



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE MAGISTER EN POLITICAS Y ESTRATEGIAS DE  
LAS RELACIONES INTERNACIONALES

**Desarrollo, Tecnología y Universidad en Argentina.  
Contribución de la Universidad al Desarrollo  
mediante la producción de Tecnología**

**Ing. Alejandro Héctor Molina**

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2008

## PREFACIO

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Magíster en Políticas y Estrategias de las Relaciones Internacionales, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Economía durante el período comprendido entre el 1 de agosto de 2006 y el 15 de noviembre de 2008, bajo la dirección del Licenciado Ricardo Gutiérrez.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el ..../..../..... , mereciendo la calificación de .....(.....)

## **RESUMEN**

Este trabajo analiza la contribución de la Universidad pública Argentina al desarrollo económico, como generador de innovación tecnológica. Analiza las teorías del desarrollo y como la tecnología participa en ellas. Analiza que características tiene la tecnología a partir de distintos modelos tecnológicos y como esta evoluciona a partir de la innovación. Analiza el rol de la universidad en la producción de innovación y conocimiento y los mecanismos mediante los cuales las empresas y la sociedad utilizan estos conocimientos. Finalmente se ve como es el desempeño de la Universidad Argentina y el Sistema de Ciencia y Técnica, comparándolo con España y Brasil.

## **ABSTRACT**

This work analyzes the contribution of Argentina's public University to the economic development, as generator of technological innovation. It analyzes the theories of the development and how the technology participates. It analyzes the technology's characteristics starting from different technological models and how it evolves upon the innovation phenomena. It analyzes the list of the university in the innovation production and knowledge and the mechanisms by means of which the companies and the society use these knowledge. Finally, investigates the Argentine's University and the Science and Technolgy System participation, comparing it with Spain and Brazil.

## **Dedicatoria**

A Mabel sin la cual nada me es posible, a Juan Manuel y Facundo por quienes todo cobra sentido.

## **Agradecimientos**

A todos quienes de alguna manera colaboraron con este trabajo, mucho o poco, directa o indirectamente, pues cualquier trabajo no parte de nuestra individualidad sino de nuestras relaciones interpersonales con las cuales se construyen las ideas que se expresan en nuestras obras.

## Índice

Introducción	8
<b>Capítulo 1 Relación entre tecnología y desarrollo</b>	<b>11</b>
<b>1.1.- Crecimiento Económico y Desarrollo Económico</b>	11
<b>1.1.1.- Primera aproximación</b>	11
<b>1.1.2.- Enfoque Histórico</b>	13
<b>1.1.3.- Modelos Endógenos y Exógenos. Diferencias y acuerdos</b>	14
<b>1.1.4.- Los modelos ante las distintas realidades</b>	15
<b>1.2.- Modelos de Desarrollo y Crecimiento</b>	17
<b>1.2.1.- Ley de Say</b>	17
<b>1.2.2.- Teoría General de Keynes</b>	21
<b>1.2.3.- Modelo de Harrod-Domar</b>	23
<b>1.2.4.- Modelo de Solow</b>	29
<b>1.2.5.- Leyes del Crecimiento de Kaldor</b>	33
<b>1.2.6.- Modelos de Crecimiento Neo Keynesianos Joan Robinson</b>	37
<b>1.2.7.- Modelo de la Escuela Austriaca, Hayek</b>	42
<b>1.2.8.- Modelos basados en la Teoría del Crecimiento Endógeno</b>	44
<b>1.3.- Visiones y Enfoques del Desarrollo</b>	49
<b>1.3.1.- Enfoque del Desarrollo desde la teoría del Capital Humano</b>	49
<b>1.3.2.- Enfoque del Desarrollo desde el Territorio</b>	58
<b>1.3.3.- Enfoque del Desarrollo desde los procesos industriales</b>	62
<b>1.3.4.- Otros enfoque diferentes del Desarrollo</b>	63
<b>1.3.5.- El enfoque desde Desarrollo Sustentable</b>	68
<b>1.4.- Conclusiones sobre Tecnología y Desarrollo</b>	71
<b>Capítulo 2 Características de la Tecnología</b>	<b>74</b>
<b>2.1.- La evolución cronológica de la tecnología y como se la consideró</b>	74
<b>2.1.1.- Etapas desde la consideración filosófica de la tecnología</b>	74
<b>2.1.2.- Etapas desde las características propias de la tecnología</b>	78
<b>2.2.- Modelos de la Tecnología</b>	81
<b>2.2.1.- Modelos basados el Ciclo de Vida Tecnológico</b>	82
<b>2.2.2.- Aplicación del Ciclo de Vida Tecnológico en la Tecnología de la Información, un enfoque desde la empresa con contenido social.</b>	83
<b>2.2.3.- Modelos tecnológicos Shumpeterianos, la innovación como eje</b>	88
<b>2.2.4.- La Innovación Tecnológica como sistema. Un enfoque macroeconómico</b>	94
<b>2.2.4.1- El modelo macroeconómico</b>	95
<b>2.2.4.2- Medición de la Innovación</b>	96

<b>2.2.5.- Modelo S de Innovación Tecnológica. La perspectiva estratégica de las empresas</b>	99
<b>2.2.6.- Modelos de Innovación Tecnológica. La perspectiva del producto</b>	105
<b>2.3.- Modelos de Innovación y Difusión de Conocimientos. Enfoque de las redes</b>	110
<b>2.4.- Modelos de Imitación de la Innovación. Enfoque del diseño dominante</b>	119
<b>2.5.- Modelos de Difusión de la Innovación. Enfoque de los distritos industriales</b>	128
<b>2.6.- Los nuevos escenarios Tecnológicos. Hacia un nuevo paradigma</b>	133
<b>Capítulo 3 Tecnología e Innovación: el rol de la universidad</b>	143
<b>3.1.- La participación universitaria en la producción de Conocimiento</b>	143
<b>3.1.1.- La participación universitaria: un primer enfoque</b>	143
<b>3.1.2.- La participación universitaria: enfoque cronológico</b>	147
<b>3.1.2.1.- El surgimiento de la Universidad</b>	147
<b>3.1.2.2.- Principios del siglo XX. Las universidades como creadoras de conocimiento</b>	148
<b>3.1.2.3.- Mediados del siglo XX. Las universidades consagradas a la creación de conocimiento</b>	150
<b>3.1.2.4.- El último cuarto del siglo XX. Las universidades como creadoras y difusoras de conocimiento</b>	154
<b>3.1.2.4.- El siglo XXI. Enfoque de la Economía y sociología, las instituciones en la producción del conocimiento</b>	173
<b>3.1.3.- Análisis del papel difusor de las Universidades</b>	178
<b>3.1.4.- La interacción Universidad Empresa</b>	183
<b>3.1.4.1.- La interacción Universidad Empresa. Los debates normativos</b>	187
<b>3.1.5.- Las patentes universitarias</b>	195
<b>3.1.5.1.- Las patentes universitarias: Los debates normativos</b>	195
<b>3.1.5.2.- Las patentes universitarias: El debate positivo: factores determinantes de la generación de patentes universitarias</b>	201
<b>Capítulo 4 La situación de la Universidad Argentina</b>	214
<b>4.1.- El contexto Económico y Tecnológico de la Argentina</b>	214
<b>4.1.1.- Contexto Económico argentino en números</b>	214
<b>4.1.2.- Contexto histórico-político de la situación económica</b>	219
<b>4.1.3.- Contexto Científico-tecnológico argentino, la actualidad y su historia</b>	222
<b>4.1.3.1.- La evolución histórica de la ciencia argentina</b>	222

<b>4.1.3.2.- La evolución de la tecnología y producción argentina</b>	239
<b>4.1.3.4.- La situación de la tecnología en los últimos años, según la balanza de pagos tecnológica</b>	242
<b>4.1.4.- Situación Institucional de Ciencia y Técnica</b>	253
<b>4.1.5.- Los inputs de C y T</b>	258
<b>4.1.5.1.- La inversión en I + D</b>	260
<b>4.1.5.2.- Los Recursos Humanos</b>	267
<b>4.1.6.- Los outputs tecnológicos del sistema de C y T argentino</b>	275
<b>4.1.6.1.- La producción de publicaciones</b>	275
<b>4.1.6.2.- La producción de patentes</b>	280
<b>4.1.7.- Visión de las empresas sobre el Sistema Nacional de Ciencia y Técnica</b>	287
<b>4.1.8.- Conclusiones sobre la situación de económica y tecnológica de la Argentina</b>	292
<b>4.2.- La universidad en la Argentina</b>	294
<b>4.2.1.- La situación de la universidad argentina</b>	294
<b>4.2.2.- La universidad argentina como productora de tecnología</b>	302
Conclusiones	314
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	321

## Introducción

Este trabajo se propone analizar la influencia que ha tenido la universidad pública argentina en el desarrollo económico durante la última mitad de los años 90 y los primeros años del 2000. Se parte de las siguientes premisas: primero, en los últimos años la economía mundial ha tenido un crecimiento sostenido y en gran parte debido al desarrollo tecnológico; segundo, este desarrollo tecnológico ha sido un factor fundamental, no solo en lo económico, sino en los distintos aspectos en que se interpreta el desarrollo; y por último, en los países desarrollados, las universidades han sido un factor importante de ese desarrollo tecnológico.

En virtud de estas premisas, los interrogantes que se plantean y que se intenta responder, son los siguientes: ¿Es el crecimiento económico sinónimo de desarrollo, o existen otras visiones del desarrollo, no ligados a la economía?, ¿Realmente existe una relación entre tecnología y desarrollo?, ¿En que medida la tecnología contribuye al desarrollo?, ¿La evolución de la tecnología es lo mismo que innovación?, ¿La innovación puede generar crecimiento económico o requiere un entorno tecnológico dado?, ¿Cómo se genera la innovación?, ¿Cuáles son los mecanismos a través de los cuales la universidad contribuye a la innovación tecnológica?, ¿Cómo se difunde la innovación desde la universidad hacia las empresas?, ¿Cómo se establece la vinculación entre la universidad y la empresa?, ¿Qué consecuencias ha tenido la vinculación, tanto para las empresas, como para las universidades?, ¿Es el crecimiento argentino, a pesar de las crisis ocurridas, producto del desarrollo tecnológico, aunque sea en parte?, ¿Cómo se difunde la tecnología en Argentina?, ¿Qué características tiene la innovación tecnológica argentina?, ¿Influye el sistema Nacional de Ciencia y Técnica (C y T) en la generación de nuevas tecnologías?, ¿Participa la universidad argentina en la generación de nuevas tecnologías o en el proceso de innovación tecnológica?, ¿Qué genera la universidad argentina en cuanto a producción científica y tecnológica?, ¿Tiene la contribución de los sistemas nacionales de C y T y las universidades en otros países las mismas características que en la Argentina?, ¿Tiene la universidad argentina capacidad para transformar su contribución al desarrollo?.

Para responder estas y otras preguntas se debe, dividir estas preguntas en las que ya tienen una respuesta dada por un marco teórico, las que se puede responder por medio de una recopilación y análisis de información y las que requieren de la formulación y verificación de algunas hipótesis.

En virtud de esto se ha recopilado bibliografía y se han formulado dos tipos de proposiciones, las que su verificación se encuentra dentro del marco teórico que se utilizará y las que requieren cierta información para verificarlas. Las hipótesis que se formulan responden a preguntas que no pueden inscribirse en un marco teórico dado o que presentan particularidades que configuran excepciones al mismo.

Las proposiciones que se verifican dentro del marco teórico y que constituyen una parte de los postulados de este trabajo, son las siguientes:

- Existe una relación entre crecimiento económico y desarrollo.
- El concepto de desarrollo excede el marco económico y se vincula con aspectos sociológicos, culturales y lo geográficos.

- La tecnología es un componente, tanto del crecimiento económico, como del desarrollo sea este considerado desde el punto de vista económico, sociológico, cultural o geográfico.
- La evolución de la tecnología tiene características propias, siendo dicha evolución condicionada fundamentalmente por los descubrimientos científicos y no por otros factores.
- La tecnología evoluciona a través de procesos de innovación, que vinculan a la producción de bienes y servicios, descubrimientos científicos y adelantos tecnológicos.
- La innovación se genera por la producción de nuevos conocimientos y el desarrollo de nuevos productos o nuevos medios de producción, y muchas veces en ámbitos que no son los específicos de la producción.
- Un factor esencial para que se genere una innovación tecnológica es la difusión del conocimiento desde los centros de producción del mismo hacia las empresas.
- La universidad ha sido históricamente una fuente de conocimiento para los cambios tecnológicos y la innovación.
- La universidad ha podido difundir conocimientos, no solo por su propio prestigio, sino por el reconocimiento de las empresas sobre su participación en los descubrimientos científicos y tecnológicos.
- Una fuente muy importante de la generación de innovación tecnológica y del reconocimiento por parte de las empresas de este rol son las patentes que se producen en el ámbito universitario.

Las proposiciones que se verifican a partir del análisis de la información suministrada por distintas fuentes, constituyen la parte restante de los postulados de este trabajo, son las siguientes:

- Argentina ha tenido ciclos de crecimiento entre distintas crisis económicas.
- La historia económica de Argentina alterna distintos ciclos económicos de crecimiento, crisis y períodos de estancamiento, siendo muchas las crisis y los períodos de estancamiento más prolongados que los de crecimiento. En el período analizado, ha habido crecimiento solo alterado por las distintas crisis.
- Argentina gozó, en determinados períodos de su historia, de distintos grados de desarrollo tecnológico propio, siendo el más importante el correspondiente al período de sustitución de importaciones.
- La mayoría de las empresas productoras de cierta envergadura son sucursales de empresas transnacionales, que utilizan tecnología suministrada por sus casas matrices.
- Los *inputs* del desarrollo tecnológico de la Argentina, no difieren en mucho (no más de un orden de magnitud), de los de otros países con superiores *outputs* de desarrollo tecnológico y economías no muy diferentes como son Brasil y España.
- La cantidad y calidad de la producción de publicaciones científicas en el sistema nacional de C y T argentino, no es inferior al de los países anteriores y la productividad, en cuanto a publicaciones, de los investigadores argentinos es similar al de estos.

- La cantidad de patentes que produce el sistema nacional de de C y T en Argentina es muy inferior al de Brasil y España y en las universidades argentinas no hay una producción de patentes que sea significativa.
- La mayoría de las empresas argentinas no ven a la universidad como una fuente de obtención de conocimiento y no se vinculan a ella en proyectos de I+D.

En base a estas proposiciones se han construido las siguientes hipótesis:

- El desarrollo tecnológico en Argentina no es endógeno.
- La universidad pública argentina no contribuye al desarrollo tecnológico mediante la generación de innovaciones medidas en la producción de patentes.
- La falta de generación de patentes en la universidad argentina tiene raíces idiosincráticas, basadas en la historia pasada y reciente y en el manejo del riesgo, tanto por parte de los investigadores, como de las empresas.
- Las características del desarrollo tecnológico en el mundo, no son las mismas que en la Argentina por razones económicas, idiosincráticas y culturales.

Las fuentes bibliográficas consultadas, se detallan en la Bibliografía del trabajo, mientras que los datos de las variables con las que se trabaja se obtienen a partir de las bases de datos de: la Red Interamericana de Ciencia y Técnica (RICYT), la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación (SPU), el Instituto Nacional de la Producción Industrial (INPI), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONCYT), la Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva (SETCIP) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC).

Para verificar los postulados se recurre al análisis de las teorías del desarrollo, en el Capítulo 1, tanto desde el punto de vista económico, como desde otras visiones. Se analiza en el Capítulo 2, la historia de la tecnología, sus características, su evolución y los procesos de innovación y difusión. En el Capítulo 3 se analiza los mecanismos mediante los cuales la universidad participa en la generación, tanto del conocimiento, como de la difusión del mismo. Finalmente, en el Capítulo 4 se vuelcan los resultados de las distintas fuentes de información consultadas y se verifica las hipótesis planteadas.



En el diagrama se resalta las palabras: Leyes, Mercado y Creencias, ya que en cualquier sociedad los problemas económicos generales y particulares se resuelven mediante leyes, por el comportamiento del mercado o recurriendo a algún sistema valorativo.

Ante el Crecimiento Económico es relevante tanto el marco legal existente, como el funcionamiento del sistema de precios y el sistema valorativo. Se puede entonces plantear nuevamente la pregunta: *¿Basta con el estudio de los mercados para entender lo fundamental del desenvolvimiento económico de los países?* La respuesta separará la literatura del Crecimiento de la del Desarrollo.

Un *NO* a esta pregunta significa tener que recurrir necesariamente a los entramados legales y valorativos para poder entender el Desarrollo Económico, ya que tanto el aspecto legal de los presupuestos del Estado y de la intervención pública, como la faceta de creencias que hay tras esa imaginación del futuro (denominada formación de expectativas) resultan elementos básicos para entender y tratar de solucionar los problemas de desempleo, de las relaciones entre capital y trabajo inherentes al funcionamiento de los mercados.

Un *SI* significa entrar en el Crecimiento Económico, donde el desenvolvimiento económico se examinará exclusivamente bajo la óptica del mercado. Surge a partir de aquí la repuesta a la segunda pregunta: *¿Asegura el funcionamiento de los mercados el uso eficiente de los recursos y en particular el pleno empleo de capital y trabajo?* La respuesta a esta pregunta separará las construcciones keynesianas y las neoclásicas.

Los neoclásicos han contestado *SI* a esta segunda pregunta deteniéndose a explicitar cuál es el mecanismo concreto con el que los mercados logran automáticamente el doble pleno empleo de trabajo y capital. Los keynesianos han contestado *NO* a la pregunta anterior haciéndose el siguiente planteo: *“En un sistema económico continuamente se producen nuevas máquinas que incorporan cambios técnicos y también aparecen nuevos individuos con capacidad de trabajar. Es fácil imaginar una tasa de crecimiento económico que proporcione empleo a todos los individuos que pueden y desean trabajar y también otra tasa de crecimiento que garantice el uso de todas las máquinas. Pero ¿serán iguales esas tasas?, ¿Se igualará este crecimiento a la tasa que garantiza el pleno uso del capital pudiendo aparecer desempleo de trabajo?, ¿O se igualará a la tasa que garantiza el pleno empleo del trabajo dejando posiblemente desempleado el capital?, ¿O quizá ni lo uno ni lo otro creciendo a un ritmo que de lugar a desempleo de ambos factores?”* (Anisi, 2000).

El equilibrio de las tasas puede alcanzarse mediante mecanismos automáticos como propone la corriente ortodoxa o como propone el keynesianismo por la elección dentro de las distintas técnicas existentes aquella que ofrezca la relación más conveniente entre la producción y el capital necesario, ya sea mediante el establecimiento de una adecuada tasa de ahorro o por bien por modificaciones en la población activa, o por la continuidad de un ritmo de progreso técnico.

Antes de analizar las respuestas a la tercera pregunta planteada desde estas ópticas, es necesario indicar que estas distintas posiciones coinciden en la necesidad de un Estado y un sistema de valores, la diferencia está en la forma en que aparece esa necesidad y que respuestas deben darse desde ese Estado y ese marco valorativo.

En la literatura del Desarrollo Económico, se señala al Estado y a los sistemas valorativos como elementos básicos e imprescindibles para entender el fenómeno del desarrollo económico y para gestionar su dirección.

Los economistas keynesianos proponen soluciones de política económica absolutamente necesarias para poder obtener el uso eficiente de los recursos.

Algunos economistas ortodoxos sugieren la intervención del Estado y las Instituciones Valorativas para tratar de corregir los resultados indeseables (pobreza, desigualdad extrema, etc.) que provoca el sistema de mercado.

Los fundamentalistas del mercado exigen un Estado mínimo que defina y defienda el derecho de propiedad, garantice el cumplimiento de contratos y provea los bienes públicos imprescindibles para que el mercado pueda realizar su cometido.

### **1.1.2.- Enfoque Histórico**

Anisi (ANISI, 2000) define al periodo clásico como aquel que va desde 1776, cuando Adam Smith publica *La Riqueza de las Naciones*, hasta 1890, cuando A. Marshall escribe los *Principios*, señalando otra forma de enfocar el problema económico.

En ese período no se habla de lo que hoy se considera una *Teoría del Crecimiento*, sin embargo, sentaron las bases de lo que es la teoría del *Desarrollo Económico*, ya que la mayoría de ellos contestaría con *NO* a la primera pregunta que se plantean. Estos clásicos estudiaron la economía para entender el cambio social que se producía. Consideraron lo económico como elemento dinamizador de lo social y al mercado como elemento económico básico de esa dinámica. Pero aunque consideraban el mercado como el núcleo de los elementos dinamizadores, no significa era el único elemento de interés. El mercado se estudiaba para explicar el desenvolvimiento económico de las naciones: un proceso continuo de generación y consumo de productividad donde lo valorativo, lo legal y el propio mercado interactuaban y evolucionaban.

El espíritu de los autores clásicos sigue presente en autores como Myrdal o Lewis representan visiones actualizadas, con la misma perspectiva que mantuvieron los autores clásicos en el Siglo XIX y finales del XVIII.

La respuesta de los clásicos a la segunda de las preguntas habría sido muy diversa, por ejemplo: Say y Ricardo proponen la existencia de mecanismos automáticos mientras que Malthus y Marx no coincidirían. Aunque todos posiblemente contestarían que *SÍ* a la tercera pregunta. La Economía Política es, según la mayoría de ellos, la base para el diseño de una política económica en su acepción más amplia, ya que tratan de entender al mundo para poder transformarlo.

Estas diferencias entre las distintas respuestas a los mecanismos automáticos de generación de equilibrios estables, tenía un basamento en la llamada *Ley de Say*, según la cual: *"la oferta crea su propia demanda"* y en consecuencia las crisis de superproducción carecían de sentido. En todo el periodo clásico la vigencia de la Ley de Say se vinculó con el funcionamiento correcto de los precios, ya que bastaba con la existencia de mercados flexibles para que se aplicara esta Ley.

Keynes (1936) establece una visión contraria a la Ley de Say, indicando que a pesar de toda la flexibilidad que se le quiera dar a los mercados, existe

un tiempo histórico dado e inalterable y un futuro incierto e impredecible, esto permite que pueda aparecer un desempleo involuntario masivo y persistente. El desempleo de corto plazo que postula Keynes se amplía en el largo plazo a partir de las teorías de Harrod (1939) y Domar (1947), quienes planteaban dos cuestiones: a largo plazo la inversión no sólo podía ser considerada, como se hacía a corto plazo, generadora de demanda efectiva y creadora de puestos de trabajo, sino que a largo plazo y al incrementar de forma apreciable el stock de capital, había que considerarla como generadora de capacidad productiva y por ello si la "tasa real" de crecimiento económico es inferior a la "natural" (aquella que permite usar todos los recursos laborales) y a la "garantizada" (aquella que permite utilizar toda la capacidad productiva instalada) aparecerá desempleo de trabajo y de capital. La segunda cuestión es: la señal que envía el mercado muestra el camino contrario al que se debe seguir. Si la tasa de crecimiento real produce desempleo de trabajo y de capital, ¿Quién va a elaborar planes de inversión en nueva maquinaria? Y sin embargo únicamente habrá reactivación de la producción si colectivamente se fabrican nuevas máquinas que generen la demanda efectiva suficiente como para que las viejas vuelvan a utilizarse.

En 1956 un artículo de Solow (SOLOW, 1956) plantea una respuesta desde la óptica neoclásica y se constituye en la base de la ortodoxia vigente. El trabajo inicial de Solow apareció para dar una explicación a lo que se denominó "*el factor residual*"; conocido como "*el residuo de Solow*". El problema originario, presentado como empírico, se centraba en las fuentes del crecimiento económico. Diversos autores encontraban que ese crecimiento no podría explicarse recurriendo exclusivamente a la acumulación de trabajo y de capital y que debía darse entrada a una nueva variable, que sería el progreso técnico. Solow diseñó un marco analítico para analizar este fenómeno donde presentó un modelo en el que el pleno empleo del trabajo se daba por supuesto y en el que recurriendo a la posible elección entre una variedad de técnicas, siempre era posible encontrar una solución en la que la tasa "real" se igualaba a la "natural" y a la "garantizada".

### **1.1.3.- Modelos Endógenos y Exógenos. Diferencias y acuerdos**

La respuesta de la escuela neoclásica a la pregunta sobre si el funcionamiento de los mercados asegurará el uso eficiente de los recursos en el caso del Crecimiento Económico, supone la posibilidad de que las tres tasas: la "real", la "natural" y la "garantizada" coincidan y que se llegue de forma automática a esa coincidencia. La gran mayoría estos economistas afirmará que dada la variedad de tecnologías existentes, siempre se podrá encontrar una que evite el problema planteado.

El ajuste entre las distintas tasas también se podrá dar recurriendo a cambios en la tasa de ahorro, coincidentes con el ritmo de incorporación de nuevas máquinas de producción al sistema, o por los incrementos de la población que hagan variar el ritmo de incorporación de trabajadores al "mercado de trabajo".

Dado que la creación de puestos de trabajo es el resultado del crecimiento de la producción y del crecimiento de la productividad, esta logrará hacer frente a cualquier tasa de crecimiento demográfico. Este tipo de ajuste en el que la tasa de variación del *progreso técnico* es el resultado del crecimiento

demográfico, la tasa de ahorro y la técnica utilizada constituyen un modelo de crecimiento endógeno.

Este mecanismo de ajuste neoclásico ofrece una explicación al crecimiento económico, ya que en última instancia la renta *per capita* de cualquier población depende del valor de la productividad y el crecimiento de esa renta *per capita* sólo es posible de forma continua y prolongada si se incrementa de la misma forma el valor de la productividad.

En los otros procesos de ajuste: el de la variedad, el de la población o el del ahorro, la tasa de variación de la productividad se determina de forma exógena, es decir, ajena al modelo. En los modelos de crecimiento endógeno, la tasa de variación de la productividad queda determinada, dentro del modelo.

La elevación permanente de la renta *per capita* sólo puede sustentarse en un aumento permanente de la productividad, si interesa el crecimiento de esa productividad, el modelo de Harrod-Domar da los límites a ese incremento y la dificultad para alcanzarlos y mantenerlos, y los modelos neoclásicos de crecimiento endógeno indican cuáles son las variables que inciden en esa mejora creciente de la productividad.

El planteamiento keynesiano indica que si se realizan políticas económicas para mantener el pleno empleo del trabajo y el capital, cuanto mayor sea la tasa de ahorro, menor será la relación capital-producto, y menor también el crecimiento de la población potencialmente activa (también cuanto menor sea la tasa de depreciación) mayor podrá ser el aumento de la productividad y la tendencia del crecimiento de la renta *per capita*.

Los modelos de crecimiento endógeno indican la misma relación, aunque insistiendo en que al pleno empleo de trabajo y capital se accederá de forma automática siempre que se deje actuar a los mercados, siguiendo el pensamiento neoclásico.

La coincidencia entre ambas visiones se daría en que por más afinadas que sean las políticas económicas necesarias y por más que funcionen a la perfección los mecanismos automáticos, la tasa de crecimiento de la productividad y por lo tanto la tendencia de la tasa de crecimiento de la renta *per capita* sólo podrá ser muy elevada en la medida en que la tasa de ahorro también lo sea para que la relación entre el capital existente y el producto obtenido tome valores reducidos, y el ritmo de crecimiento de la población potencialmente activa sea moderado.

Para la corriente neoclásica el resultado será automático, mientras que para los keynesianos dependerá de la habilidad en el diseño y uso de la política económica. Para ambos *“la posibilidad de un elevado crecimiento sostenido de la renta per capita descansa en altas tasas de ahorro, en valores reducidos de la relación capital producto y en magnitudes pequeñas de crecimiento de la población potencialmente activa”*(GALINDO et al., 1994).

#### **1.1.4.- Los modelos ante las distintas realidades**

En el debate ideológico los modelos adjudicaron distintos roles para el Estado, *“en unos la intervención del Estado era absolutamente necesaria para diseñar una política económica que permita un crecimiento económico sostenido, mientras que otros sostienen que ese tipo de crecimiento económico se logrará de forma automática en la medida en que el Estado no interfiera con*

*el mercado*" (HISSONG, R, 1996). Sin embargo, ya sea porque funcionen los mecanismos automáticos o porque exista una intervención del Estado constante y hábil, el crecimiento sostenido dependerá de los valores que tome el ahorro, del tipo de tecnología existente y de los aspectos demográficos.

En los modelos de Harrod y Domar y en el planteo de Solow, los problemas esenciales se centraron en la coordinación económica y se prescindió, tanto del sector público como del sector exterior puesto que su introducción desviaba la atención del problema fundamental.

Al considerar la existencia de un sector público y un sector exterior el significado de la "tasa de ahorro" varía. Esa tasa de ahorro estará compuesta ahora, de la tasa de ahorro privado más la tasa de ahorro público (el superávit de ingresos menos gastos), más la tasa de ahorro exterior (el déficit de importaciones sobre exportaciones)

El aumento de la tasa de ahorro cobra ahora especial relevancia ya que eleva automáticamente la tasa de crecimiento de la productividad en los modelos neoclásicos de crecimiento endógeno también mediante habilidosas políticas económicas se lograría en los modelos keynesianos.

En países pobres donde la tasa de ahorro privado es muy baja, adquieren sentido políticas de ahorro público con altos impuestos en relación con el gasto del Estado. También se podría lograr mediante endeudamiento exterior con elevadas importaciones de maquinaria que permitan la mejora tecnológica imprescindible para el incremento estable de la renta *per capita*. Tales políticas actuarían de forma automática en la concepción neoclásica, pero bajo la perspectiva keynesiana, producirían a corto plazo profundas depresiones en la demanda efectiva y tendrían que ser cuidadosamente estudiadas y diseñadas para conseguir su objetivo final.

Para la visión de los economistas neoclásicos, dado que a largo plazo tanto el ahorro público como el exterior se anulan por el requerimiento de equilibrio presupuestario y de la balanza de pagos, únicamente el ahorro privado aparece como elemento potenciador de un crecimiento estable.

De la misma forma que un mayor ahorro público que se dedique a una amortización de la deuda o un déficit comercial que llene de productos de lujo importados las casas de los más ricos no tendrá la más mínima influencia en la tendencia del crecimiento de la *renta per capita*, un mayor déficit público dedicado al pago de sobresueldos y a prácticas de funcionarios corruptos que colocarán esas sumas en el exterior declinará el bienestar por dos motivos: en primer lugar porque reduce la tasa general de ahorro, y en segundo lugar porque tampoco se traduce en un aumento de la demanda efectiva interior.

Sin embargo hay un aumento del gasto público que, aunque tienda a disminuir en un primer impacto el crecimiento de la productividad en cuanto su influencia negativa sobre la tasa de ahorro global, tiende a mejorar ese crecimiento en la medida en que induce una la reducción de la magnitud de la relación capital producto. La relación capital-producto indica precisamente la magnitud necesaria de capital privado para producir una unidad de producto. Aquí el recurso junto al conjunto de leyes sociales, el mercado y las creencias cobran de nuevo toda su importancia.

Los gastos en ese Estado mínimo que garantiza la definición y defensa de los derechos de propiedad es un gasto que, aunque con incidencia negativa sobre el ahorro global, puede compensarlo en cuanto minimiza los gastos de capital necesarios para asegurar una producción que no será robada ni

explotada. También aparece el gasto público dirigido a corregir los elementos más indeseables del funcionamiento automático del mercado que reducirá sin duda la tasa de ahorro global, pero quedará compensado por la reducción en el capital necesario para reclutar una población sana, educada y pacífica que elevará la eficiencia del trabajo.

El gasto público vinculado al diseño de una política económica que garantice el pleno empleo del trabajo y capital reducirá sin duda la tasa global de ahorro, pero quedará compensado con la reducción del capital necesario para realizar una producción estable que siempre tendrá asegurada su demanda.

Bajo la perspectiva del Desarrollo Económico, el gasto público dirigido a la construcción de una sociedad en la que el mercado sólo sea una parte limitada del aspecto económico, reducirá por una parte el ahorro global, pero esa reducción quedará compensada por la disminución en el capital necesario para garantizar una producción que utilizará adecuadamente las infraestructuras y otros recursos públicos, y que estará protegida no por la actuación de un terrible y costoso de un Estado militar y policial sino por los valores imperantes en el tejido social. Una sociedad en fin articulada en torno a Leyes, Precios y Creencias en la que el mercado será más eficiente porque habrá encontrado su dimensión óptima.

