en la cual investigadores individuales o en equipos, frecuentemente de diferentes disciplinas científicas y de diferentes tipos de instituciones (universidades, empresas, institutos públicos o usuarios de productos), exploran las fronteras del conocimiento en una gran variedad de áreas científicas con el objetivo manifiesto de desarrollar productos de importancia económica o social. Esta categoría es muy amplia ya que abarca desde desarrollos tecnológicos menores hasta grandes proyectos que pueden involucrar a varias instituciones. Los bienes que se producen pueden ser públicos o privados. Esta categoría puede subdividirse en base a la facilidad con que se espera obtener el producto buscado en: 1) desarrollos menores, 2) desarrollos complejos y 3) desarrollos revolucionarios. La categoría 1) incluye pequeñas mejoras de diseño que aumentan la competitividad del producto. La categoría 2) incluye investigaciones que requieren esfuerzos de investigación importantes como ser el desarrollo de una nueva variedad de plantas, y en la categoría 3) se incluyen aquellas investigaciones que cambian completamente los procesos tradicionales de producción o que introducen productos con gran impacto sobre el aparato productivo, como ser los inicios de desarrollos biotecnológicos o el diseño de microprocesadores no basados en siliconas.

La investigación estratégica se está volviendo cada vez más importante; sin embargo, no puede reemplazar completamente a la investigación motivada por la curiosidad (Huffman y Just, 1998; Rausser). La razón es que la investigación es un proceso aleatorio, en el que los resultados se obtienen por una combinación de la exploración intencional del espacio de resultados posibles (partiendo de los conocimientos disponibles en cada momento) y de descubrimientos obtenidos por azar. La investigación estratégica hace uso intensivo del primer componente, es decir, se concentra en explorar las líneas de investigación más conocidas. Por el contrario, en la investigación basada en la curiosidad el segundo componente tiene mayor importancia (si bien los investigadores también parten del estado actual del conocimiento), pues explora áreas menos conocidas del espacio de resultados posibles.⁵

⁵En una analogía estadística, se puede decir que la investigación estratégica se concentra alrededor del centro de masa de la distribución de resultados posibles, mientras que la investigación basada en la curiosidad explora las colas de la distribución, donde la distribución misma cambia cada vez que se hace un nuevo descubrimiento.

Mega-ciencia, la cual incluye dos tipos de procesos: el primero se refiere a investigaciones que requieren inversiones demasiado grandes para un solo equipo de investigación; los aceleradores de partículas, la estación espacial actualmente en construcción y el telescopio Hubell son ejemplos de esta categoría de ciencia. El segundo tipo lo constituyen investigaciones que cubren áreas geográficas muy extensas, como las requeridas para analizar cambios en el ecosistema global. En general, estos dos tipos de ciencia sólo pueden ser financiados por consorcios de países.

A partir de los avances científicos que se obtienen en la primera y tercera categoría muchas veces se desarrollan áreas totalmente nuevas de investigación estratégica con alto potencial de producir conocimientos valiosos. Por ejemplo, en sus comienzos la biotecnología pertenecía a la primera categoría, pero a medida que se fueron desarrollando aplicaciones prácticas, esta rama pertenece cada vez más a la segunda categoría. Al mismo tiempo, avances que se producen en la segunda categoría plantean nuevos problemas para la primera categoría (Mayorga; Nelson y Rosenberg).

Tradicionalmente, la ejecución de la investigación en la primera y tercera categoría científica ha recaído mayormente en el estado (por medio de sus institutos y universidades). Esto no implica que el sector privado no participe en este tipo de investigaciones, pero su participación es limitada por las características de bien público y los riesgos que las caracterizan. Nuevos marcos regulatorios y desarrollos científicos recientes están redefiniendo los ámbitos de actuación de los diferentes agentes del sistema de innovación, en particular el papel de las universidades, empresas multinacionales, institutos públicos de investigación y entes de financiamiento (Rausser).

4. TENDENCIAS RECIENTES EN LA EVOLUCIÓN DE LOS SNI's.

Del análisis de los SNI de los países desarrollados y algunos en desarrollo, se pueden identificar las siguientes tendencias:

1. Los organismos públicos juegan un papel crecientemente importante de apoyo a la innovación en el sector privado. Particularmente importante es su papel en la difusión de tecnologías y conocimientos (Nelson, 1993, Rausser). Sin embargo la importancia de los institutos públicos decrece en relación con otras instituciones de investigación, incluyendo a las universidades, asociaciones de productores y empresas privadas (IDRC; Nelson y Rosenberg). En un SNI cada vez más diversificado, una porción creciente de las investigaciones es realizada por consorcios de instituciones de investigación, universidades y empresas (Echeverría, 1998; Lele y Ekboir). Estas colaboraciones a menudo se regulan por nuevas formas asociativas (Rausser).
2. Con la disminución de la importancia relativa de los organismos públicos se produce una reasignación de sus prioridades, donde los esfuerzos públicos de investigación en los países desarrollados se concentran crecientemente en los llamados "bienes esencialmente públicos".⁶ En cambio, las investigaciones públicas en los países en desarrollo parecerían concentrarse en bienes que se pueden comercializar o en apoyo a programas públicos de desarrollo, los que involucran principalmente actividades de transferencia (Byerlee y Alex; Echeverría, 1998; Echeverría et al.; Lele y Ekboir).
3. El financiamiento público de la investigación en los países desarrollados varía entre 2% y 4% del PBI; mientras que en los países en desarrollo en general no supera el 1%. Estas diferencias aumentan si se adicionan las inversiones privadas (Lele y Ekboir; Mayorga). En los países desarrollados el financiamiento público se mantuvo o aumentó en términos absolutos; por el contrario, en los países en desarrollo parecería que la caída es también en términos absolutos (Byerlee y Alex; Echeverría, 1998; Huffman y Just, 1999; Lele y Ekboir).
4. En los últimos veinte años, el financiamiento privado de la investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología en los países desarrollados ha aumentado en relación al financiamiento público. En estos países, hoy el sector privado es la mayor fuente de financiamiento del SNI, mientras que en los países en desarrollo, el sector público continúa proveyendo la mayor parte de los fondos.

⁶ Es decir, investigaciones cuyos beneficios se manifiestan después de mucho tiempo, requieren grandes inversiones, son muy riesgosos, o no pueden ser apropiados por el sector privado

5. En los últimos años, los mecanismos de financiamiento han cambiado, ya que se han reducido los aportes directos de los gobiernos y han crecido los fondos competitivos y los contratos con usuarios para fines específicos (Byerlee y Alex; Echeverría, 1998; Huffman y Just, 1999).

5. FORTALEZA DEL SNI Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN.

Si bien el balance entre los tres tipos de ciencia definidos en la sección 3.3 es un problema de la mayor importancia para el diseño de políticas de ciencia y técnica, no existen procedimientos “objetivos” para definirlo. El balance final depende del nivel de sofisticación del SNI y de la interacción entre los diferentes agentes, en particular, de las decisiones de los gobiernos.

La sofisticación del SNI define los límites y las posibilidades de las políticas de innovación y, de esta manera, determina la efectividad de las mismas. Dentro de estas políticas, una de las decisiones más importantes es el balance entre los desarrollos propios y la imitación o incorporación de conocimientos generados en otros países.