## **1.2.- Modelos de Desarrollo y Crecimiento**

Establecidas las diferencias y similitudes entre Desarrollo Económico y Crecimiento Económico, se analizarán algunos modelos tanto de desarrollo como de crecimiento para poner de manifiesto la relevancia que tiene la tecnología como factor importante del desarrollo o del crecimiento.

### **1.2.1.- Ley de Say**

Si bien la ley de Say no puede encuadrarse en las teorías del desarrollo en función del anterior análisis realizado en el apartado 1.1.2 es a partir de la ley de Say que se comienza el análisis de las teorías del Desarrollo y por lo tanto merece que se le dedique un tiempo a su análisis.

Esta ley es una pieza fundamental de la economía clásica. Lleva ese nombre en honor de Jean Baptiste Say, economista francés que vivió entre los siglos XVIII y XIX, que presentó esta ley en su *Traité d'économie politique*.

Frecuentemente la ley de Say se resume en como: *"la oferta crea su propia demanda"* (SAY, 1826) como si el simple acto de ofrecer cualquier bien o servicio en el mercado garantizara la venta del mismo. Esta forma de expresarla puede llevar a confusiones, ya que la ley de Say no dice que los productores puedan arriesgarse a ignorar las preferencias de los consumidores tratando de transmitir la idea que los recursos productivos no permanecerán indefinidamente ociosos por falta de demanda agregada.

Adam Smith en el capítulo *De la acumulación del capital, o del trabajo productivo e improductivo*, del libro segundo de *La Riqueza de las Naciones*, afirma lo siguiente *"Los capitales se incrementan con la parsimonia y*

*disminuyen con la prodigalidad y disipación [...] Así como el capital de un individuo sólo puede incrementarse con lo que ahorre de sus ingresos o de sus ganancias anuales, el capital de una sociedad, que es el mismo de todos los individuos que la componen, sólo se puede incrementar de la misma forma [...] Lo que anualmente se ahorra se consume regularmente de la misma forma que lo que anualmente se gasta, y ello ocurre casi en el mismo período, pero lo hace gente distinta [...] La parte que anualmente se ahorra, se emplea inmediatamente como capital con el objeto de obtener beneficios, y se consume de la misma forma y aproximadamente en el mismo período de tiempo, pero por gente diversa, por trabajadores, manufactureros y artesanos que reproducen con un beneficio el valor de su consumo anual.” Un poco más adelante, Smith afirma que “el único fin del dinero es permitir la circulación de los bienes de consumo”(SMITH, 1776).*

Así Smith establece tres ideas sobre las que Say insiste en todas las ediciones de su Tratado:

- 1) el ahorro, promueve la acumulación de capital y el crecimiento, más que el consumo,
- 2) los ingresos se gastan o invierten en su totalidad;
- 3) la única función del dinero es la de ser medio de cambio.

Pero Say da un paso más, establece que los productos se pagan con productos y enfatiza la idea de que es la producción y no el consumo lo que crea riqueza. Say expresó su ley de mercados de muy diversas formas, pero ninguna de ellas resulta más esclarecedora que la siguiente: “[...] Un producto terminado ofrece, desde ese preciso instante, un mercado a otros productos por todo el monto de su valor. En efecto, cuando un productor termina un producto, su mayor deseo es venderlo, para que el valor de dicho producto no permanezca improductivo en sus manos. Pero no está menos apresurado por deshacerse del dinero que le provee su venta, para que el valor del dinero tampoco quede improductivo. Ahora bien, no podemos deshacernos del dinero más que motivados por el deseo de comprar un producto cualquiera. Vemos entonces que el simple hecho de la formación de un producto abre, desde ese preciso instante, un mercado a otros productos”(SAY, 1826).

En esa época Mill expresó el mismo argumento de forma más precisa centrándose en la idea de que el valor de la producción iguala al poder de compra. En su obra *Commerce Defended*, publicada por primera vez en 1808, James Mill se expresaba en los siguientes términos: “[...] Cada porción del valor de la producción anual de un país se distribuye en forma de ingreso de algún individuo. Y cada individuo del país hace compras, o algo que es equivalente a hacer compras, con cada céntimo que llega a sus manos. La parte que se destina al consumo se emplea, evidentemente, en hacer compras. Y la parte que se emplea en capital también. O bien se paga en forma de salarios a los trabajadores, que inmediatamente compran alimentos y otros bienes necesarios, o bien se emplea en la compra de materias primas. La totalidad del producto anual del país es, de este modo, empleado en hacer compras. Como la totalidad de la producción anual del país se pone en venta, entonces toda la renta nacional se emplea en comprar la totalidad de la producción; por grande que pueda ser la producción anual, siempre creará un mercado para ella ” (MILL, 1808).

Se puede resumir diciendo que la propensión al gasto es igual a uno para todo el mundo, o en otras palabras: los planes de gasto de cada individuo coinciden siempre y en todo momento con sus expectativas de ingreso. Esto, automáticamente, implica la identidad entre la oferta y la demanda agregadas. Dicha identidad se conoce habitualmente como identidad de Say.

La identidad de Say no excluye la posibilidad de excesos de oferta (o de demanda) de carácter local. Puede ocurrir que la gente deje de demandar un artículo y que quiera sustituirlo por otro. Como consecuencia de ello se encontraría un exceso de oferta en un mercado determinado y un exceso de demanda en otro mercado. Pero estos desajustes acabarían corrigiéndose a través de cambios en los precios relativos. Ricardo reflejó sus opiniones sobre esta cuestión en el capítulo 21 de sus *Principios* y en la voluminosa correspondencia que mantuvo con Malthus. Ricardo admite la posibilidad del atesoramiento, lo cual implica la desigualdad entre oferta y demandas agregadas. Ricardo apunta incluso a un proceso de ajuste cuando la demanda y la oferta agregadas no coinciden. Aún así, sostiene que los ahorros atesorados acaban siempre canalizándose hacia la inversión aún en ausencia del mencionado ajuste

En una referencia a Say, Ricardo se preguntaba: *“¿Están las líneas que siguen de acuerdo con el principio de Mr. Say?: –“Cuánto más abundante es el capital disponible en proporción al número de empleos que hay para él, tanto más bajará el tipo de interés sobre los préstamos”-*

A esto Ricardo objetaba: *“Si puede emplearse en un país capital en cualquier cantidad, ¿cómo puede decirse que (el capital) es abundante, en proporción al número de empleos que hay para el mismo?”(RICARDO, 1917).*

Es decir, Ricardo parece suponer que la acumulación del capital y el crecimiento de la producción tienen lugar con independencia del proceso de ajuste del tipo de interés.

Para John Stuart Mill la ley de Say deja de estar basada en una identidad y admite que la oferta y demanda agregadas no tienen que ser iguales en todo momento. No obstante, también reconoce que existen mecanismos de ajuste que garantizan la igualdad de la oferta y la demanda agregadas en condiciones de equilibrio. Esta es la idea que se conoce como igualdad de Say. La argumentación de Mill en torno a esta cuestión se encuentra desarrollada principalmente en su obra *Essays on Some Unsettled Questions of Political Economy*, que se escribió en 1830 aunque no se publicó hasta 1844.

Los economistas clásicos se preocuparon de la formación de los precios, de la asignación de los recursos y del crecimiento económico pero nunca prestaron mucha atención al problema del pleno empleo de los recursos productivos. En general se pensaba que el mecanismo de la competencia era suficiente para el logro del pleno empleo y que la infrautilización de los recursos sólo podría ocurrir de modo transitorio. El único entre los clásicos que aceptó la tesis del subconsumo y que no aceptó completamente el automatismo del pleno empleo fue de Malthus. Pero Malthus no logró desarrollar una posición coherente. Por esta razón, sus ideas al respecto desaparecieron de la corriente principal del pensamiento económico, hasta que Keynes las rescató.

En general, dentro de la corriente principal del pensamiento económico, existió hasta la época de Keynes la confianza en el carácter automático del

pleno empleo. Y la base teórica de dicha creencia fue durante mucho tiempo la ley de Say, de la cual se pretende derivar una tendencia al pleno empleo de los factores de producción. Este resultado se presenta a menudo como algo evidente.

Pero ciertamente, y sobre todo, si se ceñi a la identidad de Say es evidente que no se puede concluir nada acerca del nivel de empleo de los factores productivos a partir de un supuesto de comportamiento como el de la propensión marginal al gasto universalmente igual a uno. Tal supuesto sólo sirve para excluir, prácticamente por definición, la posibilidad de que haya un exceso generalizado de oferta o de demanda de bienes y servicios. Pero no dice nada acerca del nivel de empleo de los recursos disponibles.

Los argumentos de Mill sobre la ley de Say no quedaron consolidados del todo hasta bastantes años después. Hacia los años treinta del siglo XIX, el pensamiento económico había logrado decantar las dos vías de conexión entre el sector real y el sector financiero con bastante precisión. La obra de Wicksell permitió finalmente integrar ambos mecanismos y pudo demostrarse que la flexibilidad de precios y tipos de interés aseguraba el equilibrio automático en el mercado de bienes y servicios; al mismo tiempo que aseguraba la igualdad entre oferta y demanda de créditos y el equilibrio entre la oferta de saldos monetarios y la demanda correspondiente. Pero quedaba aún por demostrar que era posible un equilibrio simultáneo de los mercados de factores (pleno empleo de los recursos) y de los otros tres mercados básicos: bienes y servicios, crédito y dinero.

Hasta la época de Keynes se admitió, prácticamente como un supuesto, que la competitividad de los mercados de factores bastaba para garantizar la utilización plena de los mismos. De este modo la producción de pleno empleo podía considerarse como un dato a medio plazo. Implícitamente se estaba suponiendo que podían considerarse en forma separada de los mercados de factores. Y más concretamente del único factor variable relevante en estos modelos agregados: el de trabajo. Esto implicaba que se podía determinar un nivel de empleo que junto con el stock de capital determinaba la oferta agregada de bienes y servicios.

Por otra parte, si las variaciones de los precios de los bienes y servicios y las variaciones del tipo de interés garantizaban el equilibrio entre oferta y demanda agregadas, el resultado final era claro: el nivel de producción de pleno empleo podía considerarse como un dato determinado por la tecnología, el stock de capital y las condiciones del mercado de trabajo. La demanda agregada podía considerarse como una variable que se adapta pasivamente a la oferta.

Volviendo a la ley de Say, se puede concluir que no explica el pleno empleo de los recursos en ninguna de sus dos versiones. En su versión más primitiva (identidad de Say) introduce restricciones innecesarias en el comportamiento de los agentes económicos y no logra explicar el pleno empleo de los recursos. Y en su versión moderna (igualdad de Say) sólo dice que el mercado de bienes y servicios tiende a equilibrarse juntamente con los mercados de crédito y de dinero. En realidad la ley de Say no predice ninguna regularidad observable. Tan solo puede decirse que la ley de Say expresa la confianza en que un sistema de precios libres va a ser siempre capaz de coordinar todos los mercados y lograr el equilibrio simultáneo de todos ellos. Y si todos los mercados están en equilibrio, eso quiere decir que el mercado de

trabajo también lo está: todo el que quiere trabajar (a los precios vigentes) está empleado y no hay desempleo.

A pesar de todo, la polémica que tuvo lugar a lo largo del siglo XIX en torno a ley de Say ha desempeñado un papel importante en la historia del pensamiento económico. De hecho se puede considerar que fue uno de los primeros intentos de aproximación al problema del equilibrio general de la economía, aunque a un nivel muy intuitivo y desde una perspectiva excesivamente agregada.

### 1.2.2.- Teoría General de Keynes

Si bien la teoría de Keynes no habla en particular sobre crecimiento o desarrollo constituye el puente entre los postulados clásicos y las nuevas teorías, y por ello es interesante incluirla en este análisis.

Así como los postulados de Smith se oponen al mercantilismo y Marx crítica al capitalismo, Keynes ataca los fundamentos del *laissez faire*. Su libro *The General Theory of Employment, Interest and Money* contiene la esencia de su contribución a la teoría económica general. Esta teoría se sostiene sobre algunas ideas básicas (KEYNES, 1963), que se centran alrededor de lo siguiente:

- 1) El carácter general de la teoría de Keynes: Keynes se ocupa de *todos los niveles de empleo*, en contraste con la que el denomina teoría económica clásica, que se limita al caso especial del empleo total. Su propósito es explicar qué es lo que determina el volumen de empleo en un momento dado, ya sea empleo total, desocupación amplia o algún nivel intermedio. Intenta demostrar que la situación normal del capitalismo de *laissez faire* se desarrolla en una situación fluctuante de la actividad económica, que puede recorrer toda la gama que va desde el empleo total hasta la desocupación amplia, con un nivel característico bastante alejado del empleo total.

Otro aspecto es que explica la inflación con tanta facilidad como la desocupación, ya que ambos dependen fundamentalmente del volumen de demanda efectiva. Cuando la demanda es deficiente se produce desocupación y cuando la demanda es excesiva se produce inflación.

La mayoría de las diferencias de importancia entre la teoría clásica y la teoría de Keynes surgen de la diferencia entre el supuesto de que el empleo total es el normal y el supuesto de que lo normal es el empleo incompleto. Esta teoría se refiere a cambios del empleo y la producción en el sistema económico en su conjunto, en contraste con la teoría tradicional, que se refiere primordialmente a la economía de la empresa y la industria en particular. Keynes maneja estos conceptos sobre los volúmenes totales de empleo, de renta nacional, de producción nacional, de oferta total, de demanda total, de consumo social total, de inversión social total y de ahorro social total.

- 2) El papel del dinero: Según Keynes, el dinero desempeña tres funciones: medio de cambio, unidad de cuenta y acumulador de valor.

La función más importante para la economía monetaria es la función de acumular valor. Los que tienen más renta y riqueza que la que pueden consumir, acumulan el exceso de distintos modos, entre las que se cuentan: atesorar dinero, prestar dinero o invertirlo en algún tipo de bien de capital. Si optan por acumular su riqueza en forma de dinero, no obtienen renta, si prestan su dinero, perciben interés, y si adquieren un capital de inversión, esperan percibir beneficios.

Keynes dice que el dinero puede ser la forma más segura para acumular riqueza. Cuando los poseedores de riqueza expresan en general una preferencia por atesorar dinero más que por prestarlo o invertirlo, la producción de riqueza social real está en desventaja.

Esta preferencia por la posesión de dinero, más que por la posesión de riqueza rentable, sólo existe cuando el futuro económico es incierto.

- 3) *La relación entre el interés y el dinero:* Keynes plantea que el interés es la recompensa por transferir la disposición sobre la riqueza en su forma líquida. El tipo de interés depende de la intensidad del deseo de atesorar, o de lo que Keynes llama preferencia de liquidez, para fines especulativos. Cuando mayor sea la preferencia de liquidez, más elevado será el tipo de interés que hay que pagar. Así visto, el atesoramiento es uno de los fenómenos que se muestra de una manera completamente diferente cuando se mira desde la posición del individuo a cuando se mira desde el punto de vista de la economía en general. Un aumento de los tipos de interés tiende a reducir la demanda efectiva y en tiempos normales a originar desocupación.

El interés se ha considerado por los economistas clásicos como una recompensa al ahorro, es decir, una recompensa por posponer el consumo, más que como un premio para que haya liquidez.

- 4) *La inversión:* La producción que excede lo que se consume habitualmente, se llama inversión y comprende actividades como construir nuevas fábricas, nuevas casas, nuevos ferrocarriles y otros tipos de bienes que no han de ser consumidos con tanta rapidez como se producen. Esta distinción entre consumo e inversión es fundamental para el análisis de Keynes.

En términos más simples, afirma que el empleo depende de la cantidad de inversión, de donde la desocupación es originada por una inversión insuficiente. La inversión en la actividad ayuda a mantener la demanda de la producción existente de bienes de consumo. Si la inversión disminuye, se origina desocupación.

El empleo fluctúa, ante todo, porque fluctúa la inversión y la desocupación se origina por una insuficiencia de inversión. Si puede intervenir sobre el nivel de inversión, se interviene también sobre el nivel de empleo. Un nivel elevado de empleo depende de un nivel elevado de inversión. La clave para la comprensión de la teoría general de empleo se encuentra en la respuesta a esta pregunta: *¿Cuál es la causa de que la inversión fluctúe y de que esté característicamente por debajo de la cantidad necesaria para el empleo total?*

- 5) *La incertidumbre del futuro*: Keynes plantea la irracionalidad como causa de la inestabilidad, ya que hay una tendencia a lo abstracto que se deriva del hecho de que se sabe muy poco del futuro a largo plazo. Keynes llama a esto los juicios convencionales, que se convierten en la base del comportamiento del mercado.

Estos juicios implican una coincidencia general de opinión o la aceptación de una convención en lugar de un conocimiento genuino inexistente. Pueden proporcionar estabilidad mientras que la convención sea aceptada, pero al quebrarse la convención surge la inestabilidad. Al suponer que los inversores tienen un conocimiento presente del futuro completamente diferente del que tienen en realidad, la teoría clásica subestima "*los factores ocultos de la duda radical, la incertidumbre, la esperanza y el temor*".

Mientras que los economistas clásicos se ocupan del comportamiento racional en un mundo racional, Keynes se ocupa del comportamiento racional en un mundo irracional. Todas estas ideas conexas entran en una teoría del empleo, que es la esencia de la Teoría General, y que puede enunciarse del siguiente modo: "*En un mundo en que el futuro económico es sumamente incierto y en que el dinero es una forma importante de acumular riqueza, el nivel general de empleo depende de la relación entre los beneficios esperados de la inversión en bienes de capital y el premio de interés que hay que pagar para inducir a los poseedores de riqueza a transferir el dominio de su dinero. Si hay confianza en el futuro, habrá inversión real y el empleo tendrá un nivel elevado.*" (KEYNES, 1936)

Keynes sostiene que el volumen de empleo está determinado por la demanda efectiva y no por los contratos entre obreros y patronos y que las características peculiares de una economía monetaria desarrollada explican la desocupación. La explicación teórica de la desocupación se basa en el nexo entre los tipos de interés y la irracionalidad de las previsiones respecto de la inversión en bienes de capital duraderos.

La pobreza no provenía de la falta de recursos materiales, capacidad técnica o voluntad de trabajar, o porque estos tuvieran mal acoplados, sino por el modo equivocado en la manera de pensar y de conducir los asuntos económicos. Keynes buscaba un medio de prosperidad a través de la expansión monetaria, de la inversión pública y de otras formas de acción estatal. Esto se oponía al *laissez faire* tradicional, ya que no confiaba en la mano invisible que se suponía que guiaba a los hombres por la recta senda cuando perseguían su propio interés.

### **1.2.3.- Modelo de Harrod-Domar**

El modelo de Harrod (1939) y Domar (1946), amplía las ideas de Keynes, a través de la macroeconomía dinámica, es decir, el análisis de las fuerzas determinantes de las tasas de aumento de las principales categorías de la demanda (bienes de capital, exportaciones, etc.). En este sentido, según

Galindo y Malgesini (GALINDO et al., 1994), el modelo plantea la importancia de las expectativas, como factor que podría influir sobre dichas variables.

Este modelo, pretende dar un enfoque dinámico al aporte de Keynes, y establece un modelo que iba a ser punto de base para desarrollos posteriores, que intentaron mejorarlo a través de la introducción de nuevas hipótesis o variables. Este modelo se realizó de forma paralela e independiente, pero ambos planteamientos llegaron a conclusiones muy similares, aunque con algunas diferencias.

Los principales fundamentos del modelo desarrollado por Harrod son:

1.- El nivel de ahorro agregado ( $s$ ) ex-ante es una proporción constante de la renta nacional ( $Y$ ), de la siguiente forma:

$$S = sY$$

Con,  $s$ = propensión media al ahorro.

2.- La fuerza de trabajo crece a una tasa constante, pero sin que ello suponga la existencia de rendimientos decrecientes, sino que por el contrario, son constantes; con esto Harrod se aparta de los postulados clásicos.

Se establece, entonces, que la eficacia laboral, es decir, el número de trabajadores en unidades de eficiencia, aumenta a una tasa  $n'$ , lo que implica que:

$$n' = n + \lambda$$

3.- Se supone que existe una única combinación de capital ( $K$ ) y de trabajo ( $L$ ) dentro de la función de producción, no existiendo, además, progreso técnico que pudiese alterar dicha relación, ni siquiera depreciación en el capital;

4.- El capital es una parte del volumen de producción existente.

$$K = \nu Y$$

Con  $\nu$ = relación capital-producto.

Harrod, también se refirió al incremento de capital ( $\dot{K}$ ) asociado a un aumento en la producción ( $\dot{Y}$ ) de la siguiente manera:

$$\dot{K} = \nu \dot{Y}$$

$\nu$  es la relación marginal capital-producto, por lo que se podría considerar como el aumento efectivo en el stock de capital en un determinado período, dividido por el incremento efectivo de la producción.

En virtud de este supuesto el stock de capital que se genera debe ser aquel que los empresarios consideran adecuado en función de las necesidades y que se derivan del nuevo nivel de producción y renta.

Al no existir depreciación, la tasa de variación del capital  $K$  será igual al nivel de inversión, por lo que se puede expresar la inversión de la siguiente forma:

$$I = \nu \dot{Y}$$

En virtud de estos supuestos, se puede desarrollar el modelo propuesto por Harrod. Para ello, hay que considerar la condición de equilibrio según la cual el ahorro es igual a la inversión, es decir,  $I = S$ . Por tanto,

$$\nu \dot{Y} = s Y$$

De donde, se obtiene lo que Harrod denominó como *ecuación fundamental*.

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{s}{\nu}$$

Donde  $\dot{Y}/Y$  es la tasa de crecimiento de la renta nacional, que debe ser igual a la relación que existe entre la propensión media al ahorro y la relación capital – producto,  $\nu$ , siempre y cuando se desee que la economía mantenga el equilibrio entre la inversión y el ahorro a lo largo del tiempo.

A este tipo de crecimiento ( $\dot{Y}/Y$ ) se le denomina como tasa de crecimiento efectiva ( $G$ ). En el caso de que se suponga que  $s$  y  $\nu$  sean constantes también lo sería  $G$ .

Si en vez de considerar  $\nu$ , incorporamos  $\nu_r$ , es decir, el coeficiente de stock de capital requerido por las empresas teniendo en cuenta el crecimiento de la renta (o lo mismo, la relación marginal capital – producto), entonces se tiene:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{s}{\nu_r}$$

Denominando ahora a  $s/\nu_r$  como la tasa de crecimiento garantizada ( $G_w$ ), que según Galindo y Malgesini, es: *“aquel ritmo de crecimiento que de alcanzarse, dejará a los empresarios en una actitud que les predispondrá a mantener una evolución similar”*(GALINDO et al., 1994).

Al disponer de dos tipos de tasa de crecimiento, lo que interesa saber es la relación que existe entre  $G$  y  $G_w$ , que se expresa de la siguiente forma:

$$G\nu = s = G_w \nu_r$$

Para que ambas tasas de crecimiento coincidan, alcanzando un cierto equilibrio, resulta necesario que se cumpla que  $\nu = \nu_r$ . Ello implica que al crecer a un ritmo  $G_w$ , entonces el incremento del capital obtenido por los empresarios debe ser igual al requerido para satisfacer las necesidades del nivel de renta.

Según Galindo y Malgesini, el stock de capital que se posea se ajusta al deseado, cuando la producción aumenta siguiendo una tasa garantizada. Bajo estos supuestos, la tasa de crecimiento de la renta nacional, debe ser igual a la relación que existe entre la propensión media al ahorro y la relación marginal

capital–producto. Relación capital–producto definida como el coeficiente de stock de capital requerido por las empresas en función del crecimiento de la renta.

En síntesis, las conclusiones del modelo de Harrod, son las siguientes:

1. En principio se dispone de lo que se podría denominar *“trayectoria de equilibrio”* para la renta que es la que se debería tratar de alcanzar y para la que existe una cierta relación ahorro–renta. Obtenido esto, los empresarios estarán conformes con su situación y llevarán a cabo las inversiones necesarias.
2. Cualquier desviación que se produzca de dicha trayectoria dará lugar a desviaciones cada vez mayores de la misma, en lugar de acercamientos.
3. Existe un nivel de producto que crece a una tasa de crecimiento natural. Y para que exista un crecimiento sostenido y equilibrado con pleno empleo, esta tasa tiene que ser igual al crecimiento efectivo, que a su vez debe ser igual al crecimiento equilibrado.
4. El tipo de interés no tiene capacidad para corregir las desviaciones que se produzcan respecto a la trayectoria de equilibrio.
5. Finalmente, la inclusión de la tecnología como variable no altera las anteriores conclusiones.

De acuerdo al modelo de Harrod, las medidas que se podrían aplicar para mejorar el crecimiento de una economía, no debe partir de una política mixta, es decir, la combinación de medidas monetarias y fiscales. Lo principal, según este modelo, para generar crecimiento sostenido a largo plazo es reducir el ahorro, en otras palabras, evitar un nivel de ahorro que esté por encima de las necesidades que la economía requiere para conseguir el pleno empleo e introducir las innovaciones tecnológicas. Así pues, resulta imprescindible la reducción del ahorro y la política económica se debe orientar hacia eso.

Con respecto a la política fiscal, el modelo de Harrod sugiere distribuir mejor el nivel de ahorro dentro de la economía. El sector público tiene que ahorrar, si los agentes privados no lo hacen y llevar a cabo las inversiones necesarias con un bajo volumen de dicha variable necesaria sin tener que incurrir en una inflación de demanda derivada de una política fiscal expansiva.

Para que el Estado pueda ahorrar más debe traer fondos de los agentes privados, por lo que su demanda será menor y, en definitiva, los empresarios obtendrán menos ingresos. Pero, puede ocurrir que aquéllos no estén dispuestos a invertir más, por lo que el esfuerzo habrá sido inútil.

La solución que ofrece Harrod a esta perspectiva es la implantación de lo que denomina *“planificación indicativa”*, es decir, establecer una tasa de crecimiento que podría alcanzarse en cinco años, por ejemplo, y solicitar a los empresarios su opinión sobre ello, tratando de conseguir que se comprometan a cumplirlo. Si están de acuerdo se sigue adelante y el Estado garantiza que su demanda se mantendrá e incluso, llegado el caso, la aumentaría, para que las expectativas no se viesen afectadas.<sup>0</sup>

Bajo estos planteos, se deduce que la política fiscal y la política monetaria, unidas, pueden asegurar un crecimiento de la demanda agregada acorde con el potencial de oferta de la economía; pero no siempre pueden hacerlo sin llevar a una inflación de demanda, es en este sentido, donde la planificación indicativa tal vez sea capaz de lograrlo.

Domar formuló su modelo de crecimiento de forma independiente de los trabajos de Harrod, pero llegando a conclusiones muy similares. Domar partió de supuestos diferentes:

1.- La inversión determina el nivel efectivo de la renta a través del multiplicador, de la siguiente forma:

$$Y = \frac{I}{s}$$

$s$  = propensión marginal a ahorrar.

2.- La inversión es capaz de aumentar el nivel de renta potencial máximo ( $Y$ ), mediante un stock de capital mayor, suponiendo que no existe depreciación, es decir que

$$Y = \sigma I$$

3.- La inversión se modifica a través del comportamiento de los empresarios y puede verse favorecida mediante la evolución de la producción. Lógicamente, las pérdidas de capital o de los negocios no rentables que se hubiesen efectuado pueden perjudicar ese proceso inversor.

4.- La inversión a su vez puede generar capacidad productiva a un ritmo dado. Los errores en los procesos de inversión pasados, provocarán su eliminación dando paso a nuevos procesos. Si ello implica la existencia de un importante costo o desperdicio, provocaría un incremento menor de la inversión.

5.- Se supone que el empleo existente depende de la relación entre la producción efectiva y la capacidad productiva, aunque Domar establece la posibilidad de que apareciesen otros factores que pudieran afectar al empleo.

Teniendo en cuenta estos supuestos, el modelo se formula partiendo de la condición de pleno empleo, por lo que se cumpliría que  $Y = Y$ , o lo que es lo mismo:

$$\sigma I = \frac{I}{s}$$

Operando en dicha expresión tenemos que,

$$\sigma s = \frac{I}{I}$$

Esta ecuación muestra cuál debe ser la tasa de crecimiento de la inversión que consiga que la renta efectiva alcance su máximo nivel de

crecimiento potencial, teniendo en cuenta que  $\sigma$  y  $s$  son constantes. Se trata, como se puede comprobar, de una expresión muy similar a la que Harrod denominó como ecuación fundamental o tasa de crecimiento efectiva.

Las similitudes que presentan los modelos de Harrod y Domar, serían las siguientes:

1. En ambos casos se intenta dinamizar las ideas expuestas por Keynes. No aceptan los postulados neoclásicos.
2. Ambos modelos implican la existencia de una serie de dificultades a lo largo del tiempo que perjudican la posibilidad de alcanzar un crecimiento equilibrado con pleno empleo. Harrod indica que no existe ningún mecanismo seguro para evitar que una economía consiga igualar las tasas natural y garantizada, al ser esta última inestable. Por su parte Domar, señala que el problema radica en la existencia de una inversión con un nivel bajo para las necesidades de la economía.
3. Ambos incorporan una cierta inestabilidad en sus modelos. Para Harrod son las expectativas y su influencia sobre la función de inversión las que dan lugar a dicha inestabilidad. En el caso de Domar las limitaciones se ciernen sobre los incentivos para invertir.
4. Ambos economistas llegan a la misma conclusión, según la cual se encuentra una evolución de los países y de los acontecimientos que pueden conducir a una situación de depresión a largo plazo que genere un volumen de desempleo cada vez más elevado, junto con una infrautilización de los recursos.

Frente a estos elementos similares en ambos modelos, se ha señalado también que existen algunos aspectos diferentes, principalmente, el hecho que Harrod le interesa la propensión media a ahorrar, en cambio en el modelo de Domar se considera a la propensión marginal como relevante; Domar no determina de una forma implícita la función de inversión, mientras que Harrod desarrolla la teoría a través del acelerador.

Respecto al período de largo plazo, los dos autores plantean dos dificultades distintas a las que se tienen que enfrentar las economías. Para Harrod, va a ser la escasez de la mano de obra la que puede perjudicar el crecimiento. En cambio, para Domar es la escasez de inversión la que puede llegar a ser perjudicial. Finalmente, la visión respecto a la situación económica es también diferente. Mientras que para Harrod el desempleo es una de las situaciones habituales y su eliminación el objetivo básico, para Domar va a ser la capacidad productiva no utilizada de forma eficaz la que perjudica la evolución del país.

El modelo de Harrod se aproxima al problema del crecimiento económico con un tratamiento más realista al asumir que el progreso técnico puede considerarse como una propensión interna del sistema económico. El gran mérito del modelo de Harrod radica en no ser un esquema de equilibrio; sino una proyección hacia el largo plazo de algunos de los conceptos de la Teoría General de Keynes. La tasa de acumulación es una función de las decisiones empresariales encaminadas a realizar ganancias, sin ninguna

garantía de que el nivel de inversión se ajustaría a lo requerido en una economía de libre mercado.

La tasa garantizada de crecimiento del modelo de Harrod está basada en la doctrina de la demanda efectiva de Keynes; sólo puede entenderse en el contexto de la demanda efectiva insuficiente y del desempleo voluntario. Pero la experiencia disponible para los países en desarrollo sugiere que el desempleo no es del tipo keynesiano y, si existe desempleo, este sería de tipo estructural, es evidente que la formulación del modelo de Harrod no ofrecería un marco conceptual adecuado para entender las verdaderas razones del desempleo.

El problema del desempleo que preocupaba a Keynes se caracterizaba por la existencia de un exceso de capacidad instalada. El problema del desempleo de los países en desarrollo surge porque la capacidad productiva y la demanda efectiva nunca han estado a un nivel apropiado.

#### **1.2.4.- Modelo de Solow**

Solow opinaba que el enfoque tradicional del crecimiento económico que se desarrolló en los años cincuenta tenía como eje la acumulación del capital físico, la creación de grandes empresas, la producción en serie y a gran escala. A partir de él, emerge como variable el capital humano por su capacidad para generar nuevo conocimiento creando retornos crecientes a escala, lo que da lugar a la teoría del crecimiento endógeno.

En el modelo de Solow, el proceso de acumulación de conocimiento en el crecimiento económico tiene dos funciones diferentes. Primero: el progreso tecnológico, que puede ayudar a explicar el *"residuo de Solow"* (la parte del crecimiento del producto nacional que no puede ser atribuido a la acumulación de factores); y segundo: el progreso tecnológico permite que la formación de capital continúe creciendo. Según Weitzman (WEITZMAN, 1996), *"la nueva teoría del crecimiento determina el residuo de Solow y la relevancia de la endogenización del conocimiento"*.

Este modelo se ubica dentro de la postura neoclásica respecto al crecimiento, fue desarrollado a finales de la década de 1950, en un artículo publicado en el *Quarterly Journal of Economics*, Robert Solow describe una forma diferente de analizar el crecimiento. Este modelo pone en duda la conclusión central del modelo de Harrod, en el sentido de que el crecimiento es inestable en las economías de mercado debido a una tendencia crónica del exceso de ahorro sobre las necesidades del capital. Solow propone que el nivel del producto por habitante a largo plazo (estado estacionario) depende de la tasa de ahorro de la economía, que es la que determina el stock de capital y de la función de producción, que depende del estado de la tecnología.

En estado estacionario, la tasa de crecimiento de la producción agregada depende de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de progreso tecnológico, mientras que la tasa de crecimiento de la producción per cápita es independiente de la tasa de ahorro (inversión), y depende sólo de un cambio tecnológico exógeno. El modelo posee un punto estacionario único y estable, que será alcanzado en forma independiente de las condiciones iniciales, dado que si el progreso técnico se difunde por el mundo entero, es posible prever que habrá convergencia de las tasas de crecimiento per cápita y,

aún de los niveles de ingreso per cápita. En síntesis, predice que aquellas economías, cuyo capital por habitante es inicialmente bajo (regiones pobres), crecerán a tasas superiores que aquellas economías donde éste es mayor (regiones ricas). Ésta hipótesis se denomina de convergencia.

El modelo elaborado por Solow sirvió y sigue sirviendo como marco analítico para el desarrollo de otras investigaciones teóricas que analizan cuestiones abstractas relativas al funcionamiento del sistema económico de mercado, aún cuando tiene como punto de referencia al modelo de Harrod, modificó la problemática de conjunto: el modelo de Solow se caracteriza por ser un modelo de oferta en el cual los problemas de mercado están ausentes, el ahorro es igual a la inversión y además por hipótesis la ley de Say es verificada. En la literatura sobre crecimiento económico, este modelo se conoce como modelo neoclásico, pero también se lo ubica dentro de la síntesis clásico-keynesiana.

El modelo de Solow, parte de tres proposiciones:

- 1) La población y la fuerza de trabajo crecen a una tasa proporcional constante ( $n$ ), que se considera independiente de otras variables económicas.
- 2) El ahorro y la inversión son una proporción fija ( $s$ ) del producto neto en cualquier momento del tiempo.
- 3) por lo que se refiere a la tecnología, se supone que está afectada por dos coeficientes constantes, en concreto, la fuerza de trabajo por unidad de producto y el capital por producto (a este último, se le denomina  $k$ ).

En el modelo de Solow, lo relevante del crecimiento económico es la relación entre el capital y el producto. En el desarrollo del modelo, se establecen las siguientes hipótesis suponiendo que en la economía se fabrica sólo un tipo de bien, cuyo nivel de producción es la variable  $Y$ , además, se supone que al final todo el ahorro será invertido, lo que no incluye una función de inversión. Las hipótesis resultan en:

- 1) El ahorro se comporta de una forma proporcional a la renta;

$$S = sY$$

- 2) La inversión neta ( $I$ ) es la tasa de crecimiento de dicho stock de capital; es decir, se cumple que  $K = I$ . Como en equilibrio la inversión tiene que ser igual al ahorro, entonces,

$$K = sY$$

- 3) La función de producción recoge dos factores, capital y trabajo ( $L$ ), la cual se supone que es una función agregada, continua y con rendimientos constantes

$$y = f(k)$$

Con  $y = Y/L$  y  $k = K/L$ .

Se supone, además, que la productividad marginal del capital, es decir  $f'(k)$  es positiva para todo  $k$  y que disminuye cuando el capital por trabajador aumenta.

4) La fuerza de trabajo crece a un nivel proporcional constante y exógeno ( $n$ ), es decir que,

$$\frac{\dot{L}}{L} = n$$

Por su parte,  $L$  es el nivel de mano de obra disponible y que es equivalente a la siguiente expresión:

$$L = L_0 e^{nt}$$

Mostrando con el término  $t$  el período temporal.

A partir de esto, se puede obtener la ecuación fundamental del modelo de Solow:

$$K = sF(K, L),$$

O lo que es lo mismo:

$$K = sF(K, L_0 e^{nt})$$

Donde,  $K/L = k$  y sabiendo, por tanto, que  $K = k L_0 e^{nt}$  y diferenciando esta última igualdad respecto al tiempo, se tiene que:

$$\dot{K} = L_0 e^{nt} \dot{k} + nk L_0 e^{nt}$$

Sustituyendo, se obtiene:

$$(\dot{K} + nk) L_0 e^{nt} = sF(K, L_0 e^{nt})$$

Si los rendimientos son constantes a escala, se puede dividir el segundo miembro entre  $L$  que es igual a  $L_0 e^{nt}$ , por lo que:

$$(\dot{K} + nk) L_0 e^{nt} = s L_0 e^{nt} F\left(\frac{K}{L_0 e^{nt}}, 1\right)$$

Simplificando y despejando, se obtiene lo siguiente:

$$\dot{K} = sF(k) - nk$$

Esta es la ecuación fundamental del equilibrio neoclásico. En ella,  $s f(k)$  es el ahorro por trabajador, que se puede considerar como el flujo de inversión que acude por trabajador, ya dentro del modelo se supone que todo el ahorro se convierte en inversión. Por su parte,  $nk$  es la inversión necesaria para mantener constante la relación entre capital y trabajo, siempre que el número de trabajadores crezca a una tasa  $n$ .

Se tiene que la tasa de variación correspondiente a la relación que existe entre el capital y el trabajo,  $k$ , se determina a través de la diferencia entre el ahorro por trabajador y el ahorro necesario para mantener dicha relación constante, cuando crece la fuerza de trabajo.

El modelo de Solow, establece que el capital está relacionado de forma positiva con el ahorro y negativa con el incremento de la población e integra las partes de la formalización del equilibrio general con rendimientos constantes a escala (Walras), en competencia perfecta y admite la posibilidad de sustituir el capital y el trabajo ya que una determinada cantidad de producción puede ser obtenida a partir de diferentes combinaciones de capital y trabajo.

El modelo admite la igualdad entre el ahorro y la inversión, estando ausente el exceso o la insuficiencia de demanda, que era fundamental en el modelo de Harrod. Una de las conclusiones del modelo de Solow es que en el régimen transitorio, se observa una correlación entre la tasa de inversión y tasa de crecimiento, mientras que esta no depende de la tasa de inversión en el largo plazo.

En el modelo ampliado de Solow, la función de producción se expresa como:

$$Y = K^\alpha H^\lambda (AL)^{1-\alpha-\lambda}$$

Con  $Y$  = Producto,  $K$  = Capital físico,  $H$  = Capital humano,  $A$  = Nivel de tecnología y  $L$  = Trabajo.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\lambda$  son positivos, y  $\alpha + \lambda < 1$  y las variables trabajo ( $L$ ) y Nivel de tecnología ( $A$ ), crecen a tasas constantes  $n$  y  $x$ , respectivamente.

El producto puede ser usado para consumo o inversión en cada uno de los tipos de capital. Ambos tipos de capital se deprecian a la tasa  $\delta$ . En el modelo de Solow ampliado, también se asume que la inversión bruta en capital físico es la fracción  $s_k$  del producto y que la inversión bruta en capital humano es la fracción  $s_h$  del producto. Dividiendo la función de producción por  $AL$  se obtiene en términos de unidades efectivas por trabajador.

$$\hat{y} = \hat{k}^\alpha \hat{h}^\lambda$$

Ahora si se define  $\hat{z} = \hat{k} + \hat{h}$ , e se iguala los productos marginales netos:

$$\begin{aligned} f'_k &= \alpha \hat{k}^{\alpha-1} \hat{h}^\lambda \\ f'_h &= \lambda \hat{k}^\alpha \hat{h}^{\lambda-1} \end{aligned}$$

Se puede obtener la función de producción en términos de  $\hat{z}$

$$\hat{y} = \hat{A}^{\alpha+\lambda}$$

donde  $\hat{A} = \left( \frac{\alpha}{\alpha+\lambda} \right)^\alpha \left( \frac{\lambda}{\alpha+\lambda} \right)^\lambda$

Ahora, la ecuación fundamental del modelo de Solow ampliado toma la siguiente forma:

$$\frac{\dot{z}}{z} = (\alpha + \lambda) \frac{y}{z} - (\delta + n + x) z$$

Ahora dividiendo por  $z$  y tomando una aproximación log – lineal de la ecuación anterior en cercanías del estado estacionario:

$$\frac{\dot{z}}{z} = \alpha \left[ \log\left(\frac{z}{z^*}\right) \right] \frac{y}{z} \approx -\beta \left[ \log\left(\frac{z}{z^*}\right) \right]$$

Con,  $\beta = (1 - \alpha - \lambda)(x + n + \delta)$

El coeficiente  $\beta$  determina la velocidad de convergencia de  $z$  a  $z^*$ .

Ahora basado en el hecho de que:  $\frac{\dot{y}}{y} = (\alpha + \lambda) \frac{y}{z}$ , se puede expresar la ecuación anterior como:

$$\frac{\dot{y}}{y} \approx -\beta \left[ \log\left(\frac{y}{y^*}\right) \right]$$

El término  $\beta$  indica que tan rápidamente el producto por unidad efectiva de trabajador se aproxima a su valor de estado estacionario.

En los modelos que incluyen progreso tecnológico, el crecimiento es más rápido mientras más grande es el nivel de conocimiento humano acumulado. En el modelo de crecimiento de Solow, es posible reconocer tres factores determinantes del crecimiento: capital, progreso técnico y capital humano.

En el ámbito de la teoría del crecimiento, el problema del grado de desarrollo de una economía se consideró al principio un asunto vinculado con los niveles de producto y capital por persona con los que cuenta una economía, por lo tanto un país menos desarrollado se caracteriza por un producto o acervo de capital per cápita menor que el de uno desarrollado.

A partir del modelo de Solow, se debe indagar la posibilidad que países menos desarrollados alcancen, en el largo plazo, a los más avanzados: este es el terreno de los análisis de convergencia del crecimiento, Esta hipótesis de convergencia entre países avanzados y atrasados tecnológicamente y sus procesos de acumulación, tienen como base el modelo neoclásico de Solow–Swam.

### 1.2.5.- Leyes del Crecimiento de Kaldor

Se conoce como leyes del crecimiento de Kaldor a un conjunto de hechos observados por este, al analizar las experiencias de crecimiento económico de un grupo muy importante de países desarrollados. Estas leyes fueron presentadas con el objetivo de dar explicación a las diferencias que pudieran presentarse en las tasas de crecimiento durante períodos de crecimiento económico de un país. Estas leyes se refieren a los efectos positivos que genera la expansión del producto manufacturero en el conjunto

de la economía al inducir el crecimiento del resto de los sectores y elevar la productividad en todas las actividades económicas.

*La primera Ley de Kaldor* establece que la tasa de crecimiento de una economía está relacionada positivamente con la tasa de crecimiento de su sector manufacturero, considerando a este, el motor de crecimiento. La explicación de este vínculo se debe al alto efecto multiplicador del sector industrial, debido a las altas elasticidades ingreso de la demanda de las manufacturas; a los fuertes encadenamientos productivos de las actividades industriales y a las economías de aprendizaje que pueden obtenerse a medida que avanza la división del trabajo y se fortalece la especialización como resultado de la expansión de las actividades manufactureras. Esta primera Ley se ha expresado de manera alternativa como:

$$q_T = a_0 + a_1 q_M$$
$$q_{NM} = a_0 + a_1 q_M$$

Con  $q_T$  = tasa de crecimiento del producto de toda la economía,  $q_M$  = tasa de crecimiento de la industria manufacturera y  $q_{NM}$  = tasa de crecimiento de las actividades no manufactureras.

El hecho de que  $q_M$  esté contenido en  $q_T$  y que además sea parte considerable de éste implica que la correlación entre ambas variables puede resultar espúrea, por lo que es preferible que el contraste empírico de la Ley se realice utilizando la tasa de crecimiento del producto no manufacturero  $q_{NM}$  como variable dependiente en lugar de la correspondiente al producto total.

Con esto se previene que la correlación estimada sea espuria y se puede demostrar si la expansión manufacturera tiene un efecto de arrastre del resto de las actividades económicas. La primera Ley se valida si  $a_1$  es positiva y estadísticamente significativa, y se rechaza si cualquiera de estas dos condiciones no se cumple. No obstante, la simple relación estadística entre  $q_T$  y  $q_M$  o entre  $q_{NM}$  y  $q_M$  no es suficiente para afirmar que el crecimiento es dirigido por la demanda; además, es necesario establecer la dirección de causalidad y descartar otras posibles explicaciones.

*La segunda Ley, o Ley de Verdoorn* (en 1949 Petrus Johannes Verdoorn había postulado esta ley que lleva su nombre) indica que un incremento en la tasa de crecimiento de la producción manufacturera conduce a un aumento de la productividad del trabajo dentro del mismo sector, debido al proceso de aprendizaje que se deriva de una división del trabajo y una especialización mayores, asociadas a la ampliación del mercado, así como a las economías de escala de carácter dinámico provenientes de la incorporación del progreso técnico y de la mecanización de las actividades productivas.

*La tercera Ley* afirma que la productividad en los sectores no manufactureros aumenta cuando la tasa de crecimiento del producto manufacturero se incrementa. Este resultado puede explicarse a partir de diversos procesos: en primer lugar, la expansión de la industria manufacturera acrecienta la demanda de trabajo, la cual se satisface con trabajadores que se

encuentran en sectores tradicionales en una situación de desempleo disfrazado. En estos sectores tradicionales disminuye el empleo pero el producto no se reduce, lo cual produce un aumento de la productividad del trabajo. En segundo lugar, la transferencia de recursos de sectores de baja productividad a otros de alta genera un efecto favorable en la productividad agregada de la economía, ya que trabajadores poco productivos empleados en actividades tradicionales se convierten en fuerza laboral industrial más productiva.

*La cuarta y última Ley* se refiere a las causas por las que existen diferencias en las tasas de crecimiento en la producción manufacturera. En este sentido se concede gran importancia a los factores de oferta y demanda, especialmente al consumo, a la inversión y a las exportaciones. También se suele destacar el papel que tiene el factor trabajo en esta tarea, ya que, cuanto mayor sea el número y más productivo sea el factor trabajo, mayor será el crecimiento de la productividad.

Kaldor, muestra una teoría de la distribución alternativa a la keynesiana, que sirve además de pieza fundamental a la hora de desarrollar su modelo de crecimiento. De esta forma, la tasa de beneficio que genera una sociedad depende de la propensión al ahorro que se tenga respecto a la renta que proviene de los beneficios.

Kaldor (1963), enumera un grupo de factores que especifican el proceso que conllevan al crecimiento económico:

1. El crecimiento sostenido en el largo plazo del ingreso per cápita.
2. El crecimiento del capital físico por trabajador.
3. El hecho que la tasa de retorno del capital sea constante.
4. El aprovechamiento de las ventajas comparativas y el equilibrio dinámico.
5. La acumulación de capital físico y social.
6. El progreso tecnológico, la especialización del trabajo y el descubrimiento de nuevos métodos de producción.

La teoría del modelo de crecimiento elaborado por Kaldor, ha defendido la tesis que entre las regiones de un país donde prevalece la plena libertad de movimiento de los factores productivos, las restricciones de demanda, más que las de oferta, suelen ser el principal freno a la expansión económica. Según Ocegueda, se trata de *"un enfoque teórico en que el proceso de especialización productiva define las condiciones fundamentales del desempeño económico de largo plazo y la industrialización se alza como la estrategia fundamental para lograr el crecimiento económico"* (OCEGEDA, 2003).

En concreto, dicho modelo, se fundamenta en las siguientes ecuaciones:  
Una función de ahorro.

$$\frac{S}{Y} = (\alpha - \beta) \cdot \frac{B}{Y} + \beta$$

Con  $Y$  = renta bruta del período,  $\alpha$  = propensión marginal a ahorrar respecto a los beneficios ( $B$ ),  $\beta$  = propensión marginal a ahorrar respecto a los salarios aquí  $\alpha$  y  $\beta$  tienen valores entre 0 y 1

Una función que recoja el progreso técnico. en el que se muestre la relación que existe entre la tasa de crecimiento de la producción por trabajador ( $G\theta$ ) y la tasa de crecimiento del capital per cápita ( $Gk - \lambda$ ), de la siguiente forma:

$$G_{\theta} = \alpha' + \beta'(Gk - \lambda)$$

Una función de inversión: en la se refleje el volumen de inversión inducida que se necesita ante la variación del nivel de producción realizada en un momento anterior, de tal forma que se supone que esta inversión tendrá que conseguir que el crecimiento en la capacidad de producción en un determinado período de tiempo, por ejemplo  $t + \theta$  sea de la siguiente forma:

$$I(t + \theta) = [G_{\theta}(t) - \alpha'] \frac{K(t + \theta)}{\beta'} + \lambda K(t + \theta) + \mu \frac{d\left(\frac{Y(t)}{K(t)}\right)}{dt}$$

Con  $\lambda$  = tasa de crecimiento de la población y  $\mu$  otro parámetro.

Se puede observar que la tasa de crecimiento de la economía ( $G\theta$ ) es superior a la del capital ( $Gk$ ), por lo que  $Gk$  crecerá a lo largo del tiempo, lo que motiva que  $G\theta$  también lo haga y más que proporcionalmente.

Para tener una visión más completa del modelo de crecimiento de Kaldor, hay que considerar que la tasa de beneficios respecto al capital existente no puede ser inferior que el tipo de interés junto con el riesgo en el que se incurre por llevar a cabo la inversión correspondiente. Además, que el tipo de interés se determina dentro del mercado monetario, al enfrentar la demanda con la oferta monetaria, tal y como se establece dentro del análisis keynesiano.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, Kaldor llega a la conclusión de que el nivel óptimo de acumulación se alcanza en aquel momento en que el nivel de beneficio real sea igual a la tasa mínima de beneficio correspondiente a un tipo de interés determinado. Sólo en estas circunstancias los empresarios estarán dispuestos a introducir nuevas inversiones en las firmas y mejorar de esta forma el crecimiento sistémico.

Una de las reflexiones que emergen de esta propuesta es que cuando las regiones pobres crecen más rápido que las ricas puede encontrarse evidencia estadística favorable para esta Ley, sin que ello signifique que el crecimiento lo dirijan las fuerzas de la demanda. Esto se debe a que en los países o regiones de bajo ingreso per cápita el sector manufacturero tiende a crecer más rápido que los demás, mientras que los de altos ingresos en los servicios muestran un mayor dinamismo porque el progreso económico eleva la elasticidad del ingreso de estas actividades respecto de las manufactureras.

Se desprende de este planteamiento que las regiones de mayor crecimiento son las que expanden más rápido su sector manufacturero, característica compatible con el enfoque neoclásico que postula que las disparidades en las tasas de crecimiento se determinan desde el lado de la oferta.

La demanda por manufacturas y no las restricciones de oferta es lo que determina qué tan rápido crece la producción total. El reconocimiento del papel clave que juega el sector manufacturero, se basa en que el sector primario está gobernado por otro tipo de fuerzas y su tasa de crecimiento depende del progreso de las innovaciones que ahorren tierra. Aún más, las economías de escala son mucho más importantes en el sector manufacturero.

Para Kaldor, entre más alta es la tasa esperada de ganancia, mayor es el incentivo que tienen los empresarios para adoptar una técnica más intensiva en mano de obra. Esto está en conflicto con la visión neoclásica del problema; sin embargo, el problema es que la teoría tradicional no tiene en cuenta el riesgo y la incertidumbre, y en el mundo real estos elementos llevan a economías en las cuales los fondos se recuperan a través de las ganancias.

El problema de un crecimiento económico acelerado, según Kaldor, está relacionado con el suministro eficiente de un conjunto bastante amplio de bienes públicos e infraestructura. El principal freno al desarrollo no es la ausencia de incentivos sino la escasez de recursos.

### **1.2.6.- Modelos de Crecimiento Neo Keynesianos Joan Robinson**

Joan Violet Robinson pertenece al grupo de economistas más destacados del siglo XX, fue líder de la "Cambridge School", estuvo interesada en los problemas del subdesarrollo y en los años setenta sorprendió con sus alabanzas a la "gran revolución cultural" de la China maoísta. Los aportes de Robinson, mantuvieron una dura crítica a la postura de los modelos neoclásicos. En concreto, dicha crítica se centra en la obsolescencia de la teoría defendida por los autores que componen dicha escuela, al irrealismo de sus postulados, a los errores metodológicos y a los fallos empíricos.

Dentro del planteamiento defendido por esta autora, se destaca el papel significativo que juega lo que ella denominó *"el espíritu anímico esencial"* (ROBINSON, 1973) de las empresas, que es el verdadero motor inicial y determinante del proceso de acumulación y crecimiento. Con este concepto, la autora pretendía señalar que la economía podría obtener su equilibrio cuando se consiga un ritmo de acumulación con una determinada tasa de beneficio que alcance un suficiente volumen que le permita mantener dicho nivel.

En este caso, *"la economía está en un nivel máximo de crecimiento de los recursos, llegando al crecimiento con equilibrio de pleno empleo. Si la tasa deseada de acumulación es igual a la tasa posible, formada por la tasa de crecimiento de la población y por la producción por persona, y se inicia a un nivel próximo al pleno empleo y cuya composición de las plantas es adecuada a la tasa deseada de acumulación, entonces se mantiene un nivel que se acerca mucho al pleno empleo"* (ROBINSON, 1973), o sea la Edad de Oro. Según Robinson, *"La presión de la escasez de mano de obra, que eleva las*

*tasas salariales, induciría la realización de más inventos y aceleraría la difusión de los avances ya conocidos”.*

Hay que tener presente que los aportes de Robinson son de corte Keynesiano, ya que considera que es la demanda la que va a propiciar las situaciones de desocupación y de inflación en la economía. Así pues, una insuficiencia de la demanda agregada dará lugar a un mayor número de desempleados, pero, por el contrario, un menor nivel de inflación.

Según la autora, las principales causas que pueden propiciar el crecimiento en la economía son:

- 1) Las condiciones técnicas, la investigación y la mejora en la educación.
- 2) Las condiciones competitivas en la economía.
- 3) Los acuerdos salariales. Las alteraciones en los salarios provocan brotes inflacionistas. Pero frente a este comportamiento negativo, hay que considerar también que son la base para estimular la demanda del sistema.
- 4) La posibilidad de financiar la inversión, que puede facilitar o perjudicar la introducción de nuevos procesos en la industria para hacerla más competitiva.
- 5) El stock de capital inicial y las expectativas que se forman de la experiencia pasada.
- 6) Finalmente, Robinson considera la política de inversión que gracias a ella se podrá generar empleo.

Se considera que dicha inversión se realiza con independencia de los ahorros que se hayan producido. Una proporción mayor del ingreso que se ahorra, por parte de los capitalistas o de los asalariados, significaría que, dados el avance del conocimiento técnico y el crecimiento de la población, la Edad de Oro tendría de forma intrínseca una tasa de ganancia menor, a fin de asegurar la relación correcta con una tasa de crecimiento constante del capital (igual a la tasa del progreso técnico más la tasa de crecimiento de la población). Según Kahn, *“a cada momento dado, esta tasa de ganancia menor correspondería a un grado de mecanización mayor que el de la Edad de Oro ajustado al menor nivel de ahorro, y correspondería a un producto total mayor, con una producción mayor de bienes de consumo y con una tasa salarial mayor”* (HAHN, 1972).

Aquí, el concepto del instinto animal de Keynes desempeña un papel fundamental para el logro de la Edad de Oro en el modelo de Robinson. Según Keynes, *“Si el instinto animal desmaya... la empresa se marchitará y morirá”* (KEYNES, 1973). Son los impulsos y el emprendimiento de los individuos los que promueven el crecimiento, a través del riesgo, y son estas motivaciones las que generan el nacimiento de empresas, y es el instinto el que diferencia los agentes económicos. El emprendimiento es un proceso de largo plazo que requiere la conexión entre los sujetos involucrados en el tejido empresarial y los instrumentos de política, donde el instinto animal no es sólo la acción individual, sino también las acciones de las organizaciones para crear empresas. La capacidad empresarial designa la propensión de los miembros de un grupo, o

de los habitantes de una región, a fundar empresas y a hacer buenos negocios. Se trata de una habilidad que tienen algunos individuos de ver y realizar con mayor o menor rapidez planes de innovaciones y emprender la lucha contra los obstáculos que salen al paso cuando se inicia algo nuevo.

Este instinto animal puede considerarse conveniente por las siguientes razones:

- 1) Promueven el incremento del conocimiento científico. En este aspecto contribuyen a la tasa de crecimiento de la Edad de Oro.
- 2) Promueven la explotación del conocimiento científico, es decir, su conversión en conocimiento técnico. Esta es una forma importante en la que también se promueve el progreso técnico y el crecimiento de la Edad de Oro.
- 3) Promueven una visión optimista del futuro. En este sentido, los grandes instintos animales son incompatibles con las condiciones de una Edad de Oro, donde la perspectiva del futuro se determina por el conocimiento del presente y del pasado.
- 4) Sobre las bases de las expectativas dadas, los grandes espíritus animales fortalecen el impulso de la inversión. En este sentido, no son de ningún modo incompatibles con las condiciones de una Edad de Oro. Pero no ejercen ninguna influencia en la tasa de crecimiento, ya que su efecto se anula a causa de los términos en que se dispone del financiamiento.

El marco de la Edad de Oro es un procedimiento para realizar experimentos intelectuales y no una hipótesis. El principal mérito de este ejercicio es que permite imaginar un camino histórico y no necesariamente una condición de equilibrio, en el cual la tasa de acumulación, la tasa de crecimiento físicamente posible y las condiciones límites son compatibles entre sí. Su utilidad es que no sólo permite postular condiciones de equilibrio, sino poner en evidencia diversos tipos de desequilibrios.

La Edad de Oro indica un estado de cosas utópico que posiblemente no se encuentre en ninguna economía actual; pero que es necesario describir para mostrar cuán lejos están las economías capitalistas de la tranquilidad, la lucidez y la armonía. Las reglas de juego del sistema capitalista de producción se han desarrollado para que la acumulación del capital sea posible en condiciones de desequilibrio e incertidumbre, sin embargo, si una economía de libre empresa se somete a choques externos y contradicciones internas, posiblemente no sería capaz de sobrevivir. La supervivencia del capitalismo, según Robinson, hace evidente cierto grado de coherencia en el desorden reinante en ese sistema.

La capacidad empresarial designa la propensión de los miembros de un grupo, o de los habitantes de una región, a fundar empresas y a hacer buenos negocios. Se trata de una habilidad que tienen algunos individuos de ver y realizar con mayor o menor rapidez planes de innovaciones y emprender la lucha contra los obstáculos que salen al paso cuando se inicia algo nuevo y desconocido.

En los planteamientos de Schumpeter, se hace hincapié en las luchas competitivas, en la innovación y en el desequilibrio y, en contra de lo expresado por Marx, presenta al empresario capitalista como un verdadero revolucionario

y gestor del desarrollo. A la introducción de nuevas combinaciones, Schumpeter la llama empresa, a los individuos que desempeñan esta función los llama empresarios. Las innovaciones aparecen en enjambres, ya que las asumidas por los empresarios de mayor “instinto empresarial y de aventura” crean un estímulo favorable para que sea imitado por los otros que se muestran con “menor instinto”.

En condiciones de economía competitiva ideal, afirma Robinson, las perspectivas del beneficio por encima del promedio son un síntoma de que la demanda se ha ampliado más que la oferta en las líneas de producción en cuestión, o que el ahorro en futuros costos atribuible al uso de más capital es mayor por unidad de inversión en estas ramas que en otras. Así, el mecanismo nivelador de los beneficios de los empresarios funciona en tal forma que conduce a la corriente de recursos para inversión en los canales más útiles.

Para Robinson, el análisis del principio de aceleración es muy útil en el debate sobre crecimiento económico. Este principio indica que un incremento en el ingreso induce la inversión y, mientras que se acompañe con un incremento correspondiente en los recursos naturales aprovechados, un mejoramiento en la técnica y un incremento en la población ocupada, se correlaciona con la decisión de los empresarios de aumentar la tasa de producción de una mercancía y el propósito de invertir en capital circulante, lo que Robinson llamó modelo de progreso firme.

Desde el enfoque más tradicional y generalizado del crecimiento económico, los factores relacionados con el crecimiento económico son muchos, y éste se visualiza como un proceso de acumulación de capital físico. Según Robinson, esta visión se centra en la inversión, el ahorro necesario para financiarla y los canales financieros a través de los cuales estas variables se interrelacionan. En resumen, todas las teorías sobre crecimiento reconocen el papel central del proceso de ahorro–inversión y entre ellas, las teorías keynesianas, cuyo elemento distintivo es el papel determinante que le otorgan a la inversión y el papel subsidiario que confieren ahorro, que es percibido como una variable que se ajusta, a través de distintos mecanismos, a las demandas de fondos inversionistas.

Se resaltan en este modelo, tres factores que inciden en la inversión y a través de ella, en el crecimiento:

- 1) El principio de la eficiencia marginal del capital, que resume los factores de rentabilidad e incertidumbre que influyen en las decisiones de inversión.
- 2) Los canales financieros que facilitan, u obstaculizan, la concreción de dichas decisiones, pero a su vez generan restricciones, incertidumbres o inestabilidades adicionales.
- 3) El principio del acelerador, que transmite los efectos que ejerce la demanda agregada sobre la inversión y, por ende, amplifica las propias repercusiones de la inversión sobre la demanda.

Las relaciones entre ahorro, inversión y crecimiento operan a nivel agregado en múltiples direcciones y originan, a través del mecanismo del acelerador, círculos virtuosos o viciosos: un mayor nivel de inversión genera

más crecimiento, que a su vez induce un incremento de la inversión, eleva el ahorro y facilita el financiamiento de mayores niveles de inversión, ya que en cada cadena hay evidencia que sustenta las líneas causales keynesianas, según las cuales la elevación de los niveles de ahorro es un efecto más que una causa del mayor crecimiento económico. Los factores macroeconómicos y estructurales que explican el comportamiento del ahorro y la inversión juegan, por lo tanto, un papel decisivo para determinar en qué medida un impulso del crecimiento resulta o no sostenible a lo largo del tiempo, o en otras palabras, en qué medida se traduce efectivamente en el desarrollo de un nuevo patrón de acumulación de capital y crecimiento económico, y no meramente en una recuperación cíclica.

Hay dos grandes interpretaciones de este concepto de estructura: la primera es considerar como una estructura, a la red de relaciones interpersonales, que fundamentan el entramado económico de una sociedad donde estas relaciones comprenden las conductas y creencias comunes que enmarcan las acciones económicas; la segunda es concebir a la estructura como un conjunto de relaciones entre magnitudes económicas como el producto, la población y la tecnología.

Otra contribución importante dentro de la teoría del crecimiento postkeynesiano es la que desarrolló M. Kalecki, cuyas publicaciones tratan de los ciclos económicos y también ha aplicado el análisis matemático de la dinámica económica, utiliza ampliamente conceptos clásicos y marxistas, interesándose por los conflictos de clase, la distribución de la renta y la competición imperfecta. Este economista polaco teórico presentó su modelo de crecimiento, donde el rasgo principal es que la inversión juega un papel fundamental. Para Kalecki, *“a pesar de la relevancia que tiene la variable inversión, ésta no depende del multiplicador, como en el planteamiento de Harrod, sino que va a estar relacionado con el ciclo económico, que se ve afectado por las modificaciones en el proceso inversor, y éste a su vez habrá de considerarlo dentro del contexto de un país que está creciendo”* (KALECKI, 1962). En definitiva, para crecer hay que incorporar nuevo capital al ya existente. Así pues, se ingresa en un proceso continuo donde para crecer hay que invertir, y al invertir modificamos el ciclo económico que puede generar mejores expectativas de crecimiento, que a su vez darán lugar a una variación en la inversión.