Los países con SNIs débiles dependen casi exclusivamente de las tecnologías desarrolladas en otros países. En estos países, las inversiones en actividades formales de I&D tienen poca influencia sobre las tasas de crecimiento, mientras que las inversiones en educación y entrenamiento parecen jugar un papel mucho más importante (Gittleman y Wolff). La explicación de este fenómeno es que fuertes programas de educación y entrenamiento les permiten absorber el largamente inexplorado acervo internacional de conocimientos.

Los sistemas de investigación débiles sólo pueden realizar actividades simples de investigación estratégica (es decir, desarrollos menores). Para encarar tareas más complejas es necesario fortalecer el sistema por medio de inversiones importantes y sostenidas por periodos largos, hasta alcanzar la masa crítica a partir de la cual se tienen instituciones de I&D productivas. Por esto, las inversiones destinadas a crear conocimientos originales sólo son beneficiosas en el largo plazo, y siempre y cuando se den las condiciones para que el conocimiento formal pueda transformarse en una innovación. Estas condiciones incluyen un mercado de capitales eficiente, creación de instrumentos financieros que apoyen a la innovación, infraestructura, instituciones y legislación adecuados, condiciones que a menudo faltan en los países en desarrollo.

A partir de un cierto nivel de desarrollo, la estrategia de importar tecnología sin un esfuerzo interno de adaptación se vuelve inefectiva (Archibugi y Michie; Malerba). Al llegar a ese estado, una condición necesaria para el desarrollo es el fortalecimiento del SNI pues es la única forma en que se puede absorber tecnologías más sofisticadas que aumenten la competitividad. La capacidad del SNI puede construirse por medio de políticas de largo plazo de fortalecimiento institucional, de incentivos a la investigación en empresas privadas, de inversión en recursos humanos y en infraestructura de investigación y en la creación de instrumentos que promuevan las colaboraciones interinstitucional en I&D (Eicher; Mayorga; Nelson, 1993). Uno de los elementos más importantes de estas políticas es la continuidad, pues instituciones que se han construido

a lo largo de muchos años pueden destruirse rápidamente si no se mantienen los incentivos adecuados.

A medida que el SNI se fortalece, se amplía el espectro de investigaciones estratégicas que puede realizar. Eventualmente puede alcanzar un nivel de sofisticación elevado y comenzar a realizar algunas investigaciones motivadas en la curiosidad. Una vez alcanzado este nivel, el país ya no depende únicamente de las tecnologías importadas, sino que puede desarrollar tecnologías propias. Cuanto más fuerte es el SNI de un país, más importante se vuelve la prospección tecnológica para identificar líneas de investigación promisorias.

6. EFICIENCIA E IMPACTO DEL SNI.

La innovación es una actividad multifacética que incluye individuos e instituciones interactuando dentro del marco definido por leyes y regulaciones. Debido a esta complejidad es muy difícil medirla a través de los indicadores tradicionales que se usan tanto en los modelos macroeconómicos como microeconómicos (Archibugi y Michie). Por ejemplo, el cambio en el diseño de un producto para aumentar su competitividad en el mercado interno es una innovación, pero los recursos invertidos en este proceso no se incluyen en las estadísticas de I&D (Nelson y Rosenberg). La misma dificultad caracteriza a la medición de los resultados del SNI, ya que en muchos casos es imposible cuantificar los beneficios de una investigación o innovación. Por ejemplo, la estructura del ADN fue publicada en 1953 pero no se le encontró aplicación práctica hasta fines de la década del 80. Evaluado en 1985, este proyecto de investigación no hubiera podido demostrar resultados. Por otro lado, si bien hoy las aplicaciones son múltiples, todavía se están encontrando nuevos usos para este descubrimiento, por lo que no es posible cuantificar sus beneficios.

La eficiencia de un sistema (ya sea de I&D o del SNI) no debe confundirse con su impacto, ya que cuando se habla de eficiencia se hace referencia a la relación entre insumos y productos, mientras que el impacto se refiere a la capacidad de las tecnologías generadas para aumentar la competitividad de los agentes.

En una economía globalizada, el impacto se evidencia por la capacidad de un país o sector de competir en mercados integrados internacionalmente (Chesnais). En algunos casos particulares, como ser el SNI agropecuario se suelen utilizar criterios adicionales para evaluar su impacto, tales como equidad y sostenibilidad en el uso de los recursos naturales. El problema que surge cuando se usan más de un criterio de evaluación consiste en determinar el peso a cada uno de los objetivos, pues el resultado final depende crucialmente de las ponderaciones usadas. Este inconveniente es particularmente importante cuando se consideran situaciones de largo plazo donde la importancia o percepción de los problemas puede cambiar entre el momento en que se lo identifica y el momento en que se encuentra una solución (técnica o económica) al mismo.

La mayor complejidad del SNI respecto del sistema de investigación, y la imposibilidad de medir claramente los resultados obtenidos y los insumos utilizados, hacen imposible obtener una medida representativa de la eficiencia del SNI⁷. Consecuentemente solo es posible medir el impacto del sistema.

⁷ Sin embargo, es posible obtener indicadores parciales de la eficiencia del sistema.

Pero como se ha indicado anteriormente; la tecnología no es ni el único factor ni el más importante que determina el impacto del SNI, ya que la incorporación de innovaciones depende del conjunto de agentes, sus interacciones, políticas y normas que componen el SNI (Chesnais). Por lo tanto, la falta de impacto de una tecnología puede deberse a fallas en otras áreas del SNI (por ejemplo, políticas macroeconómicas o mercados de insumos). Por otro lado, si una tecnología ha tenido un impacto importante puede obedecer al hecho de que depende relativamente poco del ambiente en el que es adoptada, o que responde exactamente a las necesidades de los productores en el momento en que se hizo disponible (las que pueden ser completamente diferentes de las imperantes en el momento en que la tecnología se desarrolló). La adopción de una variedad mejorada de trigo en un área que ya adoptó variedades modernas de trigo es un ejemplo del primer caso, mientras que la difusión del paquete soja - trigo en Argentina entre los años 74 y 84 es un ejemplo del segundo caso.

Por otro lado, la eficiencia de los sistemas de I&D se mide por la generación de nuevos conocimientos y tecnologías en relación con los recursos invertidos. Si bien se han desarrollado un conjunto de métodos para evaluar la productividad de los sistemas de investigación (por ejemplo, análisis bibliométricos), todavía no se ha logrado obtener un método único que pueda aplicarse a todas las ramas de la ciencia (OCDE, 1997b; Okubo).

En cambio, no es posible medir el impacto de un sistema de I&D, puesto que entre la generación de una tecnología y su adopción media el SNI. El impacto no es consecuencia sólo de la investigación, sino también del sistema que permite su adopción. Unas pocas veces es posible determinar el impacto de una nueva tecnología; es el caso cuando la tecnología nueva requiere sólo cambios infinitesimales con respecto a la tecnología que reemplaza y es poco sensible a condiciones de mercado y cambios de políticas. Un ejemplo es la introducción de una nueva variedad de semilla en un sistema que ya ha adoptado semilla mejorada. Pero si esta nueva semilla se adopta junto con mejoras en el manejo del cultivo es imposible separar el impacto de la semilla del de el nuevo manejo. El impacto sólo puede atribuirse al paquete completo. Por ejemplo, el aumento de la producción de granos en MERCOSUR en los últimos años es la consecuencia de la adopción de nuevas variedades junto con la introducción de la labranza cero. Sin la labranza conservacionista, probablemente la producción hoy sería una fracción de la que se obtiene, ya que los procesos erosivos hubieran reducido el potencial de producción. En este caso, es posible separar el impacto de las nuevas semillas del de la labranza de conservación?.