Kalecki, al igual que Keynes, considera que una mayor población podría ampliar las posibilidades de producción a largo plazo, y no creía que la demanda efectiva se mantendría o incluso aumentaría, sino que ese mayor número de habitantes provocaría una caída de los salarios, que da lugar a unos precios más reducidos a largo plazo. Y si los bancos no reducen el volumen de dinero que prestan, generará una caída en el tipo de interés que provocará una mayor inversión y, en consecuencia, unos beneficios mayores que conducirán a un aumento en el empleo que se supone producirán pleno empleo en ese momento.

De los planteamientos realizados por Robinson, se desprende que la función empresarial, por su propia naturaleza y definición, es siempre competitiva. Quiere ello decir que, una vez que se descubre por el actor una determinada oportunidad de ganancia y éste actúa para aprovecharse de la misma, dicha oportunidad de ganancia tiende a desaparecer, de manera que no puede ser apreciada y aprovechada por otros actores. Igualmente, si la

oportunidad de ganancia sólo se descubre de forma parcial, o habiéndose descubierto en su totalidad sólo es aprovechada de parcialmente por el actor, parte de dicha oportunidad quedará latente para ser descubierta y aprovechada por otros actores.

El proceso social es, por tanto, competitivo, en el sentido de que los diferentes actores rivalizan unos con otros, de forma consciente e inconsciente, para apreciar y aprovechar antes que los demás las oportunidades de ganancia. Por lo tanto, todo acto empresarial descubre, coordina y elimina desajustes sociales y, en función de su carácter esencialmente competitivo, hace que esos desajustes, una vez descubiertos y coordinados, ya no puedan volver a ser percibidos y eliminados por ningún otro empresario.

Podría pensarse erróneamente que el proceso social movido por los empresarios podría llegar, por su propia dinámica a detenerse o a desaparecer, una vez que la fuerza empresarial hubiese descubierto y agotado todas las posibilidades de ajuste social existentes. Sin embargo el proceso empresarial de coordinación social jamás se detiene ni agota. Esto es así porque el acto coordinador elemental consiste básicamente en crear y transmitir nueva información que por fuerza ha de modificar la percepción general de objetivos y medios de todos los empresarios implicados. Esto, a su vez, da lugar a la aparición sin límite de nuevos desajustes que hacen surgir nuevas oportunidades de ganancia empresarial, y así sucesivamente, en un proceso dinámico que nunca se termina y que constantemente hace avanzar la civilización.

Así pensada, la sociedad es un proceso, o una estructura dinámica, de tipo espontáneo, no diseñado conscientemente por nadie y muy complejo, pues está constituido por millones y millones de personas con una infinita variedad de objetivos, gustos, valoraciones y conocimientos prácticos, todos ellos en un continuo cambio de interacciones humanas, o de sus relaciones de intercambio que a menudo se plasman en precios monetarios y que siempre se efectúan según unas normas, hábitos, o pautas de conducta, impulsadas por la fuerza de la función empresarial, que constantemente crea, descubre y transmite información y conocimiento, ajustando de forma competitiva los planes contradictorios de los seres humanos.

### **1.2.7.- Modelo de la Escuela Austriaca, Hayek**

La Escuela Austríaca y F.A. Hayek, quien ha sido una de las figuras intelectuales más importantes del siglo XX, como filósofo multidisciplinario, pensador liberal y premio Nobel de Economía en 1974, autor de una amplísima obra que está teniendo una gran influencia en los más variados ámbitos, no sólo económicos, sino también filosóficos y políticos, concluyen que no son acertadas muchas predicciones que se han escrito sobre los límites del crecimiento económico por parte de economistas físicos que ignoraron principios básicos de la economía. Un análisis correcto de los límites físicos al crecimiento sólo es posible si se aprecia la contribución de Hayek, según la cual lo que un sistema económico produce, más que cosas materiales es un conocimiento inmaterial.

El objeto de la Ciencia Económica consistiría en estudiar este proceso social tal y como ha sido definido. Así, los economistas austriacos consideran

que el objetivo esencial de la economía consiste en analizar cómo gracias al orden social espontáneo nos aprovechamos de un enorme volumen de información práctica, que no está disponible en ningún lugar de forma centralizada, sino que se encuentra dispersa o diseminada en la mente de millones de individuos. La finalidad de la economía consiste en estudiar este proceso dinámico de descubrimiento y transmisión de información que es impulsado por la función empresarial y que tiende a ajustar los planes de los seres humanos, haciendo con ello posible su vida en sociedad.

La esencia del proceso social, según Hayek, se basa en la información o conocimiento, de tipo personal, práctico y disperso, que cada ser humano, en sus circunstancias particulares de tiempo y espacio, descubre en todas y cada una de las acciones humanas que emprende para alcanzar sus fines y objetivos particulares, y que se plasman en las etapas de ese camino que supone la vida de cada ser humano. Pero en este camino, la información nunca está dada, sino que se crea paso a paso por los empresarios a través de un proceso dinámico, que los economistas deben estudiar.

Hayek, en dos trabajos importantes: *"The meaning of competition"* (1946) y *"Competition as a discovery procedure"* (1968), abandona el concepto de competencia perfecta neoclásica y propone, siguiendo en esto la tradición austriaca de origen escolástico, un modelo dinámico de competencia, entendida como un proceso de descubrimiento de información. En este modelo, se genera un proceso dinámico de coordinación empresarial que, eventualmente, llevaría hacia un equilibrio que, sin embargo, en la vida real nunca se puede alcanzar. De esta forma, se logra un proceso de interacción empresarial capaz de generar crecimiento económico, y que parte del desequilibrio, que más que una imperfección o fallo del mercado, de hecho es la más natural característica del mundo real y que, en todo caso, el proceso real de mercado es mejor que cualquier otra alternativa posible.

Los principales problemas teóricos que han identificado los economistas de la Escuela Austriaca en el grupo de teóricos de los fallos del mercado es que, y haciendo ahora abstracción del análisis de la elección pública, en primer lugar, no tienen en cuenta que las medidas de intervención que preconizan para aproximar el mundo real al modelo de equilibrio pueden llegar a afectar de forma negativa, al proceso empresarial de coordinación que se da en el mundo real y en segundo lugar, que presuponen que el responsable de la intervención pública puede llegar a disponer de una información muy superior a la que cabe concebir que pueda alcanzar en la teoría.

Las principales características del enfoque de Hayek, son:

1. El tiempo juega un papel esencial.
2. El capital se concibe como un conjunto heterogéneo de bienes de capital que constantemente se gastan y es preciso reproducir.
3. El proceso productivo es dinámico y está desagregado en múltiples etapas de tipo vertical.
4. El dinero afecta al proceso modificando la estructura de precios relativos.
5. Se explican los fenómenos macroeconómicos en términos microeconómicos (variaciones en los precios relativos).

6. Dispone de una teoría sobre las causas institucionales de las crisis económicas que explica su carácter recurrente.
7. Dispone de una elaborada teoría del capital.
8. El ahorro juega un papel protagonista y el tipo de tecnología que se usará.
9. La demanda de bienes de capital varía en dirección inversa a la demanda de bienes de consumo. Toda inversión exige ahorro y, por tanto, una disminución temporal del consumo.
10. Se supone que los costos de producción son subjetivos y no están dados.
11. Se considera que los precios de mercado tienden a determinar los costos de producción y no que los costos de producción determinen los precios de mercado.

Para los economistas austríacos, el ciclo económico no es ni un fenómeno externo, como propone la escuela de Chicago, producido por cambios no anticipados, shocks reales, etc., ni endógeno, como creen los keynesianos, como resultado de rigideces nominales o reales, o de la hipótesis del salario de eficiencia, etc. Para ellos, el ciclo económico es el resultado de instituciones monetarias y crediticias, como Bancos Centrales, que aunque hoy se consideran típicas del mercado, no han surgido de su evolución natural sino que actúan generando desajustes en el proceso de coordinación ínter temporal del mercado.

### **1.2.8.- Modelos basados en la Teoría del Crecimiento Endógeno**

La teoría económica no ha construido una verdadera política de crecimiento, aunque se han hecho muchos esfuerzos. Este vacío se explica por que la convergencia hacia el crecimiento económico es un juego de oferta y demanda y se basa en la interacción y en la combinación eficiente de distintas variables y diferentes agentes dentro de un mercado. La convergencia hacia un desarrollo auto sostenido precisa de variables determinantes como: la inversión en capital humano, el régimen de incentivos, recursos financieros, información oportuna y el ordenamiento institucional. Las políticas de promoción se deben basar hoy en día en incentivos de carácter horizontal: suministros de información sobre mercados y en cuanto a la financiación, las políticas se encaminan a garantizar disponibilidad, liquidez y orden macroeconómico

La teoría del crecimiento endógeno asigna un papel importante al capital humano como fuente de mayor productividad y crecimiento económico. Se distinguen dos efectos importantes del capital humano sobre el crecimiento económico. El primero, es el efecto interno que genera mayor productividad que el empleado adquiere a nivel intra-firma cuando cuenta con mayores niveles de educación o entrenamiento en sus labores y el segundo se basa en el beneficio generado por mayores niveles de escolaridad en la sociedad o por innovaciones tecnológicas que se difunden libremente entre las empresas

Asimismo, los modelos de Romer (1986), Lucas (1988), y Barro (1991) establecieron que por medio de externalidades como la introducción del capital

humano, se generaban convergencias hacia un mayor crecimiento económico en el largo plazo, aunque es necesario tener en cuenta que el efecto productivo de la educación varía según el grado de desarrollo económico de los países, dándose el caso de algunos países donde la contribución de la educación depende en gran medida de la capacidad del país para convertirse en un fuerte exportador. Así, el conocimiento se constituye en un nuevo factor acumulable para el crecimiento, sin el cual el capital físico no se ajusta a los requerimientos del entorno económico.

En la mitad de la década de 1980, un grupo de teóricos del crecimiento, liderados por Paul Romer mostraron su insatisfacción en las explicaciones que se ofrecían para explicar el crecimiento de largo plazo en las economías con variables exógenas. Esta insatisfacción motivó la construcción de modelos de crecimiento económico, en los que los determinantes del crecimiento eran variables endógenas. Romer, realizó aportes sobre como la tecnología, la innovación, el desarrollo y la investigación, presentan un proceso importante de endogenización y de convergencia, también consideró el conocimiento como un factor de producción más, con el que se incrementa la productividad marginal, además, el resto de las empresas pueden acceder a ese nuevo conocimiento mejorando su propia productividad marginal. Así, desde la perspectiva de Romer, se encuentra cómo ese nuevo conocimiento permite mejorar la situación de las empresas, lo que establece un crecimiento dentro del conjunto sistémico de la economía.

En los modelos de Romer, se introduce el concepto del "*Learning by doing*", el cual fue introducido por Arrow en 1962, en estos modelos donde el incremento de la producción o de la inversión también contribuyen en la productividad del mismo modo. Más aún, el aprendizaje de un productor podría incrementar la productividad sistémica, por medio del spillovers de conocimiento. Una firma que incrementa su capital físico aprende simultáneamente cómo producir eficientemente. Este efecto positivo de experiencia en productividad es denominado *Learning by doing* o, en este caso, *Learning by investing*.

Esta función se puede considerar con un modelo de producción neoclásico:

$$Y_i = F(K_i, A_i L_i)$$

Con,  $L_i$  y  $K_i$  representando los factores de producción del trabajo y del capital y  $A_i$  = índice de conocimiento desarrollado por cada firma.

Esta función satisface las propiedades del modelo neoclásico: positiva, con producto marginal decreciente de cada input y con retornos constantes a escala.

Se asume que el conocimiento es un bien público y que cualquier firma puede acceder a ésta con costo cero. Esta condición implica que un cambio en el término  $A_i$  de cada firma se expande por todo el sistema productivo y, de esta forma, es proporcional a un cambio en el stock de capital  $K$ .

Si se combina el concepto de *Learning by doing* y el conocimiento spillovers, entonces se puede reemplazar  $A_i$  por  $K$  y formular la función de producción para cada firma  $i$  como:

$$Y_i = F(K_i, K^* L_i)$$

Si  $K$  y  $L_j$  son constantes, entonces cada firma muestra rendimientos decrecientes en  $K_j$ . Sin embargo, si cada productor expande  $K_j$ , entonces  $K$  muestra el spillovers de la productividad de todas las firmas en el sistema.

Lucas, en 1988, concede gran importancia al papel que tiene el capital humano dentro del proceso de crecimiento. Según él, las acciones y comportamientos de los individuos tienen un efecto muy importante sobre la economía.

La función de producción del modelo de Lucas, según la representación hecha por Barro y Sala-i-Martin en 1995, es:

$$Y_j = A * (K_j)^\alpha * (H_j)^\lambda * H^\varepsilon$$

Con  $0 < \alpha < 1$ ,  $0 < \lambda < 1$  y  $0 \leq \varepsilon \leq 1$ . Las variables  $K_j$  y  $H_j$  son los inputs del capital físico y humano utilizado por cada firma  $j$  en la producción de bienes  $Y_j$ . La variable  $H$  es el promedio del nivel de capital humano; el parámetro  $\varepsilon$  representa los efectos externos del promedio del capital humano de la productividad de cada firma. El capital físico se deprecia a una tasa  $\delta$ . La función de producción para el capital humano es:

$$(I_H) = BH_j$$

Con,  $H_j$  = capital humano empleado por el productor  $j$ . El capital humano también se deprecia a una tasa  $\delta$ .

En el modelo de Barro se desarrolla un modelo de crecimiento económico de largo plazo sin variables exógenas en la tecnología o en la población. Un factor general de estos modelos es la presencia de retornos crecientes y constantes en los factores que pueden ser acumulados. Este modelo de crecimiento económico presenta retornos constantes del capital. La representación de la función, con agentes de vida infinita en una economía cerrada busca maximizar la utilidad, así:

$$U = \int_0^{\infty} u(c) e^{-\rho t} dt$$

Con  $c$  = consumo per cápita, con una población, la cual corresponde al número de trabajadores y consumidores, es constante.

La función de utilidad es igual a:

$$U(c) = \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma}$$

Con  $\sigma > 0$ , y la utilidad marginal tiene elasticidad constante  $-\sigma$ . Cada productor tiene acceso a la función de producción,

$$y = f(k)$$

En esta ecuación,  $y$  es el output por trabajador y  $k$  es el capital por trabajador.

La maximización de la utilidad, implica que la tasa de crecimiento del consumo en cada punto en el tiempo es dado por:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} * (f' - \rho)$$

Donde  $f'$  es el producto marginal del capital.

Se establecen rendimientos decrecientes a escala ( $f'' < 0$ ) y se puede asumir retornos constantes de capital, por lo que se obtiene,

$$y = Ak$$

Donde  $A > 0$  es el producto neto marginal del capital.

Según Barro, la inversión en capital humano incluye educación y capacitación laboral, el capital humano y no humano no necesitan ser un sustituto perfecto en la producción. De esta forma, la producción podría mostrar rendimientos a escala en los dos tipos de capital, si se toman en forma conjunta, pero tiene rendimientos decrecientes a escala si se toman de forma separada.

Sustituyendo  $f' = A$  en la ecuación que maximiza la utilidad, encontramos:

$$\gamma = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} * (A - \rho)$$

Con  $\gamma$  = tasa de crecimiento per cápita.

Incorporando en el análisis al sector público, representado en el modelo de Barro por  $g$  y estableciendo retornos constantes a escala, la función de producción es:

$$y = \Phi(k, g) = k * \Phi\left(\frac{g}{k}\right)$$

Donde  $\Phi$  satisface la condición de rendimientos decrecientes marginales del producto y positivos, así que  $\Phi' > 0$  y  $\Phi'' < 0$ . Barro, asume en su modelo introduciendo el gasto de gobierno  $g$ , una función de producción de la siguiente forma:

$$\frac{y}{k} = \Phi\left(\frac{g}{k}\right) = A * \left(\frac{g}{k}\right)^\alpha$$

Donde,  $0 < \alpha < 1$

La idea general de incluir  $g$  como un argumento separado de la función de producción es que los *inputs* privados, representados por  $k$ , no son sustitutos cercanos a los *inputs* públicos. Rebelo propone un modelo en donde existen dos tipos de factores productivos: reproducibles, los cuales pueden ser acumulados en el tiempo, como son el capital físico y el capital humano, y los no reproducibles, como la tierra. La cuantificación de todos los factores no reproducibles serán totalizados en  $Z_t$ , lo que puede ser visto como una composición de varios factores de capital humano y físico. Los factores no reproducibles se totalizan en la variable  $T$ . La economía tiene dos sectores de producción. El sector capital utiliza una fracción  $(1-\Phi_t)$  del total del stock de capital para producir bienes de inversión ( $I_t$ ) con una tecnología que es lineal en el stock de capital:  $I_t = AZ_t(1-\Phi_t)$ . El capital se deprecia a una tasa  $\delta$  y la inversión es irreversible ( $I_t \geq 0$ ):  $\dot{Z}_t = I_t - \delta Z_t$ .

La función de producción del consumo de la industria está expresada por una función:  $C_t = B(\Phi Z_t)^\alpha T^{1-\alpha}$ . Esta tecnología permite al capital crecer a una tasa que oscila entre  $A-\delta$  (la parte de acumulación) y  $-\delta$  (la parte en la cual la producción es consumida), y el consumo crece a una tasa proporcional:  $g_c = \alpha g_z$ .

La economía tiene una población constante compuesta de un largo número de agentes idénticos que buscan maximizar la utilidad, definida como:

$$U = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} dt$$

Esto implica que el crecimiento óptimo de la tasa de consumo ( $g_{ct}$ ) es sólo una función de la tasa de interés real ( $r_t$ ):  $g_{ct} = (r_t - \rho) / \sigma$ .

Las teorías del crecimiento endógeno toman impulso en un escenario donde la variable acumulación de conocimiento es el factor determinante del progreso. La característica fundamental de este aporte es no considerar el progreso técnico como un factor que está determinado en forma exógena. Contrario al caso de los modelos de Harrod-Domar y Solow, en los que el progreso técnico no es tan relevante, como si lo es el nivel de ahorro, por lo que las economías deben fomentarle para mejorar su situación. Autores como Arrow, señalaron que el progreso técnico presenta un comportamiento endógeno motivado por los efectos que genera sobre el mismo un mejor conocimiento de los hechos y el aprendizaje.

En estos modelos el progreso tecnológico es más rápido mientras más grande es el nivel de conocimiento humano acumulado; por lo tanto, el crecimiento del ingreso tenderá siempre a ser más rápido, si:

- 1) Se tiene un stock de capital relativamente grande
- 2) se tiene una gran magnitud de población educada

- 3) un ambiente económico que es favorable para la acumulación de conocimiento humano.

Estos factores condicionan que la segunda derivada del Producto Marginal del Capital sea igual o mayor que cero, estableciendo rendimientos constantes a escala, situación contraria a los modelos de Solow–Swam, en donde la segunda derivada es menor a cero. En el modelo de crecimiento endógeno, se obtiene la condición Inada, en la cual el límite del capital es igual a cero cuando tiende a infinito la primera derivada del capital.

El planteamiento, asumiendo que la producción está en función de los factores de producción capital y trabajo y que existen rendimientos constantes a escala, será:

$$Y = K^* f(H/K)$$

Donde,  $f'(H/K) > 0$

Se asume, con esta formulación, que la renta de los factores que pagan las firmas competitivas para el uso de los dos tipos de capital son  $R_K$  y  $R_H$ , que se establecen así:

$$\partial Y / \partial K = f'(H/K) - (H/K) * f''(H/K) = R_K,$$

$$\partial Y / \partial H = f''(H/K) = R_H$$

Teniendo en cuenta la depreciación, se obtiene:

$$f'(H/K) - f''(H/K) * (1 + H/K) = \delta_K - \delta_H$$

Esta condición determina un valor constante de  $H/K$ .

En los postulados del crecimiento endógeno se asume que la creación del conocimiento es correlacional con el incremento de la inversión productiva. Una firma que incrementa las competencias laborales simultáneamente produce mayor eficiencia. Este efecto positivo de la experiencia en productividad es llamado aprender haciendo o, en este caso, aprender invirtiendo.

### **1.3.- Visiones y Enfoques del Desarrollo**

Si bien los modelos explican en detalle los mecanismos económicos de del desarrollo desde las ópticas de las distintas escuelas de pensamiento económico, existen otras visiones y enfoques del desarrollo que deben considerarse para completar la visión de cómo contribuye la tecnología al desarrollo.

#### **1.3.1.- Enfoque del Desarrollo desde la teoría del Capital Humano**

Un aspecto esencial en pensamiento de los neoclásicos sobre la acumulación de conocimiento es que planten modelos que analicen los efectos de los cambios estocásticos de la productividad sobre las diferentes variables macroeconómicas. Gould y Ruffin en 1993, plantean otros factores, como la estabilidad política, mínimas barreras comerciales, infraestructura física

adecuada y un bajo gasto de funcionamiento del gobierno y ven como se correlacionan en forma positiva con el crecimiento económico de corto y largo plazo.

Otras teorías, referidas a países en desarrollo, ponen énfasis en la escasez de ahorro interno y externo, como obstáculo a las posibilidades de inversión. Este enfoque ha sido denominado teoría de las brechas. Es importante resaltar que los temas relacionados con la disponibilidad de ahorro son diferentes de aquellos asociados a la disponibilidad de instrumentos adecuados para el financiamiento de la inversión, con los cuales tienden a confundirse. Aunque todas las teorías reconocen el papel central del proceso de ahorro-inversión, muchas lo visualizan más bien como el mecanismo a través del cual se transmiten canalizan otras fuerzas de distinta naturaleza. Una de tales fuerzas es el cambio técnico o en forma más general: la creación de conocimientos.

La teoría neoclásica del crecimiento se centró en la acumulación de capital, como una especie de bien público que se produce fuera de los circuitos económicos, al cual se accede sin costo alguno. La teoría del crecimiento endógeno, reconoce que tanto el capital humano como el conocimiento general tienen una característica adicional: su capacidad para generar nuevo conocimiento.

Los retornos crecientes a escala que caracterizan el desarrollo de la acumulación del conocimiento son, el rasgo distintivo de estas teorías, que difieren en el énfasis otorgado a la "transferibilidad" del conocimiento o a su "apropiabilidad". Mientras las que resaltan la transferibilidad del conocimiento se acercan a los análisis neoclásicos más tradicionales, aquellas que ponen el énfasis en su apropiabilidad están más próximas a otras de origen microeconómico, derivadas de Schumpeter, que destacan en especial la apropiación del conocimiento como fuente de poder del mercado.

La nueva teoría neoclásica enfatiza en la estructura productiva de los países, y principalmente en sus externalidades tecnológicas. Grossman y Helpman en 1991, demuestran que los países con alta especialización en procesos tecnológicos pueden experimentar altas tasas de crecimiento en el largo plazo en relación a los países que se especializan en la producción de bienes tradicionales y con bajo valor agregado.

La teoría del capital humano nace en 1962, cuando se publicó en *Journal of Political Economy* un suplemento sobre "*La Inversión en Seres Humanos*", que incluía, los capítulos preliminares de la monografía "*Human Capital*" publicada en 1964 por Gary Becker. Esta teoría desde su aparición, ha tomado importancia en el ámbito económico y social. Las hipótesis provisionales que se establecen son las siguientes: Los tres desafíos más exigentes y de mayor impacto en la actualidad son la sustentabilidad, la gobernabilidad y la cooperatividad.

Estas hipótesis permiten a Guedez en 2004, intentar el diseño de un modelo intersectorial que acumula las relaciones que se producen en estas tres dimensiones. De esta manera el triángulo mayor quedaría conformado por tres subtriángulos:



Fuente: Guedez, 2004.

Los subtriángulos partes del triángulo formado por: la sustentabilidad, la gobernabilidad y la cooperatividad, producen un conjunto en el cual se conjugan las principales expectativas de nuestro tiempo. La convergencia de estos triángulos produce el surgimiento de un triángulo central que promueve los soportes de estabilidad necesarios para la construcción general de la figura. Este elemento central no sólo favorece la resolución formal del esquema, sino que también proporciona el centro fundamental de todo el modelo, este triángulo central contiene tres componentes: la ética, la educación y el espíritu empresarial.

Sin ética, educación y espíritu empresarial habría más especulación que crecimiento económico, más injusticia que equilibrio social y más contaminación que preservación del medio ambiente. Sin ética, educación y espíritu empresarial habría más corrupción que institucionalidad, más incultura que civismo y más desconfianza que confianza.

Este cuadro nos hace entender que el Capital Social se asocia a sociedades aptas, las cuales son también aquellas que más se adaptan y que más se inclinan hacia el desarrollo. Al confrontar tales informaciones con el triángulo de la contemporaneidad se observa que lo opuesto a la sustentabilidad es el rentismo, lo contrario a la gobernabilidad es el caudillismo y lo inverso al cooperativismo es el estatismo. Estas desviaciones son las causas y las consecuencias de la poca consolidación del capital social.

La confianza aparece como un valor esencial, pues ella es la base de las relaciones, interacciones, acuerdos y compromisos de las sociedades. La confianza está acompañada por la comprensión, la cual es la causa y el efecto de la interacción humana, así como el medio y el fin de la comunicación. La comprensión es una expresión de acuerdo y sinónimo de negociación, siendo la mejor defensa ante las situaciones extremas de racismo, xenofobias y exclusiones. Comprender es aprender conjuntamente porque permite armonizar intereses no coincidentes.

En este orden se encuentra la honestidad, que es actuar con la transparencia propia de quien no esconde nada distinto a lo que comparte con los otros. Es la sinceridad en su expresión superlativa. Posteriormente, aparece la tolerancia que no es aceptar todo lo que los otros dicen y tampoco es no atender el sentido de lo que otros dicen, pues ello sería indiferencia., más bien es atender la opinión de los otros con respeto y comprensión, pero asumir la responsabilidad de una interacción equilibrada y beneficiosa. El grado de tolerancia se asocia con el nivel de cultura de la gente, con su amplitud mental, con su fecundidad afectiva, con su compromiso ético, en definitiva, con su dimensión humana. La reciprocidad se apoya en la premisa de que siempre la cooperación genera un mayor beneficio individual, se produce un conocimiento mutuo que amplía las repercusiones para un conocimiento común.

Estos conceptos está siendo medidos actualmente por organizaciones internacionales, en función de índices de confianza, intención de voto, modelos de participación, horas voluntarias dedicadas a causas sociales, transparencia y a normas de conducta en las organizaciones.

Además del capital social, hay que pensar en el capital humano y en el capital físico, pues los tres conforman un núcleo concéntrico desde la perspectiva de la calidad de vida. El concepto de capital humano procede de la necesidad de redimensionar el aporte del ser humano a los procesos de productividad empresarial y el favorecimiento de las dinámicas del desarrollo de los países. Cuando el ser humano se concibe como un "recurso humano" lo que se pretende es objetivarlo para engranarlo dentro de los otros objetos que se acoplan en las tareas y actividades de un mecanismo. Por el contrario, cuando se recurre a la expresión "capital humano" se piensa en el ser como un potencial que dinamiza sus atributos a favor del desarrollo de los otros seres humanos.

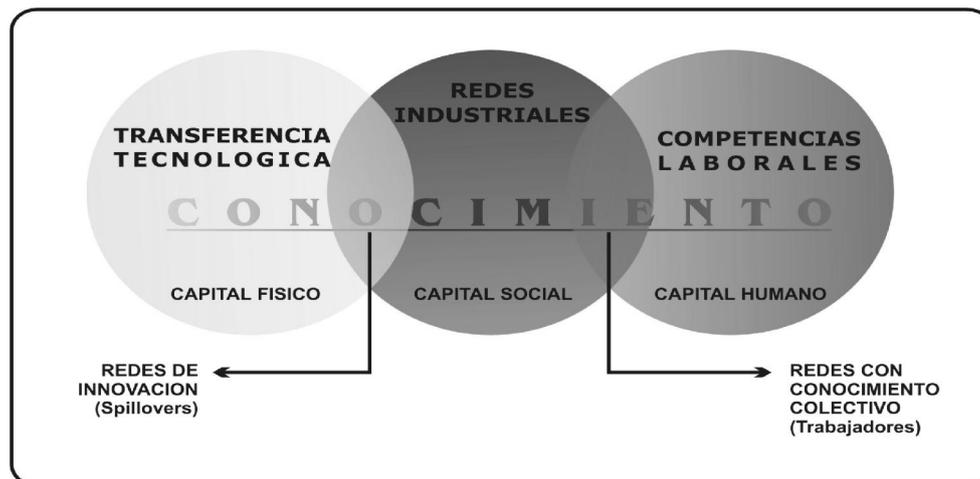
Esta noción de la capacidad y del aporte del ser humano se ha ido afianzando hasta traducirse en la aceptación de que el capital humano es el verdadero capital, mientras que los otros capitales son sus derivaciones. Esto ha llevado a que las organizaciones y las naciones tomen conciencia de que lo más importante es el recurso humano. La gente es el origen, la naturaleza y la finalidad de las organizaciones y de los países y sin éste no se reproduce capital de ningún tipo.

El capital humano está asociado a los capitales esenciales del ser, es decir, al capital intelectual, al capital intuitivo, al capital emocional y al capital relacional. El capital intelectual es la capacidad de obtener, crear, procesar, asimilar, aplicar, optimizar y evaluar las informaciones y conocimientos asociados a determinadas exigencias productivas, recreativas o asociativas. El capital intuitivo es la aptitud para generar asociaciones cognoscitivas e innovativas no relacionadas explícitamente con la intervención de los esquemas lógicos propios de los procesos racionales. El capital emocional es la disposición de identificar, convocar, aprovechar, controlar y orientar las emociones a favor de propósitos constructivos. El capital relacional a la actitud humana de relacionarse para establecer tejidos de interacciones que aseguren el crecimiento conjunto como consecuencia del crecimiento personal, y el crecimiento personal como consecuencia del crecimiento del conjunto.

Los esfuerzos productivos dentro de las organizaciones y las expectativas de desarrollo en los países requieren, adicionalmente, del capital físico el cual permite disponer de recursos y de las condiciones necesarias para

que las cosas ocurran de la mejor manera. Fukuyama, define el capital social como *“la capacidad que nace a partir del predominio de la confianza en una sociedad o en determinados sectores. Puede estar personificado en el grupo más pequeño y básico de la sociedad, la familia, así como en el grupo más grande de todos, la nación, y en todos sus grupos intermedios, entre ellos las firmas productivas. El capital social difiere de otras formas de capital humano en cuanto que, en general, es creado y transmitido mediante mecanismos culturales como la religión, la tradición o los hábitos históricos”(FUKUYAMA, 1996).*

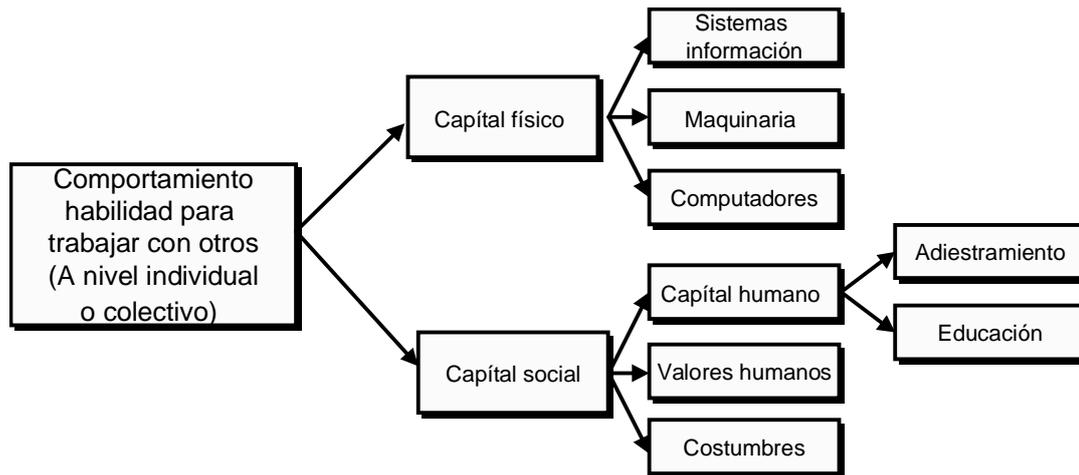
Cardona y Osorio en 2002 proponen la siguiente representación gráfica de la formación del capital social



Fuente: Cardona y Osorio. 2002

En el esquema, *“el conocimiento es el eje transversal a las categorías de estudio, y las redes aparecen como el elemento conector entre el capital físico, determinado por la tecnología, y el capital humano, que comprende la fuerza de trabajo calificada. Los procesos que se tejen tienen un componente básico en la confianza, el cual gira alrededor de la articulación inter empresarial y dan lugar al capital social”(CARDONA et al., 2003).*

De esta forma, el capital social se relaciona con las formas organizativas propias de una sociedad en las que el principal valor es la confianza, y el principal objetivo es el beneficio compartido, ambos expresión del desarrollo. De acuerdo con el planteamiento de Fukuyama, el desarrollo es un proceso basado en confianza y cooperación, para alcanzarlo se debe tomar en cuenta las dos formas básicas de capital: el físico, que facilita el progreso, y el social que determina el bienestar. Maroso, representa estos conceptos de Fukuyama, organizando los elementos determinantes del capital Social.