7. FINANCIAMIENTO, DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN Y SISTEMAS DE INCENTIVOS.

7.1 Prioridades de investigación y modalidades de financiamiento.

Los mecanismos de financiamiento tienen una influencia fundamental en el funcionamiento de las instituciones de investigación, en las interacciones entre agentes, y en los mecanismos de fijación de prioridades. La reducción del financiamiento público de la investigación durante la década del 80 indujo un debate sobre qué tipos de investigaciones deberían financiarse con fondos públicos y cuáles eran los mecanismos más adecuados para administrar la investigación (Alston, Norton y Pardey; Echeverría et al.; Huffman y Just, 1994; Just y Huffman).

Es interesante notar que los SNIs de los países desarrollados carecieron de mecanismos formales de asignación de prioridades y de evaluación ex ante de proyectos de investigación hasta comienzos de la década de los 90. Y aún hoy en día, el sector privado en general no utiliza mecanismos formales de evaluación a priori de proyectos de investigación (Nelson, 1993; Rausser).

Hay básicamente dos enfoques para la definición de prioridades de investigación en el sector público.⁸ En el primer enfoque las prioridades se definen a nivel nacional y luego se usan sistemas competitivos para distribuir los fondos disponibles de acuerdo con las prioridades prefijadas. El enfoque alternativo consiste en ofrecer financiamiento a través de una multiplicidad de agencias financiadoras, cada una con demandas tecnológicas específicas. La asignación de fondos a estas agencias se hace durante la definición de los presupuestos nacionales y provinciales por medio de la interacción de agentes interesados en los procesos de I&D. Luego, el financiamiento de proyectos específicos se hace en base a la calidad científica de los mismos, la de los investigadores y los objetivos de cada institución, junto con una evaluación ex post de la calidad del trabajo.⁹

En los últimos años varios autores han expresado la conveniencia de combinar estos mecanismos de financiamiento con políticas “horizontales”, es decir, esquemas que no fijen prioridades a priori, sino que se otorgan en base a la calidad de las propuestas y la capacidad de los investigadores. La ventaja de estas políticas es que permiten

⁸La discusión siguiente se refiere a la definición de prioridades a nivel del sistema de investigación. La definición de prioridades a nivel de las instituciones requiere otros mecanismos que exceden el objetivo de este trabajo.

⁹Con el fin de permitir al SNI evolucionar, es importante establecer mecanismos que permitan a nuevos investigadores e instituciones acceder a financiamientos.

desarrollar competencias en áreas nuevas cuyo potencial puede ser desconocido por los que determinan las prioridades de investigación a nivel central (Teubal, 1997).

Independientemente del sistema de priorización utilizado, en un sistema con múltiples fuentes de financiamiento, cada ente financiador (público o privado) negocia proyectos de interés común con los investigadores y/o instituciones de investigación. En la medida que el estado es sólo uno de los oferentes de fondos, éste tiene una capacidad limitada para influir sobre el portafolio final de actividades de investigación de cada institución. Por su parte, al depender crecientemente de fondos no gubernamentales, las instituciones de investigación están menos influenciadas por las prioridades definidas por el gobierno. Es decir, las actividades de investigación que finalmente se realizarán en las instituciones públicas resultan de la negociación entre múltiples fuentes de financiación y múltiples ejecutores donde el sector público tiene un rol menos protagónico que el tradicional.

En la medida en que el estado sólo cubre salarios y algunos gastos de mantenimiento, las instituciones públicas se ven obligadas a obtener recursos de fuentes alternativas, con el consecuente redireccionamiento de las actividades de investigación. Particularmente importante es la dependencia de estas instituciones de la venta de bienes y servicios, pues las induce a producir bienes que tienen valor comercial. De esta manera, se reducen los esfuerzos de investigación en la generación de aquellas actividades que deben ser realizadas por el estado y se genera una competencia entre las instituciones públicas y las empresas privadas. (Lele y Ekboir). Alternativamente, en países cuyos SNIs dependen de donantes o bancos internacionales, estos últimos pueden imponer sus prioridades sobre las necesidades reales del país.

7.2 Mecanismos de financiamiento e incentivos a los investigadores.

En general se reconoce que el financiamiento de I&D en las instituciones públicas debe combinar asignaciones presupuestarias fijas con asignaciones variables (Echeverría, 1998; Huffman y Just, 1998; Mayorga). Las diferencias aparecen en cuanto a la estructura que deben tener las últimas y en qué proporciones se deben combinar los dos componentes.

Entre las asignaciones variables, los fondos competitivos son el procedimiento más utilizado. La importancia de este mecanismo aumentó en años recientes tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. En EE.UU. la importancia de este mecanismo de financiamiento es limitada; en 1996 aportó el 2.4% del financiamiento de las estaciones experimentales estatales, los aportes presupuestarios (tanto federales como estatales) alcanzaron al 60.2% del total, los aportes privados al 14.3% y los programas cooperativos al 2.6% (Huffman y Just, 1999). Si bien no hay datos ciertos, la importancia de los mecanismos competitivos en América Latina parece ser mucho más alta.

Entre las ventajas atribuidas a los financiamientos competitivos se cuentan: 1) aumentan la efectividad de la investigación al transferir fondos a los investigadores más productivos; 2) aumentan la eficiencia pues reducen los costos por medio de la

competencia y esquemas de cofinanciamiento; 3) reducen la duplicación de esfuerzos, aumentan el control de las actividades de investigación y reducen la subutilización de las instalaciones al proveer fondos operativos; 4) promueven la identificación de prioridades de investigación a nivel nacional; 5) aumentan la flexibilidad de la asignación de fondos al priorizar nuevas áreas de investigación o problemas a resolver; 6) promueven un sistema de investigación dirigido por las demandas y orientado por objetivos; 7) aumentan las interacciones entre instituciones; 8) inducen una diversificación del SNI al financiar científicos de instituciones que tradicionalmente no reciben fondos públicos; 9) pueden movilizar fondos adicionales; 10) inducen cambios institucionales en el SNI al separar la política científica del financiamiento y de la ejecución; y 11) mejoran en la calidad de la investigación cuando los investigadores conocen los comentarios del proceso de revisión (Echeverría, 1998).

Entre las desventajas se mencionan: 1) los financiamientos son limitados pues en general sólo financian costos operativos; 2) en SNIs pequeños existe poca transparencia en los mecanismos de asignación de fondos; 3) los fondos son para proyectos relativamente cortos, sesgando la asignación de recursos contra los proyectos que requieren varios años para su ejecución; 4) no financian el fortalecimiento institucional ni inversiones en capital humano; 5) aumentan la incertidumbre del financiamiento; 6) están sesgados contra enfoques novedosos; 7) tienen altos costos de transacción, pues se requiere invertir mucho tiempo en la preparación de las propuestas, reduciendo el tiempo efectivo para investigar; 8) pueden estar sesgados a favor de las instituciones grandes; 9) aumentan la incertidumbre cuando los fondos se otorgan a instituciones menos conocidas (Echeverría, 1998; Huffman y Just, 1998).

Para evaluar formas alternativas de financiamiento es necesario reconocer que, en la mayoría de los casos, los proyectos de I&D tienen características específicas que los hacen diferentes a otros tipos de inversiones. Estas características se pueden sintetizar en cinco puntos: (Huffman y Just, 1998; Mayorga):

- 1. Las actividades de I&D tienen una mayor incertidumbre que otras actividades acerca de la probabilidad de obtener resultados, sobre la naturaleza de los mismos y los plazos en que los resultados podrán utilizarse productivamente.** Muchas veces se obtienen resultados que no se habían previsto al comienzo de la investigación, y estos resultados pueden ser más valiosos que los originalmente buscados. Además, el valor total de los descubrimientos puede ser desconocido aun al final del proyecto (ver ejemplo, del ADN en la sección 6).
- 2. Más de un enfoque puede ser válido** para estudiar un determinado problema y no es posible decir de antemano cuál es el más apropiado.
- 3. La mayor parte de los beneficios de las inversiones en I&D provienen del “mejor” descubrimiento y no del total de descubrimientos obtenidos.** Por ejemplo, si se desarrollan varias variedades de una planta adaptadas a un determinado ecosistema, sólo la mejor variedad será adoptada por los agricultores. Dicho de otra manera, mucho de lo que se “descubre” no tiene valor social inmediato

porque no significa una mejora substancial respecto de la mejor tecnología disponible.

4. **Aun aquellos descubrimientos que no se aplican en procesos productivos tienen valor** pues proveen información útil para definir estrategias de investigación o pueden resultar valiosos en el futuro. En términos técnicos, la información científica (aplicada a la producción o no) tiene el valor de una opción (Dixit y Pindyck).¹⁰ Si la investigación es equivalente a la exploración de un espacio desconocido, los proyectos “fallidos” proveen información sobre estrategias alternativas de investigación, aumentando la probabilidad de éxito de nuevos proyectos. Adicionalmente, resultados que hoy no tienen aplicación, pueden resultar valiosos en un contexto económico y social diferente.
5. **Existe información asimétrica en la relación entre un científico y los administradores de la institución que lo emplean**, pues es muy costoso (y probablemente inefectivo) controlar el esfuerzo ejercido por un científico. Dada la incertidumbre que existe al comienzo del proyecto sobre el proceso de investigación, el esfuerzo real del científico no puede inferirse de los resultados obtenidos.

Dadas estas características de las actividades de I&D, Huffman y Just (1998) analizan la relación entre eficiencia de la investigación, sistemas de financiamiento y diferentes tipos de contratos entre científicos e instituciones de financiamiento. Para optimizar sus objetivos, el administrador de la investigación debe establecer con cada investigador un contrato que incluya una compensación garantida (por lo menos tan alta como el nivel mínimo aceptable por el investigador) y un incentivo por desempeño. La porción garantida de la remuneración provee un seguro parcial contra caídas en el ingreso; no se debe proveer un seguro total porque éste incentivaría una reducción en los esfuerzos individuales. El incentivo por desempeño se debe definir en función de los atributos que determinan los beneficios del administrador. De esta manera, se induce a los investigadores a invertir un nivel óptimo de esfuerzo y el administrador maximiza sus beneficios esperados neto de los pagos a los investigadores. A medida que aumenta el riesgo de los proyectos de investigación, el componente fijo debe aumentar y se debe reducir la importancia del incentivo por desempeño para compensar el aumento de incertidumbre de los investigadores respecto de su ingreso.

Dado que cada investigador tiene capacidades específicas diferentes a las de los otros profesionales (las que son parcialmente conocidas por el administrador de I&D), el administrador debe ofrecer remuneraciones diferentes a cada investigador definidas en función de su capacidad revelada. Más aun, en sistemas que ofrecen estabilidad en el

¹⁰Las opciones financieras dan al comprador de las mismas la opción - pero no la obligación - de comprar (o vender) un activo durante un determinado plazo o al cumplimiento del mismo. Para obtener esta opción, el comprador debe pagar un precio determinado en el mercado de derivados. Los modelos matemáticos de determinación del valor de opciones financieras en general utilizan ecuaciones diferenciales parciales estocásticas.

empleo, las decisiones más importantes desde el punto de vista del administrador son a) si ofrecer o no el empleo, y b) el nivel de remuneración inicial.

Cuando se utiliza este sistema de remuneraciones, Huffman y Just (1998) demuestran que los fondos competitivos son socialmente ineficientes relativos a los contratos con incentivos óptimos. La razón es que los fondos competitivos aumentan la incertidumbre de los investigadores respecto de su remuneración total por la influencia que tiene el incentivo por desempeño, y la incertidumbre respecto de la probabilidad de obtener el financiamiento buscado. Aun más, si los criterios de decisión de los jueces son más estrechos que los de la totalidad de la comunidad científica, los proyectos financiados pueden ser demasiado similares o discriminar a favor de proyectos con riesgos menores. En base a los resultados obtenidos, los autores sugieren que los beneficios sociales de las inversiones en investigación que se obtienen por asignaciones presupuestarias a las instituciones que ofrecen contratos óptimos a sus investigadores son mayores que los que se obtienen por medio de fondos competitivos.

Otro problema que se puede analizar en este marco conceptual es el financiamiento de proyectos similares. Varios autores plantean que la eficiencia del SNI puede aumentarse reduciendo la duplicación de esfuerzos de investigación. Sin embargo, Huffman y Just (1998) demuestran que, cuando la investigación tiene las características descritas al comienzo de esta sección, existe un nivel óptimo de duplicación de los esfuerzos de investigación. Duplicando los esfuerzos de investigación, un administrador puede aumentar los beneficios esperados de gastos en I&D (netos de los costos de investigación) a través de tres efectos:

1. Al tener dos investigadores trabajando en un mismo proceso aleatorio, se incrementa la varianza de los resultados, lo que implica una mayor exploración del espacio de resultados posibles. En otras palabras, se aumenta la probabilidad de obtener beneficios no planificados al comienzo del proyecto.
2. Cuando los resultados de dos científicos provienen de distribuciones de calidad superpuestas, agregar un segundo científico al esfuerzo de investigación es equivalente a tomar una muestra adicional del espacio de resultados posibles, lo que aumenta el valor esperado del beneficio máximo.¹¹
3. Agregar un segundo científico a trabajar en forma paralela sobre el mismo proyecto puede proveer información útil para evaluar el esfuerzo del primer científico, reduciendo el problema de información imperfecta.

¹¹Esto se deriva de las propiedades del análisis estadístico de valores extremos (Huffman y Just, 1998).

8. EL PAPEL DE LOS DIFERENTES ACTORES EN EL SISTEMA DE INVESTIGACIÓN.

En el mediano y largo plazo, la eficiencia de la capacidad operativa de los SNIs depende de su capacidad de generar y/o adaptar tecnologías y de formar capital humano. Cuánto más efectivo es un SNI, más integradas están estas dos actividades (Nelson, 1993). En estas dos áreas, la capacidad operativa de los SNIs más fuertes se organiza básicamente en seis grupos de agentes claramente diferenciados.

El primer grupo está formado por unas pocas **instituciones de excelencia** donde se obtiene la mayor parte de los desarrollos científicos (IDRC; Nelson, 1993); en EE.UU. las instituciones de este estrato se organizan en institutos nacionales y universidades de investigación (ej., Harvard, Iowa State, Universidad de California) mientras que en Europa y Japón lo hacen fundamentalmente en institutos especializados de alto nivel y algunas universidades. Unas pocas empresas privadas también pertenecen a este nivel (Chesnais; Keck; Nelson y Rosenberg; Odagiri y Goto). Los investigadores de estas instituciones se dedican principalmente a la investigación (normalmente entre el 50% y 100% de su tiempo), y en algunos casos, hacen docencia hasta el nivel de doctorado y extensión. Todos los profesionales tienen doctorados. Los criterios de promoción se basan en la calidad de los resultados de la investigación y, en menor medida, en la capacidad de obtener financiamiento para proyectos específicos y la capacidad docente. La docencia es más que nada un complemento de la investigación, que permite la creación de equipos con mano de obra altamente calificada, motivada, y de relativo bajo costo (los estudiantes de post-graduación).