Fuente: Maroso, 2001

La introducción de nuevos valores dentro de las propuestas de desarrollo, significa no sólo reevaluar los instrumentos teóricos políticos e institucionales relevantes a los procesos de desarrollo; en el fondo, significa pensar en la noción de calidad de vida, en el sentido no solamente material, sino también como reflejo de las relaciones sociales entre todos los seres humanos. El centro del desarrollo debe ser el ser humano y el objeto del desarrollo es ampliar las oportunidades de los individuos. Esto se traduce en aspectos tales como: el acceso a los ingresos, no como fin, sino como medio, para adquirir bienestar; la vida prolongada, los conocimientos, la libertad política, la seguridad personal, la participación comunitaria y la garantía de los derechos humanos.

El enfoque de Desarrollo Humano difiere del enfoque tradicional sobre crecimiento económico y de otros que tienen que ver con la formación del capital humano, como el desarrollo de Recursos Humanos y las Necesidades Humanas Básicas. Las teorías acerca de la formación de capital humano y el desarrollo de Recursos Humanos reducen al ser humano a ser un medio y no un fin, se lo reduce a un mero instrumento de producción, como los bienes de capital, sin fines ulteriores ni beneficios.

El enfoque de Bienestar Social, por su parte, considera a los seres humanos como beneficiarios pasivos del proceso de desarrollo y no como seres que participan en él, colocan su mayor énfasis en las políticas de distribución en lugar de las estructuras de producción.

Finalmente, el enfoque de las Necesidades Básicas generalmente se concentra en el grueso de bienes y servicios que requieren los grupos desposeídos, como ser: alimento, vivienda, ropa, atención médica y agua. Las políticas se centran en el suministro y solución de las carencias, en lugar de las oportunidades y los logros.

Estas diferencias entre los enfoques de desarrollo no son incompatibles, por el contrario, puede haber coincidencias, en aspectos tales como la clasificación de grupos, identificación de poblaciones con requerimientos. La diferencia fundamental se ubica en la manera como se debe asumir y conquistar el desarrollo. Haq en 1995, propone: *"El paradigma de desarrollo humano actualmente es el modelo más holista. Este contiene todos los aspectos del desarrollo, incluyendo el crecimiento económico, inversión social,*

*potenciación de la gente, satisfacción de las necesidades básicas, seguridad social y libertades políticas y culturales entre otros aspectos".*

De lo anterior, se desprende que el Desarrollo Humano es un concepto holista dado que abarca múltiples dimensiones, en el entendido que es el resultado de un proceso complejo que incorpora factores sociales, económicos, demográficos, políticos, ambientales y culturales, en el cual participan de manera activa y comprometida los diferentes actores sociales. El producto de voluntades y corresponsabilidades sociales que está soportado sobre cuatro pilares fundamentales: productividad, equidad, sustentabilidad y potenciación, los cuales consisten en:

1. *La productividad:* Es el aumento de la productividad mediante la participación de la gente en el proceso productivo. Este es un elemento esencial del Desarrollo Humano, que se traduce en invertir en las personas y en el logro de un ambiente macroeconómico favorable.
2. *La equidad:* Es otorgar y garantizar la igualdad de oportunidades para todos los sectores y grupos humanos. Eliminando las barreras que obstruyen las oportunidades económicas y políticas, permitiendo que todos disfruten y se beneficien en condiciones de igualdad. Si el Desarrollo Humano significa ampliar las posibilidades de la gente, ésta debe disfrutar de un equitativo acceso a las mismas, de lo contrario la falta de equidad se traduciría en una restricción de oportunidades para muchos individuos.
3. *Sustentabilidad:* Es asegurar para el presente y para el futuro, el libre y completo acceso a las oportunidades y restaurar todas las formas de capital humano, físico y ambiental. Para alcanzar un auténtico desarrollo se debe reponer todo el capital utilizado para garantizarle a las futuras generaciones la igualdad de opciones y de recursos para el logro de sus satisfacciones. La única estrategia viable para hacer del desarrollo sostenible, es mediante la recomposición y regeneración de todas las formas de capital.
4. *Potenciación (Empowerment):* Es que las personas están en capacidad de ejercer la elección de sus oportunidades por sí mismas. Esto implica que las personas puedan tener influencia en las decisiones que se tomen y diseñen. Para ello se requiere de libertades económicas para que la gente se sienta libre de excesivos controles y regulaciones. Significa también descentralización, que la sociedad civil, las Organizaciones No Gubernamentales (ONG'S), participen activamente en el diseño e implementación de decisiones

El Desarrollo Humano, dada la definición del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) *"... no es una medida de bienestar, ni tampoco de felicidad. Es en cambio una medida de potenciación"*, que propicia las oportunidades para las futuras generaciones y basado en el respeto del ambiente.

El concepto de desarrollo humano, deriva de la noción de desarrollo como proceso de expansión de las capacidades humanas, que ha sido formulado por Sen en 1990, basando su noción de "capacidades" en la obra del filósofo moral John Rawls y su *"Teoría de la Justicia"*. Para Rawls, la privación

se define en términos de disponibilidad de "bienes primarios", algunos de los cuales se refieren a bienes materiales, otros a "libertades básicas", las personas deben tener la opción de perseguir fines diferentes, cualesquiera que sean. Las "capacidades" de Sen se refieren tanto a lo que la persona puede ser o hacer, estas son sus "opciones", lo que llega efectivamente a ser o hacer y constituyen sus "logros" y no a los bienes de los que dispone. El disfrute de una larga vida, una mayor educación, la dignidad y el respeto de sí mismo son elementos que permiten ampliar la gama de opciones disponible para el individuo.

La provisión de bienes es una condición necesaria, pero no suficiente, para ampliar esas opciones. Y lo que es más importante, la gama de opciones disponible y los logros que se alcanzan aumentan o disminuyen con relativa independencia del monto de bienes accesible, en función de variables culturales o distributivas o de la capacidad de una sociedad para proporcionar bienes públicos como la seguridad o la salubridad, que por lo general el mercado no puede proveer. El acceso a los bienes, en suma, puede proporcionar la base de un nivel de vida más alto, pero no son *per se* sus elementos constituyentes. El desarrollo, para Sen, debe estar centrado en la persona y no en los bienes, superando el reduccionismo del *homo economicus*.

Las reflexiones de Sen y el concepto de desarrollo humano se inscriben en una línea de pensamiento crítico sobre el desarrollo iniciada en los primeros años setenta, que ha cuestionado la preocupación exclusiva por el crecimiento de la producción de bienes, y se ha centrado en los problemas de la distribución, de la necesidad y de la equidad. Esto es, por las dimensiones sociales del desarrollo y la satisfacción de las necesidades humanas esenciales.

Los antecedentes más importantes de este concepto del PNUD son: el llamado "*enfoque de las necesidades básicas*" planteado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en 1974 y el "*desarrollo a escala humana*" popularizado por la Fundación Dag Hammarskjöld a mediados de los años ochenta. El enfoque de las capacidades pretende superar el enfoque de las necesidades básicas centrando la discusión en la persona y sus capacidades y no en los bienes a la que esta ha de acceder.

La noción de "Desarrollo humano", el IDH y la clasificación de países a la que el IDH da lugar pretenden ser una alternativa no economicista a las teorías económicas convencionales, que identifican el crecimiento económico y el desarrollo mediante el crecimiento de la producción, medido a través del Producto Interno Bruto (PIB). En esta lógica, el PIB per cápita se convirtió casi en la única medida del desarrollo. El Informe sobre el Desarrollo Mundial que anualmente publica el Banco Mundial, por ejemplo, clasifica a los países en categorías basadas en el Producto Interno Bruto per cápita.

Esta identificación, en la que el crecimiento del PIB per cápita es el fin último de las políticas económicas y de la organización social, se ha hecho carne en el saber común y el discurso político. Sin embargo, más de cuarenta años de políticas de desarrollo de distintas orientaciones han demostrando que el crecimiento es frecuentemente acompañado por desigualdad y la pobreza, deterioro ambiental y un agotamiento de recursos naturales. El PIB per cápita, no incluye los "costes ambientales" del crecimiento y ha sido incapaz de reflejar cuantitativamente estos procesos.

El concepto de desarrollo humano para desafiar a las nociones economicistas y al PIB ofrece un indicador alternativo para medir, evaluar y comparar grupos y países. El Índice de desarrollo humano (IDH) ha pretendido cubrir esta necesidad. El IDH es un índice global entre un valor mínimo de cero y un máximo de uno, que se calcula a partir de indicadores parciales que reflejan la longevidad, la educación y el ingreso real per cápita. La longevidad se considera resultado de las condiciones de salud y nutrición y se expresa como esperanza de vida al nacer. El acceso a la educación se calcula a partir de la proporción de población alfabetizada y de los años de escolaridad promedio. El ingreso real se obtiene a partir del PIB per cápita ajustado según el coste de la vida local, calculado a partir de paridades del poder adquisitivo (PPA) y de acuerdo a la utilidad marginal del ingreso.

En 1994 los 173 países del globo, incluyendo los nuevos Estados surgidos de la desmembración de la URSS, se ubican en una escala en la que un habitante de Canadá, con un IDH de 0,932, puede aspirar a más de 77 años de vida, 12 años de educación y un ingreso real per cápita superior a los 19.000 dólares. Un habitante de Guinea, con un IDH de 0,191, cuenta con una esperanza de vida de sólo 44 años, menos de un año de escolarización y un ingreso anual de 500 dólares. Los países se clasifican según su IDH en tres grupos: "desarrollo humano alto" (IDH 0,800 á 1), "desarrollo humano medio" (IDH 0,500 á 0,799), "desarrollo humano bajo" (IDH 0 á 0,499).

La clasificación del PNUD, comparada con la que elabora anualmente el Banco Mundial a partir del ingreso per cápita, expresa que el bienestar o la privación humana son variables relativamente independientes al PIB. La mayoría de los países, en efecto, muestran niveles relativos de desarrollo humano sensiblemente *mejores o peores* al que tendrían según su ingreso por habitante. Desde la perspectiva del desarrollo humano no existe un vínculo automático entre el crecimiento económico y el desarrollo humano, Es posible alcanzar niveles aceptables de desarrollo humano incluso con bajos niveles de ingreso per cápita, si se cuenta con la voluntad política y se aplican las políticas adecuadas.

El IDH permite una medición mucho más ajustada de los logros reales del crecimiento en función del ser humano, proporcionando una panorámica más realista de la situación mundial, pero también tiene límites. Hay que recordar que el concepto de desarrollo humano es mas amplio que lo que pueda reflejar el IDH, por ejemplo: el componente de renta es parcial e insuficiente puesto que no refleja el acceso real a recursos productivos como la tierra o el crédito, que en muchos países son la clave de la desigualdad y la pobreza, también los valores del IDH son promedios nacionales que no reflejan las disparidades de renta según sexo, etnia o región. Por esta razón, el IDH global debe ser complementado con IDH parciales o ajustados por niveles de ingresos, por género y por lugar de residencia, aunque sólo existen datos desagregados para algunos países. Los datos referidos a ingreso, territorio e incluso a raza muestran desequilibrios similares. El IDH, por último, sólo incorpora algunos de los elementos que integran el "desarrollo humano" atendiendo a su definición, por ejemplo: la libertad humana que es difícil de medir, se intentó definir un "Índice de Libertad Humana", lo que ocasionó una fuerte polémica internacional y por ello el PNUD optó por omitirlo.

El procedimiento matemático de construcción del índice también ha sido objeto de críticas debido a sus imperfecciones iniciales. La más notable ha sido

quizás la imposibilidad de elaborar series temporales para comprobar la evolución del desarrollo humano en un país dado, ya que el índice era un valor relativo cuya concreción numérica variaba en función de los cambios que se producían en los extremos de la escala. En 1994 el PNUD reelaboró el IDH para permitir comparaciones temporales.

El ámbito en el que el concepto de "desarrollo humano" es quizás más limitado y el IDH es incompleto como, es el de la sustentabilidad del proceso de desarrollo. El componente de renta de IDH, al no incorporar los costes ambientales del crecimiento, no nos permite inferir si una sociedad es o no "sostenible", ya que la satisfacción parcial o total de sus necesidades básicas se logran a costa de comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades y mantener niveles adecuados de desarrollo humano.

### **1.3.2.- Enfoque del Desarrollo desde el Territorio**

El espacio geográfico, como perspectiva de análisis del crecimiento económico adquiere importancia por el proceso de globalización e internacionalización de la economía. La región, en todos los casos, alude a un territorio y a la dotación de recursos productivos, en ella se da un conjunto de interacciones que conforman un sistema compuesto por subsistemas productivos, institucionales y culturales, que encierran en sí un cúmulo de relaciones, como: relaciones capital-trabajo, flujos de intercambio, relaciones monetarias, organizaciones y procedimientos para la toma de decisiones y pautas de comportamiento social.

El territorio, como escenario de localización de firmas, responde a la flexibilidad de las dinámicas sociales que potencian u obstaculizan la continuidad de los procesos productivos y sus encadenamientos, que trascienden los límites fijados administrativamente y las mismas relaciones sociales. La instancia regional se convierte en un punto clave para la formulación de políticas que contemplan la diversidad y la heterogeneidad y sobre las cuales puede realizarse una evaluación de impactos de la organización espacial de las firmas.

En la búsqueda de alternativas a la visión del desarrollo como crecimiento económico, se ha impuesto un cambio de actitud y de visión donde cobran mayor importancia los aspectos territoriales y las formas de gestión empresarial y tecnológica. A partir de los trabajos de Storper y Worker en 1995, se comenzó a dar mayor importancia al análisis de las potencialidades endógenas de cada territorio, incluyendo factores no económicos, como: sociales, culturales, históricos e institucionales, los cuales también son decisivos en el proceso de crecimiento económico local.

El desarrollo endógeno local emerge como un nuevo modelo de análisis que incluye: empresas locales, capacidad de innovación y aprovechamiento del potencial de desarrollo existente en las regiones. Bajo esta visión el proceso de desarrollo surge "desde abajo", en la búsqueda de una reducción de la dependencia de los gobiernos y agentes económicos exteriores. Surge así, la necesidad de intervención porque el mercado por si sólo no es suficiente para asegurar el surgimiento de talentos locales, la creación de empresas competitivas y la supervivencia en un mercado globalizado. La complejidad del

desarrollo como concepto y como proceso, pone en evidencia que más allá de las dimensiones económicas, existe un marco institucional, social, político y cultural que requiere reconocimiento en el ámbito local. *“El crecimiento aparece entonces como un proceso intangible que depende de elementos tangibles como son: la acumulación de capital físico y humano, y sobretodo de una adecuada organización y estructura interna de las regiones que garantice la creación de unidades productivas y la aparición de emprendedores que potencien el crecimiento territorial y el flujo de inversiones externas. Se plantea el crecimiento como el efecto conjunto de factores exógenos y endógenos del territorio. En particular, las firmas son parte esencial de este proceso en la medida en que los esfuerzos dedicados al desarrollo tecnológico y las actividades de investigación y desarrollo las posicionan como proveedoras de productividad, competitividad y progreso económico”*(STORPER, 1995).

En la discusión desde las esferas sectorial y geográfica es permanente la relación de interdependencia entre firma y territorio, vinculando el crecimiento con las potencialidades endógenas del territorio y la dinámica industrial. Las pequeñas y medianas empresas requieren de un entorno territorial que de respuesta a exigencias globales, sustentadas en el desarrollo local.

Dos posibilidades tienen entonces los espacios geográficos para convertirse en espacios de crecimiento: los sistemas productivos locales o los medios innovadores. Las diferencias entre ambos son considerables y generan ventajas competitivas diferentes. Los sistemas productivos locales apoyan su crecimiento en la explotación de recursos naturales y humanos a bajo costo, lo que genera externalidades negativas en los planos sociolaboral y ambiental. Los medios innovadores se centran en el conocimiento y la capacidad de hacer efectivas las innovaciones.

El crecimiento de las firmas genera progreso económico y al mismo tiempo condiciones macroeconómicas adecuadas para mantener su competitividad interna y externa. La falta de espíritu empresarial ha producido la lentitud en el desarrollo de algunos países, mientras que otros emprendieron estrategias de desarrollo basadas en el conocimiento tecnológico y en el potencial de sus recursos humanos. También ha influido el respeto a la iniciativa privada, en un marco de sana competencia, donde el Estado regulador juega un papel central en los mercados imperfectos y el fomento empresarial.

Las regiones han emergido como una nueva forma de ordenamiento territorial y como una alternativa de organización política y económica a escala internacional. La globalización, los bloques económicos regionales, el creciente deterioro ambiental y la cooperación internacional han generado transformaciones económicas, tecnológicas y sociolaborales que exigen la implantación de una nueva lógica espacial, que afecta tanto los criterios de localización de las firmas como las ventajas competitivas con que cuentan las regiones y ciudades para impulsar su desarrollo, exigiendo en consecuencia nuevas políticas de intervención sobre el territorio. La localización constituye un importante punto de encuentro entre la organización industrial y la geografía económica, producto de una mayor tendencia hacia la especialización y concentración de la industria, inherentes a los sistemas productivos abiertos, a la competencia externa y a las desigualdades en la configuración de ventajas comparativas entre regiones.

Las decisiones económicas en las firmas están cruzadas por factores como los costos de la distancia, las externalidades por aglomeración de la industria, los centros de servicios avanzados en información y tecnología, la disponibilidad de fuerza de trabajo, entre otros. Estos condicionan la localización de la firma en el espacio geográfico. En este punto, el ciclo de vida y la ubicación de la firma en un territorio se relacionan en la medida en que la supervivencia depende, entre otras cosas, de la elección de una localización donde los costos sean más bajos.

Cualquier territorio poblado que haya superado el estado de economía de subsistencia creará un lugar central, esta teoría de los lugares centrales es una extensión de los modelos de competencia espacial aplicable a las actividades donde la extensión del mercado está limitada por los costos de transporte. Esto aparece si se dan condiciones como la distancia, que implica costos económicos y economías de escala en la producción de bienes y servicios. Los límites del espacio económico polarizado por el lugar central y también los límites iniciales de la ciudad, dependen en gran parte del estado de la tecnología, es decir de costos de transporte y costos de producción. Pólese en 1998, caracteriza la región, como un territorio sin fronteras en el sentido económico, abierta y sin trabas administrativas al flujo de bienes y servicios, que depende, directa o indirectamente, de un gobierno superior. Se reconoce que la delimitación de una región obedece a necesidades políticas, culturales o administrativas.

Se puede caracterizar a las regiones como polarizadas, homogéneas o como región plan. La primera responde a un criterio de nodalidad, es decir, del área de influencia o relación con un lugar central. La segunda está definida según la homogeneidad percibida en los ámbitos cultural, lingüístico, biofísico, económico o histórico. La región plan está delimitada por "fronteras" político administrativas, en función de las necesidades de organismos o agencias especializadas. Esta decisión, de carácter económico, tiene efectos sobre el espacio geográfico porque incentiva la urbanización y aglomeración permanente de industrias y personas en torno a lo que la teoría reconoce como lugares centrales. Así, la industria jerarquiza las regiones en centros urbanos y zonas industriales y la firma y territorio, espacio sectorial y espacio geográfico, se analizan en forma interdependiente. Así, la existencia de economías a escala y de externalidades, las diferencias espaciales en el costo de la mano de obra, la presencia de insumos en información y servicios, intervienen en la selección del emplazamiento al interior de una localidad.

Los sistemas regionales se recomponen, en parte por la misma dinámica de las empresas. Esta relación interdependiente amerita el diseño de instrumentos de política para responder a los cambios en los modelos productivos, a los procesos de urbanización y a las economías de aglomeración industrial. En otras palabras, la política afecta favorable o desfavorablemente las decisiones que toman en el espacio sectorial y en el espacio geográfico.

Las políticas tendientes a redistribuir la actividad económica tratan de fomentar el establecimiento de empresas en regiones desfavorecidas, incidiendo en los factores que determinan las decisiones de localización de las firmas, para lo cual se apela a la asignación de primas de localización a los agentes mediante: subvenciones en función del número de empleos generados, desgravaciones fiscales, condiciones preferenciales de crédito, o

rebajas sobre ciertos costos del manejo de la administración pública como la reducción de impuestos o tarifas de ciertos servicios públicos. Otra modalidad de intervención convoca a la inversión pública en infraestructura, dotando las regiones de un capital público, generador de externalidades positivas y economías de aglomeración, tal que las empresas se instalen o expandan su actividad en el territorio.

Porter en 1990, asume que la competencia local tiene un impacto positivo en el crecimiento, ya que acelera la imitación y el grado de innovación de las firmas, esto podría originar tanto efectos positivos como negativos en la acumulación de actividad innovadora y sus consecuencias en el crecimiento, pues la competencia genera variaciones que llegan al monopolio o a la competencia local y las externalidades que ambas generan. Esta competencia se mide como el número de negocios de un sector en una región referente al número de negocios de ese sector en el total del país. La competencia demuestra el grado de *clustering* de negocios. Esta teoría asume que la competencia local acelera la adopción de nuevas tecnologías y como consecuencia, estimula el crecimiento económico. Esta discusión es importante tenerla en cuenta, ya que el crecimiento económico en ciertas regiones o en ciertos países, depende del grado de especialización o de diversificación de su aparato productivo y del nivel de competencia local que se establezca en ese mercado.

La globalización impulsa nuevas dinámicas de acumulación que provoca cambios importantes en los territorios, tanto en los factores productivos como de las firmas asentadas y con posibilidad de localizarse allí. Estas dinámicas afectan con distinta magnitud las estructuras económicas y sociales de los espacios regionales. Además, este proceso supone el paso de una economía semicerrada a un sistema dinámico, abierto e insertado en la economía mundial, lo que determina procesos de reestructuración a nivel regional en torno a las políticas de desarrollo, flexibilización y estabilización.

El territorio ofrece ventajas competitivas que refuerzan el posicionamiento de las firmas en el contexto de globalización, lo que determina que determinadas regiones ganen y otras pierdan. Esta configuración supone la redistribución entre ámbitos que se especializan, según sus ventajas competitivas y comparativas, generando una lógica espacial hacia lugares que antes se consideraban periféricos; estos cambios socioeconómicos y los procesos de reestructuración del sistema productivo han generado transformaciones en la organización espacial de las firmas.

El territorio, como expresión de las dinámicas macro (geografía económica), meso (políticas e incentivos) y microeconómicas (organización industrial), es el resultado de la construcción de relaciones entre el espacio sectorial y el espacio geográfico. Ello convierte al crecimiento económico en un proceso de desarrollo endógeno más que exógeno, porque cada vez depende más del fortalecimiento del capital social y la organización de la producción, de las mejores relaciones interinstitucionales e interempresariales y de las convenciones que se crean en torno a una región. El aprovechamiento de las condiciones locales y la generación de redes en diferentes espacios de producción, se presenta como un replanteamiento de las relaciones capital-trabajo, capital-tecnología y capital-territorio, y las posibilidades que esto brinda para la consolidación productiva de una firma en el entorno de globalización

El desarrollo regional basado en procesos de aprendizaje genera una fuerte ventaja que fortalece sus productos y los impregna de valor añadido haciéndolos competitivos en el mercado internacional. De esta forma, la conformación de regiones fuertes, brinda herramientas necesarias para ser productivas e incentivos que fortalecen aún más sus ventajas en los productos que son competitivos, creando centros estratégicos de ubicación que potencian las demás regiones y los demás sectores excluidos del sistema.

El territorio es un componente fundamental del sistema productivo; su evolución y comportamiento están indisolublemente relacionados con el desarrollo económico. El sistema económico del país toma cuerpo en cada ciudad y en la red urbana, articulándose al territorio a través de un complejo sistema de relaciones urbano regionales.

### **1.3.3.- Enfoque del Desarrollo desde los procesos industriales**

El crecimiento económico no es, en realidad, un proceso a través del cual los mismos agentes productivos generan, en escala ampliada, un conjunto determinado de bienes y servicios, sino en el cual crecen unos sectores y tienden a desaparecer otros, unas empresas surgen y otras se quedan rezagadas. Según la CEPAL, este proceso no es lineal. No todos los sectores tienen la misma capacidad para infundir dinamismo al conjunto, o para propagar el progreso técnico. La dinámica de la creación y apropiación de conocimiento puede percibirse, además, como parte de un proceso más amplio de cambio estructural. Las complementariedades entre empresas y sectores productivos pueden inducir bruscos avances del proceso de crecimiento o bien bloquearlo.

El ciclo de vida de las firmas productivas, como agentes dinamizadores del crecimiento económico, es relevante determinarlo, para establecer la dinámica con la que opera el funcionamiento del aparato productivo. El estudio del ciclo de vida industrial que representa la dinámica del surgimiento y desaparición de firmas en el tiempo y que se calcula como la diferencia entre el surgimiento y la desaparición de las firmas en cada sector y en cada región. El proceso comprende una intensa entrada de nuevas empresas que buscan crearse un espacio en una industria, introduciendo innovaciones en productos y procesos que le permiten generar las barreras de entrada al sector. Con el tiempo, el surgimiento de empresas se desacelera mientras la desaparición aumenta para aquellas que no logran consolidarse en el mercado.

La búsqueda de explicaciones sobre la dinámica industrial, a través del ciclo de vida industrial, es una preocupación fundamental hoy por el proceso de crecimiento económico centrado en sectores industriales y de servicios. La innovación, la generación de empleo y las actividades de cooperación son elementos esenciales para entender esto. Según Reynolds, existen cuatro razones principales que garantizan la supervivencia de nuevas empresas:

1. Las nuevas empresas brindan nuevos puestos de trabajo. La evidencia empírica reciente ha demostrado que la mitad de los nuevos puestos de trabajo para un período de seis años surgen de firmas autónomas, especialmente en la categoría de pequeñas y medianas empresas.

2. Las nuevas empresas están involucradas en un significativo porcentaje de innovaciones en la economía. Este proceso genera las dinámicas industriales en las cuales se inscriben los mecanismos que mueven a las firmas y motivan el surgimiento de otras tanto en redes como en distritos industriales y clusters.
3. La existencia de políticas e instituciones que garanticen la formación de nuevas empresas y potencialice el desarrollo regional
4. El ciclo de vida se relaciona con la existencia de diferencias interregionales en las tasas de formación de empresas.

Los procesos de “creación” y “destrucción” de empresas, actividades productivas y sectoriales, y las innovaciones y redes que las determinan, son categorías que permiten el diseño de políticas públicas en los países en desarrollo caracterizados por la heterogeneidad estructural. Al mismo tiempo, las instituciones sirven como depositarias de información tecnológica pertinente, contrarrestando las desventajas tecnológicas e innovadoras de las empresas entrantes o con escasa experiencia en la actividad.

Otro enfoque, en especial aquéllos que otorgan mayor peso a los aspectos estructurales e institucionales, rechazan la idea de que las dinámicas micro y mesoeconómicas sectoriales puedan sintetizarse en términos de “agentes representativos”. En esta perspectiva, por lo tanto, la heterogeneidad de los agentes y la forma en que se comportan e interrelacionan tienen un papel explicativo fundamental en la dinámica global, es decir, no son neutros en términos de los resultados totales. De esta forma, el comportamiento agregado resulta de la interacción entre las dinámicas macro, meso y microeconómicas. En la visión de la Cepal, esta interacción es esencial para entender el proceso de crecimiento y orientar las políticas públicas en países en vías de desarrollo. El grado de madurez productiva e institucional alcanzado por los países antes de la fase de liberalización de las economías claramente difería en aspectos claves de aprendizaje tecnológico o de estructura de los mercados laborales, del sistema financiero o de la organización del sector público, y ello sin duda influyó en la capacidad demostrada por cada economía para adaptarse al nuevo régimen de incentivos e insertarse en escenarios más globalizados de producción

### **1.3.4.- Otros enfoque diferentes del Desarrollo**

El concepto del desarrollo ha sido utilizado, en distintos sentidos, uno de ellos se refiere a la evolución de un sistema social de producción en la medida que éste, mediante la acumulación y el progreso de las técnicas, se hace más eficaz, es decir eleva la productividad del conjunto de su fuerza de trabajo. Conceptos tales como eficacia y productividad son ambiguos cuando nos enfrentamos a sistemas sociales de producción, cuyos *inputs y outputs* son heterogéneos y se modifican con el tiempo. Este sentido es el que desarrolla Schumpeter en su teoría del desarrollo económico.

La teoría del desarrollo ha ejercido una innegable influencia sobre la mente de los hombres que se empeñan en comprender la realidad social. Desde el *“buen salvaje”* de Malthus hasta la concepción walrasiana del

equilibrio general, los científicos sociales siempre han buscado apoyo en algún postulado enraizado en un sistema de valores que llegan a ser explícito. El mito del desarrollo congrega un conjunto de hipótesis que no pueden ser verificadas. La función principal del mito es orientar, a nivel intuitivo, la construcción de lo que Schumpeter llamó la visión del proceso social, sin la cual el trabajo analítico no tendría ningún sentido.

Así pues, el desarrollo consiste tanto en una serie de cambios espontáneos y discontinuos en el *mainstream*, como en las alteraciones del equilibrio existente con anterioridad y en ello se diferencia básicamente de la corriente circular o de la tendencia al equilibrio. Si no fuera por ellos, el sistema capitalista caería en un estado estacionario de equilibrio walrasiano en el que todo el producto nacional se imputaría a los factores de manos de obra y tierra.

En este marco se centra el discurso del desarrollo económico, en donde las premisas sobre bienestar general, acumulación de riqueza, plena concepción del ser humano y desarrollo sostenible han sido la base del debate. Las condiciones para el desarrollo no sólo se definen por la acumulación de conocimiento y capital físico en un territorio, se trata de crear los instrumentos para gestionar los procesos de ordenamiento social, las instituciones y el marco regulatorio que permitan potenciar las diferentes expresiones del capital en las regiones. Este enfoque presenta el desarrollo como el resultado de combinar estrategias endógenas y exógenas en el territorio

La acumulación de capital físico, el conocimiento, las potencialidades del territorio, y el marco institucional fortalecen el desarrollo tanto endógeno como exógeno, que requiere estimular la construcción de un tejido social basado en los valores y en el desarrollo del ser humano. La mayoría de las teorías de desarrollo asociadas a la modernidad, se basan en la omnipotencia de la técnica, el conocimiento científico, la racionalidad de los mecanismos económicos, las nociones de progreso y crecimiento como el destino natural de todos los hombres y la fe en la planificación y la organización burocrática para asegurar el desarrollo del ser humano.

El crecimiento de la economía, tal como se refleja en el crecimiento de la población y de la riqueza, no se debe entender como desarrollo. Este fenómeno no representa características cualitativas. El desarrollo, en nuestro sentido, es un fenómeno ajeno a lo que puede observarse en la corriente circular o en la tendencia hacia el equilibrio. Es un cambio espontáneo y discontinuo en los canales de la corriente, según Schumpeter, *"es una perturbación del equilibrio que altera y desplaza en forma definitiva el estado de equilibrio que antes existía"* (SCHUMPETER, 1942).

La combinación de materiales y fuerzas significa producir. Producir otras cosas o las mismas con distinto método significa combinar estos materiales de una manera diferente. Mientras la nueva combinación pueda surgir de la antigua mediante continuas adaptaciones, hay un cambio, tal vez un crecimiento, pero no se da un nuevo fenómeno ni desarrollo en nuestro sentido. Cuando no sea este el caso, y las nuevas combinaciones aparezcan de modo discontinuo, entonces es cuando surge el fenómeno característico del desarrollo.

El desarrollo no es, según Schumpeter, un fenómeno que pueda explicarse económicamente. Debido a que la economía está afectada por los cambios del mundo que la rodea, las causas y la explicación del desarrollo deben buscarse fuera del grupo de hechos que describe la teoría económica.

Por eso, Schumpeter distingue al desarrollo del crecimiento de la economía, por que este último no representa fenómenos cualitativos distintos, sino sólo procesos de adaptación. En este orden de ideas, se debe considerar esta visión como un fenómeno histórico surgido a partir del desarrollo precedente y que a su vez crea las condiciones necesarias para el siguiente.

La influencia de Schumpeter fue difusa pero significativa. Por haberse preocupado por el problema del desarrollo, este autor se ubica en una posición especial entre la tradición historicista y la neoclásica. Partiendo de la concepción wickselliana de demanda de capital como factor de inestabilidad, Schumpeter formuló una teoría del empresario innovador, agente transformador de las estructuras productivas, de evidentes afinidades con la visión dialéctica de la historia que sirvió de fundamento a la sociología económica de Marx.

Según Schumpeter, lo que interesa en la dinámica de la economía capitalista no son los automatismos del mercado de competencia pura y perfecta, en los cuales nada ocurre, sino las formas imperfectas de mercado, generadoras de la renta, aceleradoras de la acumulación, concentradoras del capital. De ahí su interés por descubrir las fuerzas que crean tensiones y provocan modificaciones en los parámetros de las funciones de producción.

Otro sentido en que se hace referencia al concepto de desarrollo se relaciona con el grado de satisfacción de las necesidades humanas. En este caso la ambigüedad aumenta. Los nuevos conceptos que aparecían se basaban en estudios empíricos con nuevos indicadores en los países atrasados o subdesarrollados, y las consiguientes comparaciones internacionales. La idea del desarrollo estaba en el centro de la visión del mundo que prevalecía en aquella época. Su sustrato era ver al hombre como un factor de transformación del mundo, y por lo tanto de la afirmación de sí mismo, de la realización de sus potencialidades, lo que era posible dentro de un marco social con niveles aceptables de necesidades básicas satisfechas y con altos grados de equidad. El ser humano precisa transformar su medio para poder potencializar sus capacidades, y es en este medio en donde se genera el proceso del desarrollo.

Las sociedades son desarrolladas en la medida en que el hombre logra de forma cabal satisfacer sus necesidades y renovar sus aspiraciones. El proceso del desarrollo debe ser global: transformación de la sociedad a nivel de los medios, pero también alrededor de los fines; proceso de acumulación y de ampliación del producto social y la configuración de ese producto.

Existe un plano en el cual es posible utilizar criterios hasta cierto punto objetivos al tratar el tema del desarrollo humano desde la concepción de la satisfacción de las necesidades humanas: cuando se estudian las satisfacciones elementales, tales como la alimentación, el vestido, la habitación. También es verdad que la ampliación de la esperanza de vida de una población constituye un indicador de mejoramiento en la satisfacción de sus necesidades elementales. Pero en la medida en que nos alejamos de ese primer plano se va haciendo más urgente la referencia a un sistema de valores, pues, según Furtado, la idea misma de necesidad humana, cuando se refiere a lo esencial, tiende a perder nitidez fuera de determinado contexto cultural.

Según Furtado, *"la idea de desarrollo posee por lo menos tres dimensiones: la del incremento de la eficacia del sistema social de producción, la de la satisfacción de las necesidades elementales de la población y la de la*

*consecución de objetivos a los que aspiran grupos dominantes de una sociedad y que compiten en la utilización de recursos escasos” (FURTADO, 1987).*

Esta dimensión es ciertamente la más ambigua, pues aquello a que aspira un grupo social puede parecer simple desperdicio de recursos a otros, de allí esta dimensión sólo llegue a ser percibida como parte de un discurso ideológico. Así, la concepción de desarrollo de una sociedad no es ajena a su estructura social, y tampoco la formulación de una política de desarrollo y su implantación son concebibles sin preparación ideológica. El aumento de la eficacia del sistema de producción no es una condición suficiente para que se satisfagan mejor las necesidades elementales de la población, incluso se ha observado la degradación de las condiciones de vida de una masa poblacional como consecuencia de la introducción de técnicas más avanzadas.

La reflexión sobre el desarrollo, al provocar una progresiva aproximación de la teoría de la acumulación a la teoría de la estratificación social y a la teoría del poder, se constituyó en un punto de convergencia de las distintas ciencias sociales. Las primeras ideas sobre el desarrollo económico, definido como un aumento del flujo de bienes y servicios más rápido que la expansión demográfica, fueron sustituidas en forma progresiva por otras referidas a transformaciones del conjunto de una sociedad a las cuales un sistema de valores presta coherencia y sentido. Medir flujos de bienes y servicios es una operación que sólo tiene consistencia cuando esos bienes y esos servicios se vinculan a la satisfacción de necesidades humanas definibles, es decir, identificables de forma independientes de las desigualdades sociales existentes.

Algunas corrientes de pensamiento económico han dejado de reconocer el desarrollo como un problema teórico relevante, por que lo relacionan bajo la cuestión de la óptima organización del mercado y la distribución económica, en función de la más eficiente asignación de los recursos y de una justa distribución de la riqueza.

Esta subordinación del tema del desarrollo al tema de la distribución se ha hecho desde dos ópticas distintas y opuestas. Se argumenta desde una óptica neoliberal, que la elaboración de teorías y modelos de desarrollo empezó cuando ciertos economistas y políticos supusieron posible acelerar los procesos de crecimiento mediante políticas de intervención estatal que, limitando el libre juego del mercado, redistribuyeran la riqueza y reasignaran los recursos en función de objetivos nacionales de industrialización; pero tal intervención del Estado en la economía sólo distorsionaría los mercados provocando desequilibrios que terminan frenando el crecimiento esperado. El problema importante, desde esa perspectiva, no es el desarrollo económico en sí mismo sino la óptima y equilibrada organización del mercado, libre y abierto, siendo el desarrollo su lógica consecuencia.

Desde la teoría crítica, se denuncia el “desarrollismo” y se argumenta que los problemas de la economía derivan de un modo de acumulación del capital que se sostiene sobre la injusta distribución de la riqueza, es la llamada “Ley de Pareto” quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la mayor parte de la pobreza, lo que se postula como inevitable en cualquier sociedad. Esto origina una división del mundo entre naciones desarrolladas y subdesarrolladas, donde las

primeras se sostendrían sobre una inequitativa organización mundial del mercado capitalista que concentra la riqueza y excluye del desarrollo a vastas regiones del mundo.

Nurkse, afirma que en los países pobres, las propias fuerzas del mercado perpetúan la pobreza; dado que para salir de ella se requiere invertir para aumentar la productividad, ello resulta difícil, no sólo por el escaso ahorro de los pobres, sino por la falta de incentivo de beneficios para construir plantas de alta productividad, cuando el mercado local existente para su producto es demasiado pequeño. De ahí que un comportamiento atomístico por parte de los productores podía encerrar a una economía dentro de su frontera de posibilidades de producción. De igual forma, Hirschman señala que la mayoría de los países pobres sólo poseen recursos para invertir en unos pocos proyectos modernos, y que, por tanto, pueden intentar el crecimiento equilibrado sólo a largo plazo, mediante un proceso secuencial de construir primero una y después otra planta, corrigiendo con cada paso el desequilibrio considerado como más dañino para acercarse de forma gradual a una estructura más equilibrada.

Con la misma lógica, Giddens, establece que el capitalismo no permite acceder a una nueva y superior fase del desarrollo por que establece un tipo de relaciones sociales de producción que pone límites al desarrollo de las fuerzas productivas. Asimismo, establece, que: “El capitalismo es económicamente ineficiente, socialmente divisivo e incapaz de reproducirse a largo plazo”. El problema importante, desde esta perspectiva, no sería el desarrollo económico como tal sino la transformación estructural de la economía, de modo que la instauración de nuevas relaciones sociales tendría como lógica consecuencia el problema del desarrollo.

En este sentido, según Solimano, el “desarrollo” está basado en la concepción de la distribución de la riqueza. La teoría de la justicia distributiva se centra en las causas de la desigualdad y aporta los fundamentos filosóficos y económicos para esclarecer los debates sobre la desigualdad. Si las desigualdades de ingreso y riqueza que se observan en una sociedad reflejan, en buena parte, las diferencias individuales en sus dotes iniciales de riqueza, talento, origen familiar, raza, género, factores que en su mayoría escapan al control del individuo, o sea, que constituyen un conjunto de factores ‘moralmente arbitrarios’. Entonces la desigualdad pasa a ser un problema ético, pues un conjunto de factores claves para la creación de la riqueza son ‘externos’ al individuo.

Las desigualdades de ingreso, riqueza y consumo que se observan también reflejan las diferencias individuales en materia de esfuerzo, ambición y disposición a asumir riesgos. En la medida en que este último conjunto de elementos refleja preferencias individuales y pertenece al ámbito de la responsabilidad personal, no toda desigualdad de ingreso o riqueza constituye un problema ético desde el punto de vista de la justicia distributiva.

Las políticas orientadas a incrementar las capacidades individuales de generación de ingresos y su productividad son vitales, según Solimano, para compatibilizar el crecimiento económico con una mejor distribución del ingreso y una menor pobreza. Según este autor, la educación constituye un ejemplo claro, pues dota a la gente de mayor capital humano y capacidades productivas y promueve la movilidad social.

El desarrollo contiene una dinámica donde se entrecruzan producción de formas de conocimiento, relaciones de poder, instituciones del desarrollo y prácticas desplegadas. Analizar la relación conocimiento-poder implica entonces analizar a los técnicos y a las instituciones del desarrollo antes que a sus "beneficiarios".

La economía es una acción humana libre, que debe ajustarse al fin natural del hombre. Por ello corresponde que se someta al "principio de necesidad" aristotélico. En cambio, la aplicación del "principio de maximización", propio de la economía neoclásica, conduce a una tecnificación de la economía, que la desnaturaliza.

### **1.3.5.- El enfoque desde Desarrollo Sustentable**

La crítica al desarrollo aparece con una nueva vertiente intelectual, con una óptica muy distinta a las anteriores, la preocupación por la situación del medio ambiente, hace abandonar el tema del desarrollo y observar la tendencia al agotamiento de los recursos no renovables y los desequilibrios del ecosistema derivados de la expansión de la sociedad industrial. Concluyen, que de seguir persiguiendo el crecimiento es ir a un camino sin salida y sin retorno.

El crecimiento económico, desde esta vertiente, ha sido cuestionado por cuatro líneas distintas pero convergentes:

1. La decreciente disponibilidad de recursos, afirmada en base a la proyección de las actuales tendencias de aceleración del crecimiento, que hacen prever que en las próximas décadas se verificará el agotamiento o disminución crítica de ciertos recursos naturales indispensables.
2. Los efectos que el crecimiento económico está provocando en el medio ambiente. La cuestión del agotamiento de los recursos fue planteado por el Club de Roma en su informe de 1972 sobre los límites del crecimiento. Analizando con modelos sistémicos las tendencias de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, concluyó que el planeta alcanzaría los límites teóricos de su crecimiento en el curso de los próximos cien años, pero que ya mucho antes comenzarían a manifestarse desajustes y desequilibrios tales que los límites prácticos se harían presentes con una rapidez asombrosa.
3. Los efectos que el crecimiento, sobrepasado cierto nivel, ha comenzado a provocar en la vida cotidiana de las personas y en la organización de la sociedad, deteriorando la calidad de vida y llevando a formas de convivencia en forma crecientemente insatisfactorias.
4. El problema demográfico y las formas de encarar el crecimiento de la población.

En base a estas consideraciones, se enfoca el tema del crecimiento económico, que se diferencia del análisis económico convencional (que considera y mide la expansión del producto económico). El concepto se amplía y se constituye, no sólo en la expansión del producto, sino también y al mismo tiempo, en el crecimiento de las categorías económicas, de los factores, de los recursos y de las fuentes de los recursos, todo lo cual aparece como una condición necesaria para la sostenibilidad del crecimiento del producto y del desarrollo económico.

Las diferentes formas de concebir la naturaleza dentro de la economía implican una de las rupturas más profundas dentro de las teorías modernas del crecimiento. La visión tradicional parte de considerar a la economía como un sistema aislado, como un flujo circular de producción-consumo, como un conjunto de valores de cambio de empresas a hogares y a empresas, sin necesidad de contemplar el entorno natural. Según Solow, en el caso de que se agoten los recursos naturales, entonces otros factores de producción, especialmente el trabajo y el capital reproducible podrían servir de sustitutos.

La visión opuesta es que el proceso económico está cimentado en una base material sujeta a determinadas restricciones. Dentro de este enfoque, sobresale el planteamiento limitacionista, el cual sugiere la imposibilidad del crecimiento exponencial de la economía y la limitación forzosa de la sustitución de los recursos naturales por el capital. El proceso económico recibe recursos naturales valiosos y despende desperdicios. La opinión de esta postura es que el producto verdadero del proceso económico no es un flujo material de desperdicios, sino un flujo inmaterial: el disfrute de la vida. El planteamiento limitacionista está representado por el "bioeconomista" rumano Georgescu-Roegen, en su obra *"The Entropy Law and the Economic Process"*, que ha sido considerada como el principal fundamento de la crítica ecológica de la ciencia económica estándar.

La teoría limitacionista advierte que la economía es un sistema parcial, que se halla circunscrito por un límite a través del cual se intercambia materia y energía con el resto del universo material. Este proceso ni produce ni consume materia-energía, sólo los absorbe y expelle de forma continua. La interpretación es que el proceso económico recibe recursos naturales valiosos y despende desperdicios sin valor. En consecuencia, las innovaciones tecnológicas no pueden poner fin a este problema irreversible, por que es imposible producir "mayores y mejores" productos, sin producir "mayores y mejores" desechos. Por tanto el desarrollo económico basado en la abundancia industrial *sería "una bendición para nosotros y para quienes lo puedan disfrutar en un futuro cercano, pero de forma definitiva atenta contra los intereses de la humanidad como especie"*(GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Las manifestaciones del crecimiento económico proceden de la consideración de las externalidades negativas que se producen dentro de las sociedades de consumo más satisfechas. Se considera al medio ambiente como un conjunto de bienes y servicios, valorados por los individuos dentro de una sociedad. Sin embargo, como estos suelen estar disponibles en forma gratuita, es decir con un precio cero, pero este valor generalmente no es reconocido. Las consecuencias de ello son el uso excesivo o la sobreexplotación, que conducen a la degradación medioambiental. Estas consecuencias se las denominan externalidades negativas ya que los costos

que se derivan de las decisiones de producción y consumo que son “externos” a los agentes implicados en las mismas. Los economistas neoclásicos sostienen que, para considerar estas externalidades dentro de los cálculos económicos, sólo sería necesario asignarles un precio. Una vez hecho esto, se podrían aplicar los modelos de comportamiento que se suelen emplear a la hora de analizar el resto de la economía.

En este contexto se difundió la preocupación por el medio ambiente y los límites naturales. En concreto, la teoría limitacionista sugiere que: el mundo se quedaría sin materias primas estratégicas, el aumento de la contaminación tendría efectos serios y la población sobrepasaría las posibilidades de abastecimiento del planeta.

Estos planteamientos fueron criticados, principalmente por los economistas neoliberales, quienes argumentaban: que no se había tenido en cuenta el efecto de la innovación tecnológica frente a la escasez de los recursos, ya que los precios son un gran aliciente para realizar mayores descubrimientos de recursos, vía ampliación sistemática de sus horizontes de disponibilidad, y si los recursos son limitados, obstaculizar el crecimiento sólo pospondría el colapso final, que los niveles de contaminación pueden corregirse y reducirse cada vez más, si se aplican políticas de precios que internalicen las consecuencias negativas y a pesar de que la oferta mundial de alimentos ha crecido de una forma más rápida que la población en las últimas décadas, nos encontramos con que la realidad nos muestra que la aceleración del crecimiento económico induce a una reducción del crecimiento demográfico.

En el debate económico se ha generalizado el planteamiento del concepto de desarrollo sostenible. El concepto de desarrollo sostenible se popularizó a partir de la publicación en 1987 del Informe Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, el cual inició un proceso de debate internacional sobre la relación entre desarrollo y medio ambiente

La idea central, es que se genera una disyuntiva entre el crecimiento económico y el medio ambiente. El antagonismo dio lugar a plantear los siguientes aspectos:

1. El desarrollo sostenible implica que la calidad medioambiental mejora el crecimiento económico a través de varias formas: mejorando la salud de los trabajadores, creando nuevos empleos en el sector medioambiental y creando empleos en el sector dedicado a combatir la contaminación.
2. El desarrollo sostenible acepta que, de todos modos, deberán existir algunos *trade-offs* si se contempla un concepto restringido de crecimiento económico, en donde se destaca el hecho que el crecimiento está en conflicto con el medio ambiente porque se pone poco esfuerzo en integrarlo dentro de las inversiones de capital y de otras decisiones de producción.

De ambas cuestiones se resalta que no se pretende cuestionar si se crece o no, sino cómo se crece. En este proceso los economistas neoclásicos consideran que mediante la innovación tecnológica, se puede reducir el

consumo energético o salvar recursos y al mismo tiempo continuar el proceso de crecimiento. El desarrollo sostenible modifica el enfoque del crecimiento económico basado en las medidas y en los elementos tradicionales de la economía. Se critica la utilización del Producto Interno Bruto como una medida básica para calcular el crecimiento económico, por que éste tiende a no desviarse de uno de sus propósitos fundamentales, que sería reflejar el nivel de vida de la población, lo que se consideraría como desarrollo económico.

El Producto Interno Bruto se convierte en una medida obsoleta del progreso en una sociedad que lucha por satisfacer las necesidades de la gente con la mayor eficiencia posible y con el menor daño para el ambiente. Lo que cuenta no es el crecimiento del producto sino la calidad de los servicios prestados. Así pues, este aspecto de la transición del crecimiento económico a la situación sostenible resulta mucho más difícil porque llega a la base de las pautas de consumo de la población. Una economía sostenible representa nada menos que un orden social superior, preocupado por las generaciones futuras tanto por la generación actual.

Este concepto del crecimiento se entendería, dado todos estos planteamientos, como el aumento de tamaño con la adición de material por medio de la asimilación de nuevos procesos productivos, esta medida es cualitativa y se contrapone al concepto de desarrollo económico, el cual implica expandir o realizar las potencialidades y llegar en forma gradual a un estado más completo, mayor o mejor para toda la sociedad.

#### **1.4.- Conclusiones sobre Tecnología y Desarrollo**

Ya sea desde la evolución cronológica de las teorías del crecimiento económico o del desarrollo económico, y también desde los enfoques alternativos sobre el desarrollo, la tecnología está siempre presente.

Si se hace una breve síntesis se puede ver como se ha modificado la forma en que se ve a la tecnología como factor, un factor de producción o de ayuda al desarrollo.

Las primeras teorías económicas analizadas no consideran a la tecnología como un factor independiente, la Ley Say no analiza las causas del incremento de productividad o de la aparición de un nuevo producto, esto puede deberse a que la teoría surge a principios de la primera revolución industrial, donde los factores determinantes de la producción eran la fuerza motriz del vapor y la división del trabajo y los cambios más significativos de la producción estaban más ligados al aumento de unidades de producción que a sus productividad.

La misma consideración sobre la tecnología hace Keynes, quien está inmerso en el comienzo de la segunda revolución industrial donde la dinámica de producción es tayloriana y los motores de combustión interna y los motores eléctricos reemplazan al vapor como fuerza motriz. La producción agregada se producía también como resultado de un aumento en las unidades de producción y no en la productividad de las mismas.

En los modelos de Harrod y Domar se sigue el mismo criterio de Keynes, enfocándose en la coincidencia del crecimiento con el crecimiento equilibrado en donde la tecnología no es determinante del crecimiento, ni se lo considera dentro de la conformación del crecimiento equilibrado. En esta etapa de la

evolución tecnológica cuando se postularon estos modelos, los procesos de automatización industrial no se habían difundido y la tecnología no influía sobre el nivel de empleo.

Hasta aquí la tecnología era algo exógeno al proceso de crecimiento, con Solow la tecnología pasa a formar parte del proceso de crecimiento, ya que el volumen de producción depende del proceso tecnológico, en esta etapa la automatización industrial marca diferencias, lo que refleja Solow, al decir que el progreso tecnológico genera el aumento del capital físico y la acumulación de conocimiento. También expresa la influencia de la tecnología y el conocimiento al considerar como factores la fuerza laboral por unidad de producción y el capital físico por unidad de producción. Al ser la automatización industrial el motor tecnológico de la época, el conocimiento se convierte en la base de la ocupación de la fuerza laboral y desplaza a la habilidad manual.

Kaldor propone al crecimiento de la producción como causa del crecimiento económico y vincula a la productividad del trabajo con un proceso de aprendizaje que se traslada de los sectores más productivos a los menos productivos. El conocimiento de la fuerza laboral se transforma en un capital social que puede acumularse mediante la educación e influye en el crecimiento de la productividad. También considera al progreso tecnológico, la especialización y los nuevos métodos de producción como factores del crecimiento. Esta visión se corresponde con la aparición de las *"tecnologías blandas de producción"*, donde los procedimientos y no las máquinas generaban aumentos de producción, la metodología de trabajo, la organización de la producción y otros factores constituyen las fuentes del incremento de la producción, donde el nivel de conocimiento de la fuerza laboral es quien más contribuye.

Joan Robinson, incluye como causas del crecimiento económico las condiciones técnicas, la investigación y las mejoras en la educación, además retoma las ideas de Keynes sobre el *"instinto animal del empresario"*, para crecer mediante el incremento del conocimiento científico y su explotación para producir progreso técnico. Estas apreciaciones de Robinson, coinciden con la aparición de la informática y la biotecnología como tecnologías de punta que requieren de altos niveles de conocimientos no solamente técnicos, sino científicos.

Hayek, en cambio no habla de la tecnología pero implícitamente está contenida en dos de sus postulados, ya que para lograr que los costos de producción se adapten a los precios de mercado, en una etapa de producción no tayloriana, la única variable de ajuste es el nivel de tecnología y automatización que pueda incorporarse al proceso productivo. También considera a la producción como desagregada en etapas verticales, lo que solo puede hacerse compatibilizando las tecnologías de las etapas, mediante procedimientos de optimización que también son parte de las tecnologías blandas, como por ejemplo los procedimientos *Just in Time*.

Con Romer, la tecnología se afirma como endógena al proceso de desarrollo mediante los procesos de desarrollo tecnológico, innovación e investigación, que dan origen a un Capital Humano formado por procesos intra firma en la empresa y por la educación como proceso social. Romer propone como forma de generación de acumulación del conocimiento, el proceso de *Learning by doing*, que se desarrolla en el interior de las firmas, y que se difunde por transmisión de conocimiento en un entorno cercano a otras firmas,

generando los *Spillovers* de conocimiento. Esta teoría es consistente con la revolución industrial del conocimiento y de los sistemas de Información, donde el conocimiento se adquiere y transmite por el manejo de la información de los procesos y procedimientos productivos.

Como síntesis de cómo ven las distintas teorías del crecimiento económico a la participación de la tecnología como factor de desarrollo, se puede decir que el estado de la tecnología en el período en que se postularon las distintas teorías ha influido notablemente en ellas, aunque no se lo mencione explícitamente en dichas teorías.

Las otras visiones del desarrollo también consideran a la tecnología como un factor importante, Shumpeter consideraba al desarrollo como una alteración del equilibrio mediante acciones empresariales innovadoras, cuyo motor implícito es la innovación tecnológica.

La visión desde la teoría del Capital Humano que propone un eje de Sustentabilidad, Gobernabilidad y Cooperatividad integra los conceptos de Capital Humano a nivel de Trabajo, Capital Social a nivel de Instituciones y Capital Físico a nivel de Empresas. El conocimiento es transversal a estos conceptos y se propaga mediante redes de conocimiento y *Spillovers* que interrelacionan los conocimientos generados por la educación y por las empresas. Esta visión considera a la tecnología una herramienta o un medio en un proceso más integral que el económico.

La visión del Desarrollo territorial, se centra en el intercambio de conocimiento interfirma, centrando la tecnología como un conocimiento que se genera y propaga en un ámbito geográfico dado.

Desde la óptica del desarrollo como un conjunto de procesos industriales, la tecnología se relaciona con la dinámica industrial y la posibilidad de creación de cluster productivos.

En el Desarrollo Sustentable, la tecnología es el medio de lograr una producción que garantice la disponibilidad a futuro de los recursos renovables y la preservación del medio ambiente mediante el uso de *Tecnologías Limpias*.

Estas visiones no económicas del desarrollo proponen a la tecnología como medio o instrumento para alcanzar metas o determinadas condiciones de desarrollo. Estas visiones son posteriores al gran desarrollo productivo alcanzado a finales de la segunda revolución industrial, donde la tecnología era lo suficientemente flexible para adaptarse a distintas condiciones de producción y donde el conocimiento es la llave para utilizar dichas tecnologías.

## Capítulo 2 Características de la Tecnología

### 2.1.- La evolución cronológica de la tecnología y como se la consideró

El término *tecnología* fue introducido en el siglo XVIII con la aparición de la *Encyclopédie*, enunciada por sus raíces griegas: *techné*, que significa saber hacer practicado por el ejercicio de un oficio, es decir un arte; y *logos*, el saber organizado, sistemático y con un fin determinado, es decir el conocimiento científico. Se puede definir a la tecnología como la ciencia del arte de hacer las cosas, o el arte de la ciencia práctica, haciendo un juego de palabras. Se puede decir que la tecnología es un conjunto ordenado de conocimientos provenientes de la ciencia y de la experiencia utilizados para producir bienes, usar bienes y generar servicios.

Se plantea si la tecnología y la ciencia son distintos caminos en la evolución del pensamiento, partiendo de las consideraciones hechas por Jorge Sábato, quien plantea que *"la ciencia y la tecnología no pueden separarse ya que sin la ciencia no hay tecnología y sin tecnología no puede haber ciencia"* (SÁBATO, 1975), de hecho un análisis histórico de la evolución de la ciencia y la tecnología nos permite concluir sin lugar a dudas que el avance del pensamiento científico ocurre luego de evoluciones tecnológicas y estos a su vez a partir de avances del pensamiento científico.

Los avances sucesivos de ciencia y tecnología pueden ser sustanciales si se establecen parámetros científicos o tecnológicos de comparación pero no se puede medir su impacto sobre la sociedad, y si así se hiciera, se vería aspectos parciales de su impacto, como plantea Schumpeter en su *"Theory of Economic Development"*. Allí desarrolla su teoría sobre el espíritu emprendedor que *"crea adelantos tecnológicos y financieros en contraposición a la caída de utilidades y aumento de la competencia creando crecimientos irregulares de la actividad económica, de este modo se puede establecer una relación entre tecnología y economía"* (SCHUMPETER, 1963).

Se puede, también relacionar la tecnología y la sociología, la antropología, la medicina, la religión y otras actividades, pero se tendría influencias de distinto tipo que ocurren en distintos períodos históricos, ya que las relaciones entre avances científicos y tecnológicos y las demás ciencias no coinciden históricamente. Plantear períodos históricos es quizás un problema difícil, pero la filosofía o el pensamiento social puede ser un buen parámetro ya que el análisis filosófico representa una síntesis del pensamiento social.

Se partirá de cómo cambia la concepción filosófica sobre la tecnología para definir períodos de tiempo en los cuales se verá las relaciones entre ciencia tecnología, sociedad.

#### 2.1.1- Etapas desde la consideración filosófica de la tecnología

Si se toma cada etapa a partir de pensadores representativos y su obra, se puede hacer alguna consideración de cuando se produce un cambio sobre la concepción de la ciencia y la tecnología:

*Proceso social único (Grecia Antigua)*: Etapa en que rige la concepción Prometeica de la Ciencia, Cultura y Sociedad, todo se integraba en un

proceso histórico por cuya creación el hombre se diferenciaba de los animales y afirmaba su superioridad. La tecnología y la ciencia eran parte de este proceso.

*La ciencia y la tecnología se integraban sin diferenciarse todas las actividades que realizaba la sociedad.*

*Subordinación de la técnica a la ciencia (Grecia Siglo IV AC):* En este período las obras de Platón y Aristóteles marcan un cambio en la integración filosófica de todas las ciencias. Platón en su "*PHILEBO*" (428-347 AC) divide en forma jerárquica las capacidades y las realizaciones del hombre en:

- Conocimientos y Capacidades pertenecientes a la educación y formación (Valores, discurso, interpretación) la se consideraba CULTURA en un sentido restrictivo, que excluía las capacidades productivas y manuales, considerándolas de menor jerarquía.
- Técnicas productivas, manuales y materiales, estas se jerarquizaban según cual relacionada estuviere con las ciencias o EPISTEME. Se las consideraba como actividades propias de esclavos.

Aristóteles en su "*METAFISICA*" (384-322 AC) amplía la división planteada por Platón y considerando distintas categorías de las ciencias manuales y productivas, dividiéndolas:

- Según la relación que la actividad tuviera con la ciencia:
  - TECHNE Técnicas Manuales subordinadas al conocimiento científico.
  - EPISTEME Ciencias puras
- Según la necesidad que se tuviera para desempeñar la actividad:
  - EMPEIRA actividades que se desarrollaban a partir de capacidades empíricas.
  - DOXA actividades que se desarrollaban a partir de un conocimiento contingente.
- Según la naturaleza de la producción que se obtenía a partir de la actividad:
  - PRAXIS Realizaciones Intelectuales
  - POIEXIS Producción de objetos materiales
- Según el ámbito donde se desarrollaba la actividad:
  - PHYCIS Ámbito de la Naturaleza
  - TECHNE Ámbito de los objetos Artificiales

En este período se divide la ciencia y la tecnología como parte integral del proceso de evolución de la sociedad dividiendo la ciencia y la tecnología en dos ramas y subordinando la segunda a la primera, ya que las actividades productivas no eran desempeñadas por ciudadanos. Es interesante un ejemplo que cuenta Aristóteles respecto de cómo adquirió su fortuna Tales de Mileto, quien por sus conocimientos de astronomía previó una gran cosecha de oliva y acaparó todas las prensas de Mileto

y Quíos las cuales subarrendó luego haciéndose de una gran ganancia. Esa consideración sobre la superioridad de la obra del pensamiento sobre la obra del trabajo, trazó una línea de pensamiento en la consideración social del trabajo que se prolongó en la historia durante mucho tiempo.

*Se separa a la ciencia de la tecnología considerando a esta subordinada y sin trascendencia en la vida de la sociedad.*

*Del orden Natural al Orden Divino (Siglo XIII)*: Si bien el pensamiento de Aristóteles prevaleció y no sufrió grandes variaciones, Santo Tomás de Aquino en su "*Suma Teológica*" (1225-1274) continúa el lineamiento de Aristóteles pero asocia el orden natural al orden Divino. Las nuevas corrientes de pensamiento sufren un gran condicionamiento pues quien contraviene al orden Natural, o lo que se supone que es el orden Divino, comete herejía. Suele asociarse los artilugios artificiales como obra del demonio.

*Se vincula el Orden Natural al Orden Divino condicionando de este modo cualquier innovación en el pensamiento, que debe responder al antiguo orden Aristotélico.*

*Renacer del pensamiento científico y tecnológico (Siglo XVII)*: El principio del orden Natural y la subordinación de la técnica o tecnología se comienza a derrumbar a partir de los cambios que la tecnología introduce en la sociedad de la época y comienza a plantearse por un lado la independencia del pensamiento científico del supuesto "Orden Natural" y por otro se considera a la tecnología con otra dimensión que no es la subordinada al pensamiento científico.

Se destaca entre los pensadores que se adelantaron al cambio, a Tomas Moro (1478-1535), en su "*Utopía*", plantea una isla con una sociedad perfecta con armonía entre la naturaleza y la técnica, con una estructura social con reminiscencias de la república de Platón y con adelantos como maquinas, o supuestos submarinos que contribuyen al bienestar de la población.