Las instituciones de este grupo llevan a cabo fundamentalmente los dos primeros tipos de ciencia, y en algunos casos, el tercer tipo. Es decir, combinan investigaciones motivadas en los intereses de los investigadores con programas de investigación estrechamente ligados a otras instituciones de investigación, a la industria, o a las instituciones públicas que demandan productos específicos. Su financiamiento proviene de transferencias directas de los gobiernos (aun para cubrir parte de los costos operativos), aportes de los clientes, ventas de bienes y servicios, cobro de aranceles por actividades docentes y fondos competitivos (Nelson, 1993; Rausser).

El segundo grupo lo constituyen **instituciones dedicadas únicamente a desarrollar tecnologías para fines específicos**, es decir, investigación estratégica. En este estrato participan empresas privadas, universidades e institutos especializados. Las instituciones públicas colaboran estrechamente con la industria. La mayor parte de los recursos dedicados a I&D en los países desarrollados se invierten en este grupo.

El tercer grupo lo constituyen las **instituciones de enseñanza**. En Europa lo constituyen la mayoría de las universidades, mientras que en EE.UU. lo forman las llamadas universidades de enseñanza (ej., el sistema California State). Los profesionales en estas

instituciones dedican la mayor parte de su tiempo (entre 80% y 90%) a la docencia, y en general, tienen título de doctor. Los criterios de promoción se basan fundamentalmente en su calidad como educadores. En Europa las universidades ofrecen programas de doctorado, pero en EE.UU. sólo tienen programas de maestría. Los programas de investigación están generalmente definidos por los propios profesionales con poca interacción con los demandantes de tecnologías. El objetivo principal de la investigación es contribuir a la formación de profesionales; la utilidad de los resultados obtenidos es, en general, un criterio secundario (Chesnais; Keck; Mayorga). El financiamiento proviene de fondos públicos, cobro de aranceles por actividades docentes y, en menor medida, fondos competitivos.

El cuarto grupo lo constituyen las **escuelas profesionales y universidades para profesionales que trabajan**; éstas otorgan básicamente el primer título universitario, y en algunos casos, títulos de maestría. Los docentes tienen formación básica, o a lo sumo, título de maestría. Este grupo está formado por instituciones como los llamados City Colleges en EE.UU. Los docentes generalmente combinan la docencia con la práctica privada de sus profesiones. Su función es formar mano de obra de alta calificación para tareas rutinarias.

El quinto grupo está integrado por las **instituciones de enseñanza media**, en particular las escuelas técnicas. Su importancia radica en que una mano de obra mejor entrenada domina nuevas tecnologías más fácilmente que otra con menor preparación.

El sexto grupo está constituido por las **empresas que no realizan actividades formales de I&D**, pero adaptan tecnologías y/o productos para mejorar su competitividad. En este grupo se encuentra el grueso de las empresas pequeñas y medianas. A pesar de no contar con unidades formales de investigación, la supervivencia de estas empresas depende de su capacidad para adaptarse a los cambios en los mercados en los que operan. En un mundo tecnológico crecientemente complejo, estas empresas dependen cada vez más de consultores especializados, proveedores, clientes, y agentes públicos de extensión.

9. EL PAPEL DEL ESTADO EN APOYO DEL SNI.

Tradicionalmente, el apoyo del estado al desarrollo científico y tecnológico se justificó en términos de las fallas de mercado que caracterizan a la generación y transferencia de conocimientos y tecnologías: prevalencia de bienes públicos, existencia de procesos que son muy riesgosos y que requieren demasiados recursos y/o tienen largos plazos de maduración, dificultades de ciertos clientes en articular sus demandas tecnológicas como por ejemplo productores pobres o usuarios de recursos naturales afectados por la producción agropecuaria (Lele y Ekboir; Mayorga). Hoy también se reconoce que el estado debe intervenir cuando se producen fallas del sistema debido a 1) la falta de experiencia de colaboración entre agentes del SNI, 2) regulaciones que no favorezcan la realización de actividades conjuntas, 3) fallas en los mercados de capitales y 4) barreras que impiden el desarrollo de mercados de servicios técnicos y financieros para la innovación tecnológica (IDRC; Mayorga; OCDE, 1997a; Teubal, 1996).

La definición de las políticas científicas y tecnológicas ha estado fuertemente influida por la concepción lineal de la ciencia, ya que se definían políticas para cada etapa del proceso. Así, los subsidios gubernamentales eran la solución para el problema de “bienes públicos” que caracteriza a la ciencia básica. O los derechos de propiedad intelectual eran el mecanismo para favorecer el desarrollo de innovaciones tecnológicas. Este esquema no considera los efectos que estas políticas pueden tener sobre otras etapas del proceso innovativo (Teubal, 1992).

El concepto del SNI como un sistema complejo con múltiples mecanismos de interacción provee un marco de referencia más adecuado para el análisis de las políticas de innovación. En el nuevo ambiente definido por la globalización, los gobiernos nacionales cumplen varios papeles fundamentales e irremplazables de apoyo al SNI: 1) ejecutar investigaciones en universidades y/o institutos públicos, 2) apoyar financieramente a las actividades de innovación realizadas por el sector privado, 3) proveer la infraestructura necesaria para la producción, incluyendo educación y entrenamiento, definición de normas, e implementación de un sistema de protección a la propiedad intelectual que permita al sector privado aprovechar los beneficios de las innovaciones (Archibugi y Michie), 4) apoyar a las actividades de prospección tecnológica, 5) crear un ambiente económico social que favorezca la innovación, 6) intervenir para solucionar fallas del sistema (las que ocurren, por ejemplo, por una inadecuada interacción entre instituciones), y 7) intervenir para reducir los costos sociales asociados con la adopción de nuevas tecnologías.

Las políticas de apoyo al SNI pueden dividirse de acuerdo con el plazo en el que se espera tengan efecto. Las políticas de mediano y largo plazo incluyen políticas educativas (inversión en capital humano), construcción y/o fortalecimiento institucional (en particular, de centros de excelencia), incentivos a la investigación en empresas privadas, aumento del financiamiento y diversificación de las fuentes de fondos, creación de una cultura de colaboración interinstitucional, mejoras en los sistemas de información (públicos y privados), creación de centros tecnológicos sectoriales y modificación de la

legislación para favorecer la inversión en actividades de I&D (ej., leyes de protección a la propiedad intelectual, desgravación de actividades de I&D, o regulación de la competencia en los mercados nacionales). En el corto plazo es necesario cambiar el esquema de incentivos ofrecidos a los investigadores, crear incentivos para la colaboración interinstitucional, fortalecer y/o modificar instituciones existentes, aumentar la capacidad de prospección tecnológica, favorecer la participación de empresas en desarrollos tecnológicos, apoyar a las empresas consultoras y de asistencia técnica, favorecer la radicación de actividades intensivas en conocimiento por parte de empresas multinacionales.