Dentro de esta línea de pensamiento Francis Bacon (1561-1626) plantea en "*La Nueva Atlántida*" a la técnica como fuente de transformación económica y social, adelantándose al Progreso Tecnológico Científico.

En el orden del pensamiento científico se destaca Galileo Galilei (1564-1642) quien mediante observaciones, que le posibilitan los adelantos tecnológicos, plantea los errores de la antigua concepción en la estructura del sol y los planetas, atacando la inalterabilidad del orden Natural o del supuesto Orden Natural y Divino.

Finalmente Rene Descartes (1596-1650) propone una estructura matemática del Orden Natural que introduce otra concepción de no es la teológica y un método para la formulación de hipótesis sobre los fenómenos de la Naturaleza.

*El pensamiento científico se aparta de su subordinación al orden natural al cual comienza a explicar mediante hipótesis que nada tienen que ver con lo religioso, se considera a la tecnología como una fuente de progreso para la gente y no como algo subordinado tanto al*

*pensamiento científico o a actividades manuales generalmente menospreciadas.*

*La tecnología como ciencia (Siglo XIX):* Al impulso de la Revolución Industrial y los cambios que esta ocasiona se eleva la consideración de la técnica o tecnología a la categoría de ciencia tal como manifiesta Ernst Krapp (1808-1896) en su libro "*Líneas Fundamentales de una Filosofía Técnica*", establece un parangón entre los elementos técnicos y la forma en que el hombre maneja las cosas. Acuña el término "Filosofía de la Técnica" y describe lo que llama el ORGANON un órgano natural reemplazado por otro artificial con similitud funcional. Frente a la euforia de cambios surgen algunos críticos como Goethe (1749-1832) quien en su *Fausto* desarrolla una preocupación por la técnica que se recoge como "Temor Fáustico".

*Se considera a la tecnología como una ciencia. Surge la TECNOFILIA que considera a la ciencia y la tecnología como responsables y motores de los cambios sociales y culturales.*

*La tecnofobia (Principios del Siglo XX):* A principios de siglo la crisis del capitalismo industrial cambia la percepción que tiene la sociedad sobre la tecnología algunos autores como Martin Heidegger proponen que el desarrollo de la tecnología moderna va contra el desarrollo cultural y pone en peligro los valores humanos y su misma esencia, otros como Oswald Spengler en sus libros "*La decadencia de Occidente*" y "*El hombre y la Técnica*" plantea que los valores que surgieron del uso de la tecnología alejaron al hombre de la naturaleza, lo que causó su decadencia

*Surge la llamada TECNOFOBIA que considera a la ciencia y la técnica subordinadas y causantes de los problemas sociales.*

*La neutralidad de la ciencia (Siglo XX):* Las teorías de Heidegger concitan el apoyo de pensadores psicólogos y mentalistas. Sin embargo Fregue y Russel se oponen a las teorías psicológicas y mentalistas de Hume y Kant proponiendo un método filosófico basado en análisis conceptual Lógico. Max Weber propone la teoría de la Neutralidad de la Ciencia o una Independencia del pensamiento científico con el ámbito de interacción y confrontación con los individuos o sus grupos de interés. Merton plantea una ciencia y técnica desinteresadas de los factores sociales. Popper coincidentemente en "*Lógica de la Investigación Científica*" propone la independencia científica en donde las hipótesis sin no son refutadas por la observación pueden considerarse válidas, de este modo ninguna teoría se establece en forma concluyente.

*Se establece que la ciencia y la técnica son independientes de los cambios que se ocasionan en los grupos sociales, producto de dichas transformaciones.*

*El integracionismo (Siglo XX):* Al contrario de las corrientes de pensamiento que postulan la independencia de la ciencia y la técnica de las otras ciencias E.B.Taylor padre de la "*Antropología Moderna*" en

donde propone que la cultura o civilización es un conjunto de conocimientos, creencias, arte, leyes, moral, costumbres y capacidades y hábitos adquiridos por el hombre como miembro de una Sociedad. No excluye así ni a la ciencia ni a la técnica. Wittgenstein postula que la técnica se manifiesta en la práctica de actividades reguladas y pautadas, mediante imitación, estímulo y corrección, así la técnica tiene carácter cultural y social.

*El INTEGRACIONISMO propone la integración de las distintas disciplinas de la ciencia como partes individuales de un todo. Se vuelve al concepto de la antigua Grecia pero individualizando cada aspecto de la actividad del grupo humano.*

Estas etapas sirven para ubicarse respecto a la consideración que la sociedad ha hecho de la tecnología, vemos que en los últimos años en que el progreso tecnológico se ha acelerado, las distintas consideraciones sociales también han surgido en la misma proporción.

### **2.1.2- Etapas desde las características propias de la tecnología**

Otra manera de analizar la evolución histórica de la tecnología es a partir de sus características propias, aplicaciones y elementos tecnológicos que contribuyeron a producir cambios sustanciales en la sociedad de su época.

Las características de la tecnología han variado con el tiempo según el tipo de producción, la utilización de bienes y las actividades que se realizaban a partir de cierto estadio tecnológico. Desde este punto de vista cronológico, la separación entre las distintas etapas tecnológicas no están bien definidas y mayoritariamente estas etapas están ligadas a la historia occidental, prescindiendo de otras culturas que fueron antecesoras en el desarrollo de elementos y métodos tecnológicos, pero que estuvieron circunscriptas en un ámbito geográfico restringido sin difundirse universalmente. Se establece así, el principio de universalidad, ya que la difusión de una tecnología es esencial para que se produzca un cambio tecnológico que es el que verdaderamente moviliza otros cambios económicos y sociales.

Según los bienes producidos y su uso, se puede establecer las siguientes etapas:

*Producción y uso de herramientas (Prehistoria):* Esta etapa está vinculada al desarrollo de útiles de caza, labranza y armas y su uso en forma individual o grupal. En esta etapa es casi nula la difusión masiva de la fabricación y uso de estos elementos.

*Producción de bienes de uso común (Grecia antigua):* En esta etapa se orienta la producción de bienes y elementos necesarios para el hábitat común (la Polis), la producción de bienes para el intercambio comercial y la creación de artilugios de guerra. En este período la difusión de los conocimientos se producen por los viajeros, el comercio y la guerra. Aparece la especialización en algunos oficios (herrero, soldado, labriego, etc.). También aparecen las escuelas como forma de transmisión de un saber común.

*Producción vinculada a los medios de comunicación (Edad Antigua):* El establecimiento de vías de comunicación motoriza la producción de naves y de caminos (vías romanas), a partir de esto se potencia el comercio, se crean sistemas de pesas y medidas y se desarrollan métodos de regular los intercambios comerciales. Se consolida la moneda como método de intercambio. El aumento del comercio aumenta la difusión de los conocimientos. Aparece la documentación del conocimiento.

*Producción mediante energía no animal (Alta Edad Media):* En este período se reemplaza la fuerza del hombre o las bestias por ingenios que utilizan otras formas de energía como la eólica (molinos de viento), o los cursos de agua (molinos de rueda hídrica). Aparecen las escuelas de oficios donde el conocimiento se transmite por un proceso de aprendizaje y trabajo, dirigido por un maestro artesano, esta forma de educación se mantendrá hasta la edad contemporánea, manteniéndose hoy en día bajo otras formas (pasantías, práctica en empresa). El conocimiento se transmitía en claustros y monasterios y estaba dominado por el pensamiento Tomista. En esta época se funda la Universidad de Córdoba.

*Producción de grandes volúmenes (Baja Edad Media):* Surgen los grandes barcos con gran capacidad de carga, se perfecciona la brújula, se logra el colado de hierro que permite el desarrollo de nuevas armas al combinarse con el uso de la pólvora, la chimenea surge como sistema de ahorro de leña, que comenzaba a escasear por la gran tala de árboles. Surgen otras universidades, entre ellas las de París. El aumento de la población obliga a generar altos volúmenes de mercaderías, se construyen castillos como asiento del poder feudal y forma de defensa común, surge vecino a él, el burgo constituido por comerciantes y artesanos.

*Nuevos Métodos de Producción y de Conocimiento (Fines de la Baja Edad Media):* Hay hechos importantes que definen este período: la producción de bienes en forma sistemática (los telares), la imprenta, la aparición de nuevas teorías científicas que se apartan de la filosofía tomista, el comienzo de la separación entre estado e iglesia, la consolidación de la banca financiera. Se abandona la educación ligada a lo religioso, surge la reforma de Lutero. Se consolida el poder real en alianza con la burguesía por sobre los feudos, surge el estado nación. Surge la división del trabajo como metodología de producción masiva y con ello la acumulación de riqueza basada en la producción comienza a desplazar a la proveniente del comercio y la explotación de recursos naturales (agricultura y ganadería). Se consolidan capitales productivos y financieros vinculados a la producción de bienes.

*Primera Revolución Industrial (Siglo XVIII):* Este período está ligado a la utilización de las máquinas de vapor como fuerza motriz de los procesos de producción. También se desarrolló el ferrocarril que disminuyó drásticamente el costo del transporte terrestre y permitió aumentar la

velocidad del transporte marítimo estableciendo rutas cuyo tiempo de travesías no estaba vinculado a la presencia de vientos. El proceso industrial de utilización de motores de vapor que se inició en la industria textil requería fuertes inversiones de capital, lo que terminó consolidando al sistema bancario como fuente de fondos destinados a inversión productiva. Aumentan los conocimientos necesarios para la producción de bienes y la mano de obra productiva se divide entre quienes tienen ese conocimiento técnico y quienes no los tienen. Esta necesidad de mano de obra capacitada provoca la universalización de la enseñanza como forma de acceso al conocimiento y se institucionaliza la enseñanza técnica en reemplazo de los antiguos talleres de oficios. La sociedad se transforma teniendo a la burguesía como clase dominante formada por banqueros, industriales, grandes comerciantes y funcionarios públicos. Los obreros no especializados y los campesinos formaban las clases más bajas sometidas a condiciones de explotación y sometimiento. Este período se corresponde con la hegemonía de Inglaterra a nivel mundial.

*Segunda Revolución Industrial (sobre fines del siglo XIX):* Este período se caracteriza por el reemplazo de los motores de vapor por los motores de combustión interna y el uso de la electricidad para distintos fines. También en este período el acero reemplaza al hierro de fundición. El automóvil y el avión generan grandes cambios en los medios de comunicaciones y ayudan a la consolidación del territorio interior de los países. Las cámaras refrigeradoras transforman la comercialización de alimentos perecederos. Los niveles de conocimiento técnico requieren de la especialización en determinadas áreas del conocimiento, separándose este no solo por estas áreas, sino por niveles de conocimiento según el rol que desempeñaban dentro del esquema de producción. Aparecen las titulaciones para certificar los conocimientos y las patentes para proteger los derechos de los inventores. En este período la ciencia y la técnica adquieren características diferenciadas y ocupan distintos ámbitos, la universidad para la primera y las empresas para la segunda, una busca el conocimiento universal y la otra su utilización práctica. Los nuevos medios de comunicación permiten acelerar y extender la difusión del conocimiento y de los avances de la tecnología. En este período la hegemonía mundial, que poseía Inglaterra, se traslada a Estados Unidos, quien poseía los ejes del cambio tecnológico, producía acero, tenía las fuentes de producción del nuevo combustible, producía los motores de combustión interna y produce los principales avances en el uso de la electricidad, la producción en serie de los primeros automotores y los aviones.

*Tercera Revolución Industrial (Tercera mitad del siglo XX):* En este período surgen los avances tecnológicos en electrónica e informática que universalizan las comunicaciones y optimizan los procesos industriales. Las metodologías de producción se optimizan desde la información de los procesos productivos primarios (fabricación) y de los procesos secundarios (recursos humanos, capacitación, logística, etc.). La biotecnología genera cambios en la utilización de recursos

renovables y en la salud de la población. La innovación tecnológica deja de estar ligada al impulso de las empresas y es impulsada desde el estado. En esta etapa, los avances tecnológicos requieren un alto nivel de especialización y conocimiento, tanto que algunos autores suelen llamar a esta etapa: la Revolución de la Información o la Sociedad del Conocimiento. El conocimiento sigue estratificándose formalmente mediante niveles de titulación y se habla de una nueva división del trabajo basada en el conocimiento. Se consolida la hegemonía de Estados Unidos al caer el régimen comunista en Rusia, que planteaba una alternativa de poder, pero el poder económico que en las anteriores etapas estaban vinculados al país hegemónico se internacionaliza.

*Etapa del Crecimiento Sustentable (En surgimiento actualmente):* Este período que parece surgir actualmente, está marcado por la necesidad de producir bienes sin agotar los recursos existentes, dañar el medio ambiente o perjudicar a las personas. Esto se está notando por el próximo agotamiento de recursos no renovables, los distintos problemas ambientales y sociales. Distintos consensos internacionales se han formado para garantizar esta forma de producción. La adaptación de las tecnologías existentes a lo que se ha dado en llamar "Producción Limpia" o "Producción Sustentable", está provocando cambios en la tecnología actual y demandando innovaciones. Esta tendencia se está verificando en los países centrales, pero los países menos desarrollados todavía están lejos de llegar a esto, por sus propias limitaciones económicas y por la tendencia de los países centrales de utilizarlos como factorías de sus producciones no sustentables.

Las etapas planteadas no tienen límites cronológicos definidos, pero sí se definen muy bien las características de la tecnología que era utilizada en esa etapa y la influencia que ella ejercía en la economía y la sociedad. A medida que los cambios tecnológicos se aceleran, se reduce la duración de cada etapa. Si bien están definidas las características de cada etapa tecnológica, no está bien definido como es la transición de una etapa a otra; aunque esta transición está vinculada a dos procesos: la innovación y la difusión. La innovación está referida a la creación de un nuevo bien, una nueva forma de producirlo o un nuevo servicio. La difusión está relacionada con el conocimiento de la innovación y su utilización masiva. A partir de estos conceptos se puede elaborar modelos de la tecnología, para ver como es la evolución de esta desde la creación de una nueva tecnología hasta su agotamiento.

## **2.2- Modelos de la Tecnología**

Para comprender lo que caracteriza a las etapas de la evolución tecnológica a través de los procesos de innovación y difusión se debe examinar distintos modelos que intentan explicar como se comporta una determinada tecnología, como evoluciona y como se generaliza.

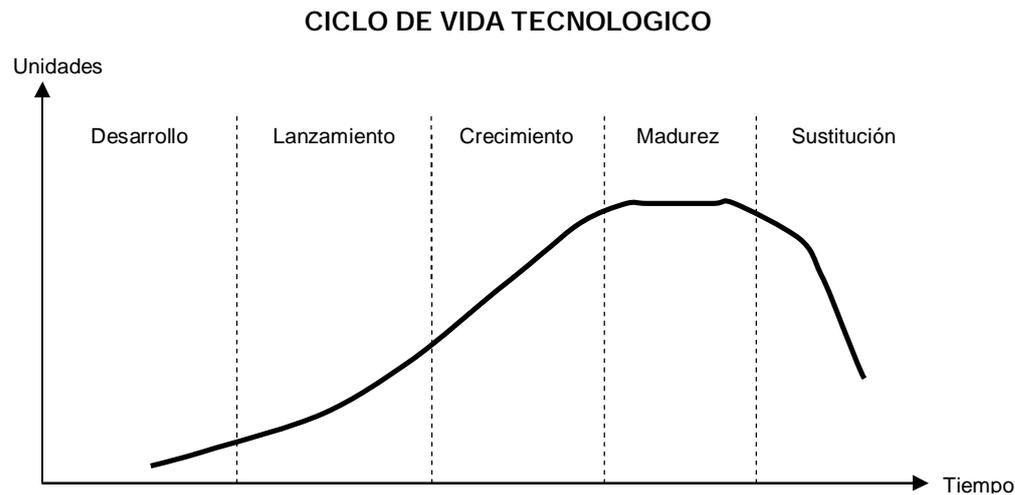
### **2.2.1.- Modelos basados el Ciclo de Vida Tecnológico**

El modelo del Ciclo de Vida analiza como una nueva tecnología, interpretada esta como la elaboración de un bien, un método de producción o un servicio, de desarrolla desde su inexistencia hasta que llega a su obsolescencia, cuando el bien se reemplaza por otro o deja de usarse, el método de producción se reemplaza por otro o se deja de producir de ese modo y el servicio no es mas requerido o deja de ser útil o ni tiene más valor.

Este avance tecnológico se considera como resultado de un pequeño adelanto dentro de un estadio tecnológico dado, donde se inscribe, esos adelantos se originan en una idea que intenta satisfacer una necesidad. Las etapas que se pueden identificarse en este Ciclo de Vida de un producto, son:

- Detección de la necesidad
- Nacimiento de una idea
- Investigación científica aplicada (Método)
- Proposición del Modelo (Selección de alternativas)
- Análisis de factibilidad técnico-económica
- Fabricación de prototipos
- Comprobación de resultados
- Correcciones al modelo y prototipo
- Aceptación de la Solución: producto final
- Fabricación masiva o en serie
- Determinación de especificaciones técnicas
- Elaboración de manuales de operación
- Uso y operación del producto
- Mantenimiento operativo (preventiva o correctiva)
- Mejoras, modificaciones, repotenciamientos o actualizaciones
- Término de vida útil y retiro del servicio
- Valor residual, enajenación y/o destrucción.

Estas etapas se agrupan en cinco fases o estados diferentes en el desarrollo de la tecnología, los nombres que se dan a cada etapa suelen variar según los autores, pero puede representarse según el siguiente gráfico:



Etapa de Desarrollo: La tecnología se desarrolla y parece prometedora.

Etapa de Lanzamiento: La tecnología se va utilizando, se inserta en los mercados, va madurando y se hace más útil.

Etapa de Crecimiento: La tecnología ha alcanzado un adecuado nivel de rendimiento y es utilizada por la mayoría de los demandantes.

Etapa de Madurez: No es posible mejorar más el rendimiento de la tecnología y su demanda alcanza el nivel máximo, se entra en una meseta y se obtiene de ella el mayor beneficio.

Etapa de Sustitución y Obsolescencia: Tras un periodo de madurez, la tecnología se hace obsoleta porque el rendimiento comparativo con otra posible tecnología competidora la convierte en no viable, deja de ser necesaria o deja de brindar la solución que daba antes de cambiar las circunstancias externas.

### **2.2.2.- Aplicación del Ciclo de Vida Tecnológico en la Tecnología de la Información, un enfoque desde la empresa con contenido social.**

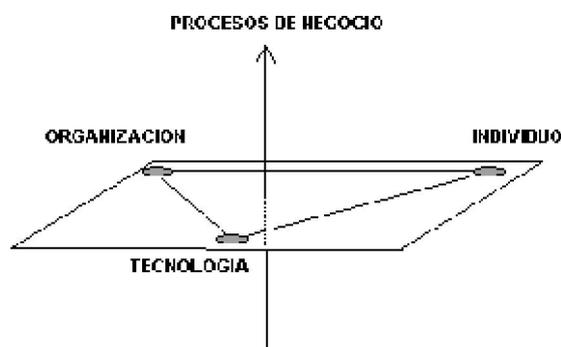
Actualmente uno de los sectores tecnológicamente más dinámicos es el correspondiente a la tecnología de la información. En este sector en particular el ciclo de vida ha generado un nuevo paradigma a partir del modelo del ciclo de vida que aún no se ha generalizado. Se puede decir, aún a riesgo de esquematizar excesivamente los paradigmas vigentes, que estos conducen a secuencias de decisiones clásicas a nivel de empresa, como, por ejemplo, a elaborar primero los objetivos estratégicos de la empresa, y después a acopiar y organizar los recursos humanos y tecnológicos convenientes. En síntesis, éste es el tipo de pensamiento que aún se enseña, pero en un mundo de economía global, acelerada y predominantemente tecnológica, estos paradigmas no funcionan bien. Según Toffler, *“estos son paradigmas empresariales*

*paleotecnológicos, impropios para manejar un entorno hipercomplejo*" (TOFFLER, 1994).

Uno de los muchos fenómenos que ocurren, según Toffler, es que todas las nuevas oportunidades de negocio dependen de parámetros tecnológicos. Frente a este planteamiento, la mayoría de las empresas, viven en un estadio tecnológico desfasado, están técnica y culturalmente atrasadas en sus paradigmas de acción. El papel de la tecnología sigue siendo instrumental, pero ahora es primario, apriorístico y ubicuo y aparece en todas las ecuaciones de la empresa.

La innovación tecnológica en las empresas se transforma en un asunto esencial y más complejo que la clásica transferencia tecnológica, puesto que toca a los potenciales estratégicos de la empresa, a sus procesos organizativos, a sus procesos productivos y a sus procesos psicosociales. Gracias a las nuevas tecnologías, es la organización tecno-social en su conjunto, la clave de la productividad.

A partir de este concepto surgen algunos modelos socio-técnico, elaborados para diseñar estrategias de innovación en el campo de la tecnología ofimática, en general, y del "groupware", en particular. Dado que la tecnología de la información ocupa un lugar preeminente en el desarrollo de los "sistemas de actividad humana", su anatomía técnica tiende a jugar un papel gregario, como uno más entre varios otros factores y es, en el sentido más amplio posible, un proceso de naturaleza cultural y multidisciplinaria, representado por:



El trinomio O, I, T, se generó como concepto por primera vez en una teoría socio-técnica de la ofimática por Sáez Vacas y se ilustra por un triángulo, cuyos vértices, significan: O = Organización, I = Individuos y T= Tecnología.

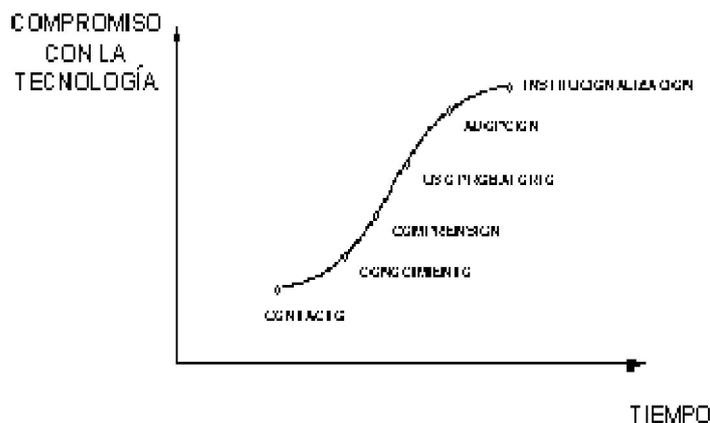
La idea es que la auténtica innovación tecnológica es posible, siempre y cuando se consiga cambiar los tres vértices hasta su convergencia o alineamiento y éste es un problema estratégico de diseño y gestión empresarial de la complejidad socio-técnica.

En el momento teórico en que se funden estos tres puntos, la empresa alcanza un "estado" nuevo en el que la tecnología revela y entrega todo su potencial amplificador, se integra en la cultura y en los procesos de la empresa. Lógicamente, este ciclo hay que repetirlo, porque los factores que dan nombre a los tres puntos son dinámicos y cambiantes. El objetivo sería alcanzar el estadio dinámico de organización de aprendizaje, convirtiéndose en una factoría de aprendizaje, aunque, aunque, esta organización puede bloquearse frente a nuevos paradigmas tecnológicos. En el campo de la teoría de la Información, la innovación tecnológica ha demostrado ser un concepto adaptable, que si se la considera como un proceso, el conjunto de transformaciones que produce una tecnología, no es necesariamente innovación.

*“El trinomio OIT utiliza el cociente “sencillez/potencia”, para explicitar tres factores fundamentales en el juego de la tecnología, que sitúa en un mismo plano, las relaciones de conocimiento, de trabajo, de operación, de poder, etc., generado por la tecnología y que serían: la propia tecnología, la organización y los individuos. La figura geométrica del triángulo visualiza el hecho natural de la existencia de una distancia entre los factores del trinomio. El eje de “procesos” en el mismo gráfico, tiene por objeto poner de manifiesto la idea de que tanto la selección de la tecnología como las medidas encaminadas al acercamiento de los vértices deben orientarse en la forma más pertinente a la potenciación instrumental de los individuos y de la organización “en” y “para” los procesos empresariales dentro del entorno de competencia y de los valores e ideologías propios o elegidos” (SÁEZ VACAS, 1990).*

Muchos investigadores han señalado que cuando los marcos tecnológicos concebidos por grupos humanos básicos en las organizaciones, tales como dirigentes, técnicos y usuarios (los tres vértices), son significativamente distintos, pueden presentarse dificultades y conflictos en cuanto al desarrollo, uso y cambio de tecnología. Identificar los diversos marcos tecnológicos presentes, constituidos por las imágenes o interpretaciones de la tecnología y su papel en la empresa, constituye unos de los primeros pasos para definir las estrategias activas de aproximación de los vértices del triángulo.

El ajuste empresarial a la tecnología, hasta llegar al más alto grado de compromiso con ella, denominada “institucionalización”, recorre varias fases y tiene una dinámica, que podemos controlar, y hasta acelerar, pero no obviar. Cuando se habla de ajuste social a la tecnología, en realidad, se está aludiendo a la sutil red de “curvas de adopción” de todos y cada uno de los individuos y grupos presentes.



Un modelo estratégico de implantación tecnológica surge de la tecnología del groupware. El groupware (GW) es una de las tecnologías con mayor potencial de cambio organizativo y valor estratégico. Constituye la base tecnológica del “trabajo cooperativo soportado por ordenador” (CSCW, Computer Supported Cooperative Work). El mundo GW y CSCW está compuesto por un complejo entramado de productos, herramientas, técnicas y servicios, que van desde el hardware hasta las técnicas organizativas, pasando de manera muy especial por el software.

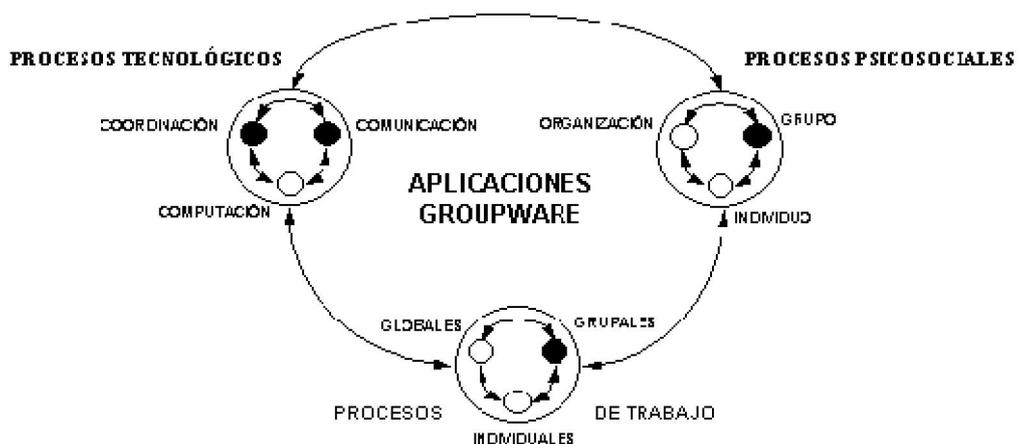
Los productos GW tienen diversas clasificaciones. Una de ellas, por áreas de aplicación y sus combinaciones, es la siguiente:

- Sistemas de mensajería: correo y boletines electrónicos (BBS, Bulletin Board System).

- Editores de texto y de gráficos multiautor.
- Planificadores, gestores de proyecto y agendas de grupo.
- Sistemas grupales de apoyo a la toma de decisiones conjunta (GDSS, Group Decision Support Systems).
- Conferencia por computador.
- Agentes inteligentes: filtros, presentadores y reencaminadores de información.
- Sistemas de coordinación: redes de conversaciones y flujos de trabajo (workflows).
- Sistemas documentales
- Bases de datos de grupo.

Un producto GW: tiene por función “comunicar”, “colaborar” y “coordinar”, y son algo más que operaciones físicas, son también actividades humanas nada elementales, que si siempre requieren una planificación, un aprendizaje, incentivos y también un cierto control. Se necesita, entonces, un modelo estratégico de implantación.

Conviene tener un marco de referencia robusto al hablar de la interacción del individuo, los grupos o las organizaciones con la tecnología, para ello se utiliza el modelo de tres niveles de complejidad 3N, que en su versión aplicada a la tecnología de oficina, se esquematiza por un gráfico integrado 4D x 3N .



**Fuente: Gómez-Pallete (1995)**

En la dimensión de la tecnología de la información se representa el punto de vista estrictamente técnico o tecnológico, con sus tres niveles (N) de complejidad, que ilustran tres estadios de evolución o de aprendizaje, empezando por la fase de computación y siguiendo por la de comunicación hasta llegar a la de coordinación. Las aplicaciones groupware utilizan técnicamente una gama de productos, sistemas y procesos de un amplio espectro entre los niveles de comunicación y de coordinación. La dimensión de los procesos de trabajo expresa los procesos productivos, que también modelamos en tres niveles, según sean procesos ejecutados individualmente, por un grupo o por un conjunto o conjuntos de grupos. Por último, está la dimensión de los procesos psicosociales.

Las tres dimensiones del gráfico, conforman una teoría completa para el diseño de aplicaciones groupware, compatible con el modelo OITP y derivado de él por el procedimiento de explicitar el nivel de grupo.

A partir de este marco robusto se desarrollan modelos de transferencia de tecnología de software. Por el estado de su ciclo evolutivo, la tecnología GW es inmadura, propiedad que imprime al proceso de transferencia toda la esencia de un proceso de innovación, con sus ventajas e inconvenientes. Otro supuesto plausible es que la distancia entre la tecnología fuente a la que se sustituye y la tecnología destino en la que se implanta, es elevada.

Esta distancia, acarrea otras dos distancias, a través del trinomio OIT:

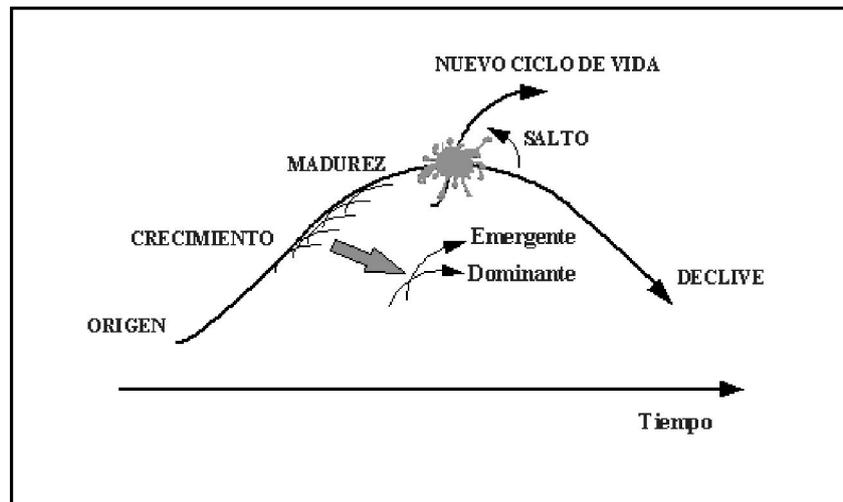
- distancia organizativa: cómo será la organización resultante, con respecto a la actual, una vez institucionalizada la nueva tecnología.
- distancia individual: cuáles serán las funciones y cómo el trabajo de cada elemento humano de la empresa.

Estas distancias no son una medida, sino un concepto difícil de cuantificar. También hay una fuerte conveniencia de que, como arma estratégica, se dibuje al principio del proceso de innovación en un escenario de resultados lo más realista posible. El modelo de transferencia para esta tecnología es espiral si se lo representa en un plano de coordenadas, con cuatro cuadrantes o fases, por los que se avanza por ciclos hasta conseguir el grado de transferencia buscado.

La influencia de los procesos de innovación tecnológica en la sociedad, más exactamente entre la tecnología, la cultura y el sistema social, era abordada mediante el concepto de *"escala del proceso"* (SÁEZ VACAS, 1994) para referirse al orden de magnitud temporal que separaba cambios sustanciales en cada una de las diferentes parcelas del sistema social, por ejemplo, el sistema industrial o el sistema educativo. En el sistema industrial tiene una escala de años, mientras que en el sistema educativo se evoluciona con ritmos de décadas. Una tecnología concreta estaría capacitada para marcar profundamente a esta o aquella parcela del sistema social cuando tuviera el potencial de provocar en ella algún cambio esencial, representativo del inicio de una nueva dinámica en cuanto a sus procesos básicos.