Las políticas de formación de recursos humanos para I&D pueden usar dos estrategias paralelas: por un lado, financiar estudios de postgrado a profesionales del país y por el otro, invitar a profesionales extranjeros a trabajar en las instituciones nacionales. Por cuestiones de costo, los estudios a nivel de maestría deben financiarse en instituciones nacionales o regionales. Los estudios doctorales, en cambio, sólo deben financiarse cuando se hagan en las mejores universidades del mundo en el área. Los incentivos a profesionales extranjeros a trabajar en el país pueden incluir: becas postdoctorales, becas para sabáticos en instituciones nacionales y financiamiento de tesis doctorales a estudiantes de universidades reconocidas de países desarrollados.

Uno de los problemas fundamentales en la formulación de políticas científicas es la falta de un consenso social que permita la ejecución, financiamiento y estabilidad de las mismas. Esta falta se debe entre otros factores al desconocimiento que los no científicos tienen de las particularidades de los procesos de investigación. Estos problemas pueden solucionarse por medio de un conjunto de acciones que incluyen actividades de difusión y explicación de los científicos a los diferentes actores sociales (empresarios, políticos, asociaciones sociales, etc.) de los alcances, logros y potencialidades de su actividad. Una de las formas de lograr esto es a través de actividades de divulgación científica, y formación de consejos científicos (con acceso directo a los niveles decisorios) en los principales instituciones que definen políticas económicas y sociales. Por ejemplo, Israel tiene consejos científicos en los ministerios, los que asesoran en la definición de políticas económicas e industriales (Teubal, 1993).

10. POLÍTICAS DE INNOVACIÓN EN UN MUNDO GLOBALIZADO.

Las políticas nacionales se definen en un mundo cada vez más integrado y regulado por agencias multilaterales.¹² Los SNIs más las empresas multinacionales, donantes, los centros internacionales de investigación y organismos multilaterales (bancos, entes reguladores y organismos) conforman el *Sistema Global de Innovación* (SGI). El surgimiento del SGI es la consecuencia de la globalización de las economías, de las nuevas normas que regulan el comercio internacional de bienes y servicios, de la búsqueda por parte de las empresas de menores costos, de regulaciones más laxas, de mayor acceso a nuevos mercados y tecnologías, y de cambios tecnológicos en la transmisión de información y en los medios de transporte (Mowery).

De la misma manera que la globalización de los mercados financieros ha reducido la capacidad de los países de implementar políticas económicas totalmente divergentes, el desarrollo del SGI está intensificando la presión para armonizar las políticas nacionales de derechos de propiedad intelectual, regulaciones económicas, políticas impositivas y políticas científicas. Es decir, que la capacidad de los gobiernos de implementar políticas científicas autónomas son limitadas pues los agentes individuales pueden mover sus actividades de investigación a los países que ofrecen las mejores condiciones para su desarrollo (Mowery).

En el pasado, los gobiernos intentaban restringir el acceso de extranjeros a los desarrollos científicos por consideraciones de soberanía y seguridad nacional. Con el fin de la Guerra Fría estos argumentos se han debilitado. Hoy se reconoce de que la participación activa en el SGI incrementa el potencial de desarrollo económico a través de un aumento de la oferta tecnológica disponible para las empresas nacionales. Pero esta participación requiere la armonización de ciertas regulaciones nacionales con las que predominan en los países desarrollados; particularmente importantes son las leyes de propiedad intelectual, regulaciones del comercio exterior, metrología y acceso a los mercados financieros (Archibugi, Howells y Michie; Mayorga; Nelson, 1993).

La implementación de estas políticas requiere transitar hacia una economía más abierta. Varios sectores sociales se ven afectados por estos cambios, por lo que es necesario implementar políticas para compensar a los afectados por la globalización, de manera de minimizar los costos sociales de la transición (OCDE, 1997a).

De la experiencia internacional se pueden identificar varios elementos claves para el diseño de políticas científicas y tecnológicas:

¹² Esto es particularmente relevante en el comercio de productos agropecuarios; sobre el cual tienen ingerencia el Codex Alimentarius, la Organización Mundial del Comercio, la Oficina Internacional de Epizootias, la UPOV y el Programa Mundial de Alimentos.

1. El estado es un actor indispensable en el SNI: fija políticas, financia una gran parte de las actividades de científicas y tecnológicas, y en menor medida las ejecuta (Mayorga; Nelson, 1993).
2. Si bien la capacidad de los países para implementar políticas económicas y científicas autónomas ha disminuido a causa de la globalización, las políticas gubernamentales aun conservan la capacidad de influir sobre el desarrollo económico. Pero como las reglas de funcionamiento de las economías nacionales cambiaron, también cambiaron las opciones de política disponibles (Mowery).
3. Dentro de cada país, cada industria (y dentro de ésta, cada tamaño de empresa) tiene comportamientos propios, los que son la consecuencia de procesos históricos específicos a cada industria y a cada país. Como consecuencia, estos grupos con características propias requieren políticas específicas. Varios países han creado institutos públicos especializados para apoyar el desarrollo de tecnologías y la prospección tecnológica (Chesnais; Keck; Teubal, 1993).
4. Los SNIs se especializan en determinadas áreas de la ciencia y de la producción (OCDE, 1997a). Las políticas científicas y educativas son fundamentales para mantener la competitividad en estas áreas (Archibugi, Howells y Michie).
5. Las instituciones de investigación tienden a concentrarse geográficamente y por áreas científicas (Mowery).
6. A medida que se consolida el SNI, aumenta la importancia del sector privado en el desarrollo tecnológico (Lele y Ekboir; Mayorga; Nelson, 1993).
7. En un sistema complejo, la fijación de políticas y prioridades de investigación es más complicado que en sistemas simples o desintegrados. En sistemas integrados y complejos, el estado debe fijar normas generales y dejar que los actores definan sus acciones concretas sujetos a las normas prefijadas (Mayorga; Teubal, 1993 y 1997). No existen procedimientos probados para definir prioridades y políticas de investigación, ya que la mejor solución en cada caso depende de las condiciones iniciales.
8. Una de las necesidades fundamentales en la modernización de los SNIs es la definición del papel que debe jugar cada institución en el mismo. Esto implica definir los objetivos institucionales y los recursos necesarios para alcanzarlos, en particular, el tamaño de las masas críticas de investigadores adecuados a cada caso. Por ejemplo, definir cuáles instituciones se convertirán en centros de excelencia de investigación y cuáles serán universidades de enseñanza.
9. La creación de centros de excelencia no es suficiente para tener un SNI eficiente. También es necesario tener un sistema educativo fuerte que capacite a los trabajadores y profesionales que no tienen acceso a las mejores instituciones de docencia e investigación (Walker).

10. La generación de tecnologías en instituciones de investigación no es suficiente para que las mismas sean adoptadas por las empresas. Las instituciones de extensión tecnológica y las regulaciones que ligan a los institutos de investigación con los productores cumplen un papel fundamental en el SNI (Nelson, 1993).

En este contexto, las políticas más importantes son aquellas que buscan incrementar 1) la capacidad operativa de las instituciones individuales, 2) la interacción entre agentes e instituciones del sistema, 3) la oferta en el país de insumos claves en los procesos de I&D, por ejemplo, infraestructura de I&D, científicos y mano de obra altamente capacitada, 4) la capacidad de las empresas de identificar y absorber tecnologías apropiadas (prospección tecnológica) y 5) el financiamiento disponible. Las políticas relevantes cubren una amplia gama de tópicos e incluyen políticas educativas y de financiamiento de la investigación, regulaciones financieras, leyes impositivas, leyes de competencia en los mercados y de propiedad intelectual, y programas de apoyo a la prospección tecnológica en las empresas.

Las políticas públicas de apoyo al desarrollo del SNI son esenciales para atraer flujos internacionales de actividades en I&D y actividades conexas generadoras de alto valor. Una de las ventajas de estas políticas, es que los resultados de las inversiones en I&D (creación de núcleos científicos altamente especializados y de mano de obra altamente capacitada) son menos móviles internacionalmente que los resultados de programas de desarrollo tecnológico, como lo demuestra la permanencia de la primacía del Silicon Valley en la industria de la computación o del área de Boston en biotecnología (Mowery). Pero la inversión en I&D no es suficiente. La estructura del SNI también debe ser reformada poniendo mayor énfasis en i) la autonomía de las instituciones que realizan investigación, ii) la competencia (nacional e internacional) por talentos científicos, iii) la revisión por pares de los programas de investigación y el desempeño de las instituciones, iv) mejora de la estructura de incentivos de los investigadores y v) mejora de los procedimientos de contratación de investigadores.

Las políticas públicas deben mantener un balance entre el apoyo a la creación de tecnología nuevas y el apoyo para su adopción rápida y eficiente. Este último objetivo puede alcanzarse con políticas de apertura a firmas extranjeras en la producción de bienes y servicios, regulaciones que no restrinjan la participación de firmas foráneas en los programas públicos de I&D, programas de formación de recursos humanos y programas activos de prospección tecnológica a nivel internacional (Nelson, 1998). Probablemente también sea necesario un enfoque más sofisticado sobre diferentes aspectos de los derechos de propiedad intelectual, y la interacción entre estos derechos y otras políticas (por ejemplo, políticas en defensa de la competencia). Muchos países desarrollados y en desarrollo hoy proveen asistencia tecnológica a empresas privadas (IDRC; Nelson, 1993). Por ejemplo, EE.UU. tiene actualmente no menos de doce agencias federales distribuyendo subsidios para I&D en empresas privadas; además, financia programas de I&D en ciencias básicas, medicina, defensa, energía y exploración del espacio (Mayorga). Es interesante que esta necesidad de interacción entre ciencia, extensión y producción fue identificada por primera vez (y alcanzó su mayor desarrollo) en la agricultura.

11. IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA.

Los procesos de desarrollo agrícola en América Latina han creado una agricultura dual donde algunos grupos de agricultores se capitalizan rápidamente, mientras que otros quedan crecientemente marginados. Atender las necesidades de cada uno de estos sectores requiere políticas específicas, pero en ambos casos el fortalecimiento del SNI juega un papel fundamental.

Incrementar la capacidad de los SNIs es esencial para la supervivencia de los productores integrados a los mercados internacionales. El mantenimiento en el tiempo de la competitividad internacional requiere una permanente oferta de nuevas tecnologías de producción y comercialización de bienes agropecuarios. La razón es que, invirtiendo en I&D, otros países pueden desarrollar tecnologías que eliminen las ventajas comparativas logradas por los países de la región. Por ejemplo, en años recientes, Perú desplazó a la Argentina de los mercados internacionales de espárrago; otro caso fue la producción asiática de caucho que a principios de siglo desplazó a la producción brasileña. Alternativamente, la inversión en I&D de nuevas tecnologías de producción y comercialización pueden crear nuevas ventajas comparativas; los aguacates en Israel, las uvas de mesa en Chile y los kiwis en Nueva Zelandia son tres ejemplos de este tipo de desarrollo.

La creciente importancia de la biotecnología y de los derechos de propiedad intelectual agregan más urgencia a la necesidad de fortalecer los SNIs. En la medida en que una empresa tiene la propiedad sobre un insumo clave en la producción de un bien exportable, puede bloquear las exportaciones de dicho bien a ciertos mercados. De esta manera, a pesar de tener una ventaja comparativa en la producción del bien, los países latinoamericanos pueden verse excluidos de los mercados internacionales por las estrategias comerciales de las empresas proveedoras de insumos.

Las políticas científicas adecuadas para atender a las necesidades de los productores comerciales incluyen: fortalecimiento de las universidades e instituciones públicas de investigación agropecuaria, revisión de los sistemas de incentivos en instituciones públicas, fomento a la inversión privada en I&D, apoyo a las colaboraciones internacionales, desarrollo de capacidad nacional de hacer “inteligencia de mercados”, y políticas educativas que promuevan la incorporación de tecnologías a través de la reducción la tasa de analfabetismo entre los productores agropecuarios.

La apertura de las economías latinoamericanas forzó un rápido ajuste en los últimos años, con un aumento de la marginalidad, tanto en áreas urbanas como rurales. En general, las empresas privadas no tienen incentivos para desarrollar tecnologías para productores marginales, puesto que estos no participan de los mercados de insumos y productos. Ante esta falla de mercado, son los institutos públicos los encargados de proveer las tecnologías adecuadas para los productores pobres. Si bien se han dado casos en los que empresas privadas han colaborado con institutos públicos para desarrollar y/o transferir tecnologías adecuadas a las condiciones de pequeños

productores, en general, el sector público y ONGs son los únicos proveedores de tecnologías para este grupo de productores.

Problemas similares afectan el desarrollo de tecnologías para un adecuado manejo de los recursos naturales. La característica básica de estas tecnologías es que son bienes públicos (no excluibles y no rivales en el consumo). El sector privado no tiene incentivos para desarrollar estas tecnologías pues no puede recuperar el costo de su desarrollo. Adicionalmente, la posibilidad de importar tecnologías de manejo de los recursos naturales es restringida pues en general éstas deben adecuarse a las condiciones ecológicas prevalecientes en cada región. Consecuentemente, el sector público debe generar las tecnologías requeridas.

BIBLIOGRAFIA.

Alston, J.M., Norton, G.W. y Pardey, P.G., 1995, *Science Under Scarcity: Principles and Practice of Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*, Cornell University Press, Ithaca.

Amendola, G., Guerrieri, P. y Padoan, P.C., 1998, International Patterns of Technological Accumulation and Trade, en *Trade, Growth and Technical Change*, Archibugi y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Archibugi, D., Howells, J. y Michie, J., 1999, Innovation Systems and Policy in a Global Economy, en *Innovation Policy in a Global Economy*, Archibugi, Howells, y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Archibugi, D. y Michie, J., 1998, Trade, Growth and Technical Change: What Are the Issues, en *Trade, Growth and Technical Change*, Archibugi y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Brodsky, P.H., 1998, How companies kill fundamental research - a 'tootorial', *Research-Technology Management*, 4(5):10-13.

Byerlee, D. y Alex, G., 1998, *Strengthening National Agricultural Research Systems. Policy Issues and Good Practice*, Banco Mundial, Washington, D.C.

Cantwell, J., 1999, Innovation as the Principal Source of Growth in the Global Economy, en *Innovation Policy in a Global Economy*, Archibugi, Howells, y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Chesnais, F., 1993, The French National System of Innovation, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Dalhman, C.J. y Frischtak, C.R., 1993, National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Brazilian Experience, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Dixit, A.K y Pindyck, R.S., 1994, *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, N.J.

Echeverría, R.G., 1998, Will Competitive Funding Improve the Performance of Agricultural Research?, documento de discusión No. 98-16, ISNAR, Holanda.

Echeverría, R.G., Trigo, E. y Byerlee, D., 1996, Institutional Change and Effective Financing of Agricultural Research in Latin America, documento técnico No. 330, Banco Mundial, Washington, D.C.

Eicher, C.K., 1999, *Institutions and the African Farmer*, tercera conferencia de economistas distinguidos, CIMMYT, México.

Ekboir, J.M., 1999, *Innovation Systems and Technology Policy: Zero Tillage in MERCOSUR*, documento de trabajo del CEP, CIMMYT, México, D.F.

Guerrieri, P., 1999, Patterns of National Specialization in the Global Competitive Environment, en *Innovation Policy in a Global Economy*, Archibugi, Howells, y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Gittleman, M. y Wolff, E.N., 1998, R&D Activity and Cross-country Growth Comparisons, en *Trade, Growth and Technical Change*, Archibugi y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Huffman, W.E. y Just, R., 1999, Agricultural Research: Benefits and Beneficiaries of Alternative Funding Mechanisms, *Review of Agricultural Economics*, 21(1):2-19.

Huffman, W.E. y Just, R., 1998, *Setting Efficient Incentives for Agricultural Research: Lessons from Principal-Agent Theory*, documento de trabajo No. 304, Iowa State University.

Huffman, W.E. y Just, R., 1994, Funding, Structure and Management of Public Agricultural Research in the United States, *American Journal of Agricultural Economics*, 76(4):744-759.

IDRC, 1977 *A Decade of Reform*, www.idrc.ca.

Jarvis, L., 1994, Changing Private and Public Roles in Technological Development: Lessons from the Chilean Fruit Sector, en *Agricultural Technology: Policy Issues for the International Community*, Anderson, J.R., ed., CAB International, R.U.

Just, R. y Huffman, W.E., 1992, Economic Principles and Incentives: Structure, Management and Funding of Agricultural Research in the United States, *American Journal of Agricultural Economics*, 74(5):1101-1108.

Keck, O, 1993, The National System for Technical Innovation in Germany, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Lele, U. y Ekboir, J.M., 1999, Technology Generation, Adaptation, Adoption and Impact: Towards a Framework for Understanding and Increasing Research Impact, en *Food Security and Nutrition - The Global Challenge*, Krach, U. and Shulz, M. eds., Lit, Münster y St. Martin's Press, N.Y.

Lundvall , B.-A., 1999, Technology Policy in the Learning Economy, en *Innovation Policy in a Global Economy*, Archibugi, Howells, y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Lundvall, B.-A., 1992, Introduction, en *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Lundvall, ed., Pinter, R.U.

Malerba, F., 1993, The National System of Innovation: Italy, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, en Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Mayorga, R. 1997, *Cerrando la Brecha*, SOC97-101, BID, Washington, D.C.

Mowery, D., 1998, Rapporteur's Summary, en *Facilitating International Technological Cooperation: Proceedings of the Seoul Conference*, Oct. 13-14 1997, working group on innovation and technological policy, OCDE.

Nelson, R., 1998, *El Ambiente Cambiante par "Aprender de los Demás"*, trabajo presentado en la Reunión sobre Difusión, Asimilación y Uso de la Tecnología en las Empresas, Banco Interamericano de Desarrollo, 9 y 10 de febrero de 1998, Washington, D.C.

Nelson, R., ed. , 1993, *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Oxford University Press, N.Y.

Nelson, R., 1992, What is "Commercial" and What is "Public" About Technology, and What Should Be, en *Technology and the Wealth of Nations*, en Rosenberg, N., Landau, R. y Mowery, D., eds., Stanford University Press, Stanford.

Nelson, R. y Rosenberg, N., 1993, Technical Innovation and National Systems, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Nelson, R. y Winter, S.G., 1977, In Search of a Useful Theory of Innovation, *Research Policy*, 6(1):36-76.

Odagiri, H. y Goto, A., 1993, The Japanese System of Innovation: Past, Present and Future, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

OCDE, 1999, *Managing National Innovation Systems*, Francia.

OCDE, 1998, The Global Research Village: How Information and Communication Technologies Affect the Science System, *Science, Technology and Industry Outlook 1998*.

OCDE, 1997a, *National Innovation Systems*, www.oecd.org.

OCDE, 1997b, *The Evaluation of Scientific Research: Selected Experiences*,

OCDE/GD(97)194, Francia.

OCDE, 1996, *The Knowledge-Based Economy*, OCDE/GD(96)102, Francia.

OCDE, 1994, *National Systems of Innovation: General Conceptual Framework*, DSTI/STP/TIP(94)4, Francia.

Okubo, Y., 1997, *Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples*, documentos de trabajo de STI 1997/1, OCDE/GD(97)41, OCDE, Francia.

Pavit, K., 1988, International Patterns of Technological Accumulation, en *Strategies in Global Competition*, Hood, N. y Vahlne, J.E., eds., Croom Helm, R.U.

Patel, P. y Pavit, K., 1998, Uneven (and Divergent) Technological Accumulation among Advanced Countries: Evidence and a Framework of Explanation, en *Trade, Growth and Technical Change*, Archibugi y Michie, eds., Cambridge University Press, R.U.

Rausser, G., 1999, *Private/Public Research: The Case of Agricultural Biotechnology*, trabajo presentado al Institute of Governmental Affairs, UC Davis, 20 de mayo de 1999.

Teubal, M., 1997, A Catalytic and Evolutionary Approach to Horizontal Technology Policies, *Research Policy*, 25(8):1161-1188.

Teubal, M., 1996, R&D and Tecnology Policy at NICs as a Learning Process, *World Development*, 24(3):449-460.

Teubal, M., 1993, The Innovation System of Israel: Description, Performance and Outstanding Issues, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

Teubal, M., 1992, Knowledge, Property and the System Dynamics of Technical Change, *World Bank Research Observer*, Suplemento:215-255.

Walker, W., 1993, National Innovation Systems: Britain, en *National Innovation Systems, A Comparative Analysis*, Nelson, R., ed., Oxford University Press, N.Y.

**OTROS TITULOS DE LA
SERIE: DOCUMENTO DE TRABAJO**

- Nº 1:** *EL FENOMENO ENSO Y LA AGRICULTURA PAMPEANA: IMPACTOS ECONOMICOS EN TRIGO, MAIZ, SOJA y GIRASOL.*
- Nº 2:** *LA CONVERGENCIA DE LOS PRECIOS AGRICOLAS DE LA ARGENTINA Y DE LOS EE.UU. La "ley de un solo precio" para los commodities pampeanos.*
- Nº 3:** *MERCADOS ESTRATEGICOS PARA EL COMPLEJO OLEAGINOSO ARGENTINO: El Caso de la Harina de Soja.*
- Nº 4:** *TRANSFORMACIONES CICLICAS Y ESTACIONALES DE LA PRODUCCION LECHERA ARGENTINA A PARTIR DEL PLAN DE CONVERTIBILIDAD.*
- Nº 5:** *PERFIL DE MERCADO: ESPARRAGO.*
- Nº6:** *CONDICIONANTES SOCIALES EN LA PERCEPCION Y ADOPCION DE INFORMACION CLIMATICA ENTRE LOS AGRICULTORES ARGENTINOS.*
- Nº7:** *PROYECCIONES DE BALANCE MUNDIAL DE ALIMENTOS. CONSIDERACIONES PARA ARGENTINA.*
- Nº8:** *PRODUCTIVIDAD RELATIVA DE LA TIERRA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.*