El núcleo central de este modelo basado en el Ciclo de Vida reside en que, en circunstancias de un entorno híper complejo, el salto a un nuevo ciclo se produce sólo después de que la organización se abra al entorno y se comunique con él a través de un tiempo, hasta desembocar en una nueva fase de evolución tecnológica.

Este modelo estaría representado por el siguiente gráfico:



Fuente: Gómez-Pallete (1995)

Hay aquí una reformulación de la *"escala del proceso"*, pero visualizada de forma más universal y potente, que pertenecen más bien al orden constructivo de la ingeniería empresarial basada en tecnología. En la visión de un técnico, la ingeniería empresarial se ocupa de diseñar o inventar métodos o mecanismos para guiar y acelerar los procesos de innovación tecnológica en sistemas de actividad humana, como lo son las empresas.

Se integra el concepto de Ciclo de Vida a la vida de las empresas que adoptan una tecnología desde las transformaciones previstas por el modelo OITP y que son en realidad una faceta de los cambios que gobiernan el ciclo de vida de las empresas. Esta visión o adaptación del ciclo de vida a la Tecnología de la Información considera a la tecnología como un artefacto social, el físico Schrödinger escribió *"El conocimiento aislado obtenido por un grupo de especialistas en un campo estrecho no tiene en sí mismo valor alguno de ninguna clase. Sólo tiene valor en el sistema teórico que lo une al resto del conocimiento"*. Estas consideraciones son válidas es en el campo de la tecnología, como demuestra este modelo.

### 2.2.3.- Modelos tecnológicos Schumpeterianos, la innovación como eje

Una de las más clásicas tradiciones dentro de la teoría evolucionista o estructural de la innovación se ha centrado en las aportaciones schumpeterianas que relacionan la estructura de los mercados y la dinámica innovadora de las empresas, mostrando la existencia de modelos de comportamiento diferenciados que permiten hablar de distintas formas de innovar.

Dentro de este esquema, algunos trabajos han relacionado los modelos schumpeterianos con el concepto de régimen tecnológico, que trata de recoger las características fundamentales del proceso innovador. De esta forma, se consigue vincular de manera explícita las características relativas a los mercados, sectores o tipos de tecnologías, con los aspectos ligados a la configuración de las actividades de innovación tecnológica.

En este sentido, partiendo de la obra de Schumpeter *"La Teoría del Desarrollo Económico"* (SCHUMPETER, 1934), se puede describir una forma de innovación en la que predominan las empresas de menor tamaño y que se caracteriza por la facilidad de entrada en la industria y el papel clave de

las empresas nuevas en las actividades innovadoras, lo que supone la continua erosión de las ventajas tecnológicas de las empresas ya establecidas. Este primer modelo de innovación Schumpeteriano se caracteriza por la *"destrucción creadora"*. En su libro, *"Capitalismo, Socialismo y Democracia"* (SCHUMPETER, 1942), Schumpeter propone una segunda forma de organización de la actividad innovadora, en la que destaca la importancia de las grandes empresas ya establecidas y la existencia de elevadas barreras a la entrada para los nuevos innovadores. En este modelo prevalece la *"acumulación creativa"*.

Además, la noción de régimen tecnológico supone una importante herramienta conceptual para el análisis y caracterización de los modelos schumpeterianos de la actividad innovadora. La mayoría de los estudios sobre estos temas muestran como las condiciones de oportunidad y apropiación y las bases del conocimiento afectan en gran medida a la forma en que se llevan a cabo las actividades de innovación. Otros trabajos han analizado también el papel clave de la acumulación de conocimientos.

Estas cuatro características de los regímenes tecnológicos pueden definirse como sigue:

- La oportunidad tecnológica se refiere a la facilidad para obtener innovaciones dado un nivel determinado de recursos dedicados a la innovación, en relación con el potencial de avance de cada tecnología.
- Las condiciones de apropiación están unidas a la habilidad de los innovadores para capturar los resultados y beneficios de sus innovaciones y protegerse así de los imitadores.
- Las bases de conocimiento definen las fuentes del conocimiento y los procedimientos de aprendizaje, refiriéndose al tipo de actividad innovadora básica o aplicada y al carácter tácito o codificado, simple o complejo, genérico o especializado del conocimiento que subyace a la actividad innovadora.
- Las condiciones de acumulación se relacionan con la mayor probabilidad de que los innovadores actuales sigan siéndolo en el futuro, en relación con los no innovadores.

Las características de los regímenes tecnológicos se reflejan en los modelos específicos de actividad innovadora en términos de: concentración de las innovaciones, estabilidad en la jerarquía de los innovadores a lo largo del tiempo, facilidad de entrada de nuevos innovadores y distribución por tamaños de las empresas innovadoras.

De esta forma, cabe esperar que las relaciones entre las variables relativas a la estructura de las actividades tecnológicas y aquellas que definen los regímenes tecnológicos posean la siguiente forma:

$$\text{Concentración} = f(\text{Ap}+, \text{Ac}+, \text{Ot}+?)$$

$$\text{Estabilidad} = f(\text{Ap}+, \text{Ac}+, \text{Ot}-)$$

$$\text{Natalidad} = f(\text{Ac}-, \text{Ap}-, \text{Ot}+)$$

$$\text{Tamaño} = f(\text{Ac}+, \text{Ap}+, \text{Ot}+?)$$

Con Ap = condiciones de apropiación

Ac = acumulación de conocimiento

Ot = oportunidad tecnológica

Estas relaciones implican que unas condiciones de apropiación elevadas limitarán la entrada de nuevos competidores incrementado o al menos manteniendo el poder de mercado de los ya establecidos y explicando un alto grado de concentración, por lo que el nacimiento de empresas en ese mercado será reducido y el tamaño de las mismas tenderá a ser elevado. Respecto a la acumulación de los conocimientos (Ac), ésta genera una barrera a la implantación de nuevas firmas que incrementa el grado de concentración y la estabilidad, sesgando el mercado hacia la existencia de firmas de mayor tamaño. Finalmente, se observa un efecto ambiguo de la oportunidad tecnológica (Ot) sobre la concentración y el tamaño ya que genera distintas tasas de innovación que agudizan las asimetrías aunque, al mismo tiempo, supone un incentivo para la entrada de potenciales competidores lo que generaría un efecto positivo sobre la natalidad reduciendo el grado de estabilidad.

Así, el primer régimen tecnológico schumpeteriano se caracteriza por una elevada oportunidad tecnológica, una baja apropiación de los resultados de la innovación y una reducida acumulación de conocimientos, lo que favorece la continua entrada de nuevos innovadores en la industria. Las empresas de menor tamaño juegan en este modelo un papel clave, siendo el nivel de concentración de las actividades innovadoras, reducido.

El segundo régimen schumpeteriano viene determinado por condiciones de elevada oportunidad, apropiación y acumulación que permiten a los innovadores mantener su ventaja tecnológica sobre los potenciales entrantes. Las firmas pertenecientes a este modelo poseen un tamaño elevado y están firmemente consolidadas en el mercado, lo que conlleva importantes barreras de entrada para el establecimiento de nuevas empresas.

Dos, son las cuestiones básicas que es necesario contrastar y que requieren un posterior análisis empírico. La primera de ellas se refiere a la existencia de diferencias entre países y tecnologías en los regímenes tecnológicos schumpeterianos.

Como han mostrado algunos estudios, los aspectos relativos a los regímenes tecnológicos sobre: apropiación, acumulación, bases del conocimiento y oportunidad tecnológica, juegan un papel importante en la determinación de los modelos específicos de las actividades innovadoras de las clases tecnológicas entre los distintos países, relegando a un segundo plano los efectos de los sistemas nacionales de innovación que serían las principales causas de las diferencias en los comportamientos de países, frente a las tecnologías.

También se podría buscar como es la estabilidad en el tiempo de los regímenes, allí la evidencia empírica es mucho más reducida. De hecho, en la mayoría de los trabajos, tan sólo se hace una breve referencia a este aspecto, en el sentido de que durante el ciclo de vida de las industrias, los regímenes de las actividades tecnológicas pueden cambiar, pasando del primer régimen schumpeteriano al segundo.

Sin embargo, es necesario poner de relieve dos factores que limitan el tiempo de transición de un patrón de innovación a otro. El primero es la propia estructura de las industrias, ya que la existencia de factores estructurales, como son el nivel de concentración en los mercados y las barreras a la entrada de distintos tipos, sugiere cierta permanencia de las estructuras industriales. Es cierto que éstas se modifican en el tiempo, debido a aspectos de diversa índole y su modificación es lenta a causa de la limitada capacidad de adaptación de las empresas a los ambientes cambiantes. El segundo es la propia tecnología, ya que la introducción de nuevos productos y procesos en los mercados es debida a innovaciones de carácter incremental o que no implican grandes alteraciones en el tipo de relaciones dentro de las industrias ni entre ellas. Sin embargo, cuando se producen innovaciones radicales, es decir, si se modifica el paradigma técnico y económico generando trayectorias tecnológicas nuevas, los efectos sobre la estructura de los mercados conllevan cambios en los comportamientos de las empresas y en sus relaciones, que inducen importantes alteraciones estructurales.

Esta situación lleva a que distintas industrias se movieran de un patrón a otro en el intervalo de una o dos décadas o en algunos casos más. En definitiva, se mantiene la hipótesis de una elevada estabilidad en los regímenes tecnológicos schumpeterianos.

No obstante, es posible esperar que ciertas tecnologías, como las de la información, hayan generado movimientos a lo largo del tiempo en la configuración de los modelos.

La mayoría de los análisis realizados se fundamentan en datos de patentes. El uso de las patentes como indicadores de la actividad tecnológica presenta una serie de ventajas como la amplitud temporal de la información, su relativamente elevada homogeneidad, el detalle a nivel de agentes individuales etc., por lo que a pesar de sus limitaciones son una fuente de datos única para obtener información acerca de la dirección e intensidad de la actividad innovadora.

Distintos trabajos han utilizado indicadores para el análisis y la medida de la actividad innovadora, esto se relaciona con distintas clases de tecnologías, en donde los niveles más elevados de concentración, asimetría y tamaño medio innovador se obtienen en clases tecnológicas ligadas a sectores de alto y medio contenido tecnológico. Por el contrario, los mayores grados de inestabilidad y natalidad pertenecen a clases tecnológicas ligadas a sectores más tradicionales y con un menor contenido tecnológico. Puede verse esto en la siguiente tabla.

MEDIDA	INDICADOR	CLASES TECNOLÓGICAS CON MAYOR VALOR	CLASES TECNOLÓGICAS CON MENOR VALOR
CONCENTRACIÓN	$C4 = \sum_{i=1}^4 s_i^2$ <p><math>s_i</math>=cuota patentes empresa <math>i</math>  <math>i = 1,2,3,4</math></p>	Otra química Ordenadores y calculadoras Aviones y componentes Química inorgánica industrial	Productos metálicos Otros Instrumentos profesionales y científicos Maquinaria de construcción, minería y Manipulación de metales
ASIMETRÍA	Índice Herfindahl-Hirschman $HH = \sum_{i=1}^N s_i^2$ <p><math>s_i</math>=cuota patentes empresa <math>i</math>  <math>i = 1,2, \dots N</math></p>	Turbinas y motores Aviones y componentes Prod. férreos y de metales no férreos Ordenadores y calculadoras	Productos metálicos Otros Instrumentos profesionales y científicos Maquinaria y equipo industrial
INESTABILIDAD EN LA ACTIVIDAD INNOVADORA	$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (s_{i2} - s_{i1})^2$ <p><math>s_{ij}</math>=cuota patentes empresa <math>i</math> en período <math>j</math>  <math>i = 1,2, \dots N</math>  <math>j = 1,2</math></p>	Alimentación Prod. férreos y de metales no férreos Textiles Otra maquinaria no eléctrica	Farmacia y medicina Química agraria Turbinas y motores Química orgánica industrial
MOVILIDAD EN LA JERARQUÍA DE INNOVADORES	Correlación de rangos de Spearman Entre empresas que patentaron en ambos períodos	Alimentación Textiles Maq. y equipo agrario y de jardinería Equipo eléctrico exc. comunicaciones	Ordenadores y calculadoras Turbinas y motores Aviones y componentes Otro equipo de transporte
NATALIDAD	Porcentaje de patentes entre 1985-1995 de las empresas que patentaron por primera vez en dicho período	Alimentación Textiles Maquinaria industrial de refrigeración Minerales no metálicos	Farmacia y medicina Química agraria Química orgánica industrial Química inorgánica industrial
TAMAÑO INNOVADOR MEDIO	$T = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n}$	Química agraria Farmacia y medicina Química orgánica industrial Equipo de comunicación	Alimentación Textiles Minerales no metálicos Maquinaria industrial de refrigeración

El análisis de las variables permite observar dos resultados tentativos. El primero de ellos se refiere a la especificidad de las actividades tecnológicas entre las distintas tecnologías. Este resultado es condición necesaria para poder analizar la existencia de modelos diferenciados de innovación. El segundo resultado tiene que ver con la reducida variabilidad en el tiempo que

parece darse entre los países en las actividades tecnológicas de cada una de las clases.

Sería necesario estudiar los indicadores con los siguientes objetivos:

- Analizar las relaciones existentes entre las variables, con el fin de caracterizar éstas en términos de los regímenes tecnológicos schumpeterianos.
- Estudiar el grado de estabilidad en el tiempo de los regímenes.
- Identificar los conjuntos de tecnologías que están más unidas a cada uno de los regímenes.

Los resultados obtenidos en distintos trabajos muestran la existencia de dos factores diferenciados que se pueden interpretar como regímenes tecnológicos schumpeterianos. Estos factores recogen las combinaciones de las características, aproximadas a través de los indicadores, que definen cada régimen. El primero de ellos (primer régimen schumpeteriano), presenta un reducido nivel de asimetrías y de concentración, con una elevada inestabilidad innovadora, lo que implica reducidas barreras de entrada y de salida, por lo que puede inferirse la existencia de un elevado grado de oportunidad tecnológica.

En lo que respecta al segundo de los regímenes schumpeterianos, el grado de asimetría es muy elevado, lo cual indica las fuertes diferencias existentes en el seno de los innovadores. Algo similar se puede decir para la concentración. Sin embargo, la inestabilidad innovadora es mucho más reducida que en el régimen anterior, al igual que ocurre con la movilidad en la jerarquía por lo que la turbulencia es menos intensa en este caso. Por lo que a la natalidad se refiere, es muy reducida, es claramente superior al primer régimen schumpeteriano.

Otra conclusión que puede extraerse de estos estudios es una clasificación de distintas áreas tecnológicas o tecnologías según que las características que presenten se encuadren en los distintos regímenes schumpeterianos, aunque su análisis difiere para algunos casos entre países desarrollados o no desarrollados.

Estos resultados muestran que el primer régimen schumpeteriano está compuesto por las clases tecnológicas de corte más tradicional como son la textil, el caucho, la metalurgia, los equipos eléctricos y la maquinaria industrial. El grado de coherencia con los resultados obtenidos por distintos estudios según los trabajos de Malerba y Orsenigo es elevado, a pesar de la distinta desagregación. Igualmente, el segundo régimen schumpeteriano presenta un nivel de similitud muy elevado, obtiene como tecnologías pertenecientes a este grupo a la química, los ordenadores y las tecnologías de vehículos y aviones, estas tecnologías son muy dinámicas, en ellas que se asientan buena parte de las tecnologías de punta. La siguiente tabla muestra esta clasificación:

<b>Schumpeter I</b>	<b>Schumpeter II</b>	<b>No clasificados</b>
Textiles (*) Caucho y plástico Minerales no metálicos Productos metálicos Maquinaria y equipamiento agrario y de jardinería (**) Maquinaria y equipo de construcción, minería y manipulación de materiales Maquinaria y equipos metálicos Maquinaria industrial especial, excepto equipos metálicos Maquinaria y equipo industrial genérico Maquinaria industrial de refrigeración Equipo eléctrico excepto equipo de comunicaciones Instrumentos profesionales y científicos Otros	Química inorgánica industrial Química orgánica industrial Química agraria Otra química (***) Farmacia y medicina Turbinas y motores Ordenadores y calculadoras Vehículos a motor y otros equipamientos para vehículos a motor Aviones y componentes	Alimentación Productos primarios de hierro y productos primarios y secundarios de metales no férreos Otra maquinaria, excepto eléctrica Equipo de comunicaciones Otro equipo de transporte

(\*) Puede pasar al tipo II en países menos desarrollados

(\*\*) También pasan la tipo II en países menos desarrollados pero luego de un tiempo

(\*\*\*) Pueden pasar al tipo I en países menos desarrollados

#### **2.2.4.- La Innovación Tecnológica como sistema. Un enfoque macroeconómico**

La definición de Manual de Oslo describe la innovación tecnológica como *"la implantación de productos y procesos nuevos o la mejora de los existentes"* (OCDE, 1997). Esta implantación se considera efectiva si es aceptada por el mercado (bienes o servicios) o si es empleada en un proceso productivo. Este concepto abarca las siguientes categorías:

- Conocimiento global y aptitudes referentes a transformaciones productivas
- Conocimiento incorporado en maquinas, herramientas, equipos, infraestructura (con sus correspondientes manuales y guías)
- Conocimiento y capacidades incorporadas en organizaciones y rutinas
- Características de resultados obtenidos con productos: atributos técnicos de procesos, funcionalidad de los productos.

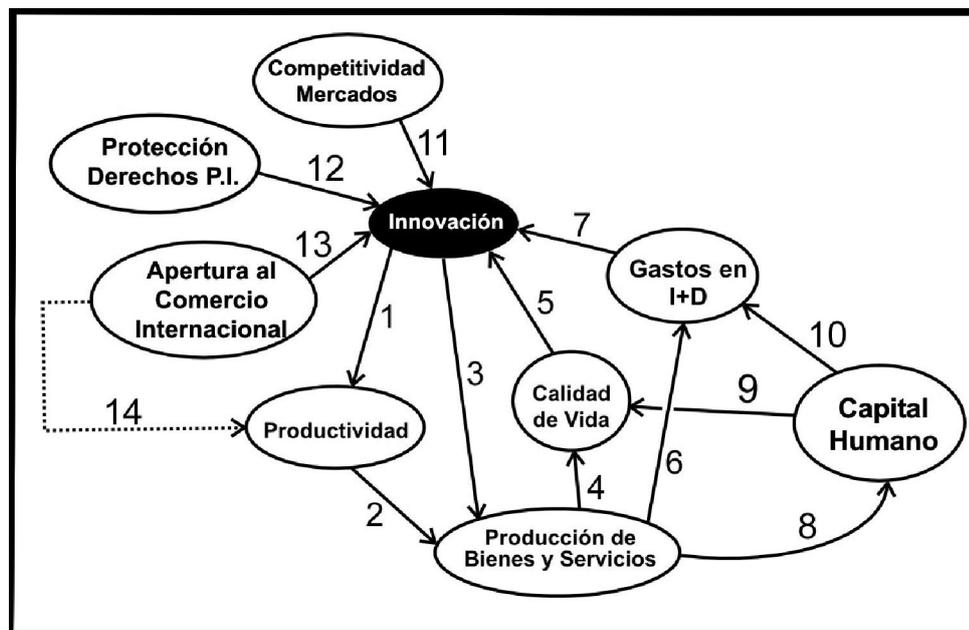
Los orígenes de los factores tecnológicos macroeconómicos en los cambios que se observan a nivel de los países, sobre los niveles agregados de producción de bienes y servicios y sobre la calidad de vida en general, brinda la posibilidad de profundizar una mejor comprensión de las posibles causales que explican el desarrollo económico como fenómeno cuya aceleración es

observable a partir de la revolución industrial dentro del contexto macroeconómico.

### 2.2.4.1- El modelo macroeconómico

La categoría conceptual que será el centro de atención es el concepto de innovación, que como se había mencionado anteriormente, debe entenderse como la transformación de nuevas ideas en nuevos y mejorados productos y/o procesos. La introducción y adopción de nuevos productos y procesos es lo que permite que los usuarios finales puedan disfrutar de una mayor calidad de vida porque a) ellos satisfacen nuevas necesidades, y b) porque estos nuevos y mejorados productos y servicios pueden ser adquiridos, en el mediano plazo, a mejores precios.

#### Vinculación entre innovación y productividad



La flecha 1 del diagrama indica la vinculación entre innovación y productividad, ya que uno de los primeros efectos consiste en el ahorro de factores de producción dentro del sistema productivo. La vinculación entre innovación y productividad es conceptualmente compleja y de difícil medición, pero es posible constatar que en aquellos países donde se ha reforzado la innovación es donde se registran relativamente mayores niveles de producción e ingresos, así como mejores indicadores de calidad de vida.

La flecha 2 pone de manifiesto que un incremento de productividad incide en una mayor disponibilidad de bienes y servicios en la economía.

La flecha 3 une en forma directa la innovación y la producción de bienes y servicios. Esta relación debe entenderse principalmente como la puesta en el mercado de nuevos y más sofisticados bienes y servicios.

*La flecha 4* representa la conjunción de efectos de productividad y disponibilidad que inciden positivamente en lo que se denomina calidad de vida.

*La flecha 5* evidencia como la mejor calidad de vida a su vez reviene en la generación de innovaciones bajo la forma de las incitaciones debidas a nuevas y mayores necesidades y bajo la forma de demandas de mayor productividad por parte de las empresas que se encuentran en competencia. La presión ejercida por mercados cada vez mas amplios se manifiesta también bajo la forma de mayor disponibilidad de recursos para I&D. En otras palabras se plantea un efecto de feed-back que vincula a los países mas ricos y desarrollados con mejores resultados en innovación (vía mayores disponibilidades para gastos en I+D),

*Las flechas 6 y 7* permiten observar como inciden en forma directa sobre la innovación a través de demandas por mayor diversificación y nuevos productos, y en forma indirecta por una mayor disponibilidad de recursos para gastos en I+D. Luego que se logran determinados umbrales o masa crítica, la red de vinculaciones esbozada crea y se ve reforzada por otros importantes efectos.

*La flecha 9 y 10* muestra como, los mercados ampliados con nuevos y mejores bienes y servicios son aquellos que pueden incidir en la formación de capital humano cuya característica es la formación de una población globalmente mas educada que requiere una mejor calidad de vida o que posee una alta calificación tal como la requerida por el sistema científico y tecnológico. Varios los autores han puesto de relieve que hay determinadas condiciones de entorno que facilitan y refuerzan esta red de vinculaciones.

*La flecha 11* representa la existencia de una fuerte competitividad entre empresas, que va a impactar en forma directa sobre la generación de innovaciones para poder permanecer en los mercados.

*La flecha 12* muestra como aquellos países que concedan mejores niveles de protección a los derechos de propiedad intelectual también verán reforzados los estímulos para el emprendimiento de inversiones en I&D, debido a la posibilidad de recupero de los gastos involucrados.

*La flecha 13* muestra como la mayor apertura al comercio internacional crearía un ambiente favorable para la innovación debido a la competencia y apertura a las nuevas tecnologías generadas en el exterior.

*La flecha 14* muestra como incide en forma indirecta sobre la productividad, la incorporación del progreso tecnológico en maquinarias y equipos que se encontrarían en condiciones de mayor disponibilidad en el país.

#### **2.2.4.2- Medición de la Innovación**

Los métodos para la medición de la innovación pueden ser clasificados en sentido amplio en:

- medidas de insumos de la innovación
- medidas del producto de la innovación
- medidas de productos conjuntos (by-products) o indicadores de la innovación.

Algunas de las medidas de insumos contemplan los gastos en I&D, los gastos en educación, la cantidad y calidad de las instituciones de investigación científica. La medida más común de producto o producto conjunto es la cantidad de solicitudes de patentes o de patentes concedidas expresadas en términos per cápita.

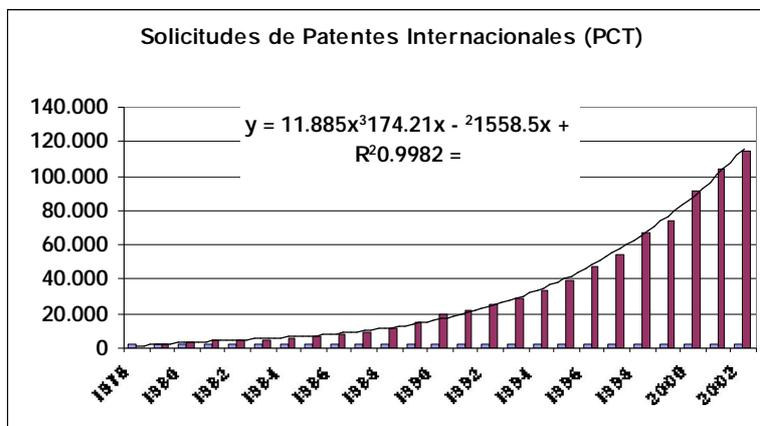
También se ha intentado medir el valor de las innovaciones. De este modo se ha tomado el recuento de patentes ponderado por sus referencias ulteriores, los años promedio de renovación de las patentes, la cantidad de países en los cuales se solicitan las patentes y la cantidad de apelaciones legales (claims) asociadas a una patente dada.

Algunos de los sistemas más empleados son:

### Cantidad de Patentes

No todos los desarrollos tecnológicos e innovaciones concluyen con la obtención de una patente de invención, ya que los resultados de la investigación se encuentran frecuentemente en estado embrionario desde el punto de vista comercial, momento en el que deben ser llevados a la atención de potenciales clientes, quienes aunque puedan verse impactados por la novedad, no necesariamente están dispuestos a comprometerse en el desarrollo de las innovaciones propuestas.

La importancia de la publicación como motivo para evitar el patentamiento se ha puesto de manifiesto principalmente mediante encuestas realizadas en varios países, en las que se evidencia la importancia que para las empresas tiene el secreto industrial, tanto para productos como para procesos. Las empresas pueden usar el secreto industrial como protección durante la fase de desarrollo de la innovación y luego basarse en el esquema de patentamiento cuando la innovación está a punto de llegar al mercado.



Sin embargo la importancia del patentamiento como medida de protección de innovaciones está cobrando cada vez mayor importancia, y gran parte de esa tendencia es debida a la adhesión de los países a los tratados internacionales. El régimen del *Patent Cooperation Treaty* (PCT), administrado por la *Organización Mundial de la Propiedad Intelectual* es un ejemplo de cómo, al facilitarse los trámites para el

patentamiento, los países que adhirieron al régimen y desde 1978 se ha incrementado en forma notoria las solicitudes hacia esa modalidad tal como lo muestra el gráfico anterior.

Algunos estudios han determinado asociaciones positivas entre patentes y calidad de vida. De este modo se ha determinado que un 1% de incremento en las innovaciones (medida como la cantidad de patentes en relación al PBI Doméstico) provoca un incremento del 0,6% en los niveles de calidad de vida, medida esta mediante el PBI per cápita. En forma similar, un 1% de incremento en las patentes concedidas en US por millón de habitantes, produce un 0,6% de incremento en el PBI doméstico (GDP) por persona empleada.

#### Identificación de innovaciones tecnológicas significativas

Estas se basan en estudios específicos de análisis de tipo casuístico, de los que se puede mencionar (usually literature-based): Base de datos Science and Technology Policy Research (STPRU) y los realizados por la US Small Business Administration.

#### Información por recuento directo (innovation count)

El recuentos directo de innovaciones provienen de información obtenida mediante la realización de encuestas complejas. Estos recuentos constituyen el mejor indicador de las innovaciones como producto obtenido, ya que medirían todos los resultados de las actividades encaradas a tal fin. En la práctica este indicador puede tener alguna dosis de arbitrariedad, ya que los encuestadores deben decidir cual determinado resultado constituye una innovación y cual no lo constituye. De cualquier manera, y de modo semejante al de patentes, las innovaciones así medidas sufren grandes variaciones en su valor económico, constituyendo entonces una medida imperfecta.

Algunas de las encuestas más conocidas y completas (Innovation Surveys) son las llevadas a cabo por:

- IFO Innovation Survey (Alemania)
- CNR-ISTAT Survey (Italia)
- SEO Survey (Países Bajos)
- Nordic Surveys (Noruega)
- National Science Foundation (EE.UU)
- El Yale Surveys y PACE Survey (EE.UU)

#### Gastos en I+D

Los gastos en I+D son ampliamente utilizados como medida de innovación. En tanto las patentes y los recuentos directos de innovaciones son utilizados como indicadores de resultado (output-based), los gastos en I+D miden un agregado de insumos aplicados a procesos (input-based) para la obtención de innovaciones. Es

precisamente su carácter de insumo que les confiere debilidad como indicador válido, ya que los resultados de estos procesos son altamente impredecibles.

Por otra parte hay estudios que muestran que también otros tipos de gastos, no vinculados a la I+D, constituyen una parte considerable de los gastos en innovación en casi todos los sectores industriales.

#### *El Índice de Creatividad Tecnológica del World Economic Forum*

El Global Competitiveness Report, elaborado por el World Economic Forum presenta una estimación del Índice de Creatividad (Economic Creativity) para 59 países estimado por A. Warner de la Universidad de Harvard. Este indicador pretende captar la capacidad de los países para renovarse constantemente y mejorar sus actividades productivas. La capacidad de un país para renovar tecnologías se mide a través del índice tecnológico, basado en preguntas de opinión sobre la capacidad para innovar y adoptar tecnologías en un país. Como los países pueden obtener tecnología produciéndola o importándola, el índice tecnológico global se mide con el mayor de estos componentes. La idea es que el índice tecnológico mide la innovación o la transferencia de tecnología en los países. Lo importante es que el país participe en las nuevas tecnologías e innovaciones, no que el propio país sea el creador de la tecnología. Para incrementar el PBN a través de actividades relacionadas con la tecnología un país debe crear valor agregado en alguna etapa del proceso, aunque no necesariamente en la etapa de invención.

La capacidad para renovar las empresas se mide a través de un índice de generación, que cuantifica la facilidad con que pueden iniciarse actividades empresariales. Este índice mide en promedio, la disponibilidad de financiamiento y el grado de dificultad para iniciar un negocio. La disponibilidad de financiamiento se estima obteniendo el promedio de las respuestas a dos preguntas: si los empresarios dispuestos a asumir riesgos cuentan con capital de riesgo, y si puede obtenerse fácilmente un préstamo con un buen plan de negocios pero con pocas garantías.

El índice final de creatividad económica es un promedio de los índices tecnológico y de generación y puede tomar valores en el intervalo entre -2 y +2.

### **2.2.5.- Modelo S de Innovación Tecnológica. La perspectiva estratégica de las empresas**

La estrategia de la empresa en la actual economía busca primero que nada ser diferente, según Porter, lo que debe hacer es *"innovar permanentemente y más rápido cada vez, ya que los ciclos de vida de los productos se acortan, los clientes son más exigentes, la competencia aumenta dramáticamente producto de la globalización y el mismo cambio tecnológico se acelera"* (POTER, 1996). Sin lugar a dudas, en un mundo discontinuo y

dinámico como el actual, *"la innovación estratégica es la clave de la creación de riqueza"* (HAMEL et al., 1998).

La innovación debe producir beneficios en la satisfacción de las necesidades de los clientes por: desempeño de nuevos productos, servicios o procesos introducidos en el mercado o por la modificación de productos, servicios o procesos existentes. Existen, básicamente, innovaciones en productos y servicios. La innovación en productos y servicios, es normalmente innovación de índole tecnológica, ya que en la actual economía, ellos tienen un elevado componente de tecnología.

Las fuerzas que intervienen en este proceso son:

- *Market pull*. Es la demanda de mejores y más significativos desempeños en la satisfacción de necesidades.
- *Technological push*: La comercialización de los descubrimientos por parte de los fabricantes, en su intento por ganarle a la competencia.
- *Environmental pull*: La presión social del entorno medioambiental, que fuerza a las empresas a innovar en productos y procesos.

Por parte de la innovación en procesos, existe la siguiente división:

- *Tecnológicos*: Tienen que ver con nuevas y mejores formas de producción y uso de productos y servicios, otorgando incrementos significativos en la eficiencia y eficacia.
- *Organizacionales*: Están asociados a cambios en las estructuras de las empresas buscando también mayor eficiencia y eficacia, como por ejemplo las organizaciones de hipertexto; en las funciones de marketing, como es el desarrollo del marketing relacional; y en las funciones de finanzas, donde podemos mencionar el "project financing" a modo de ilustración.

La innovación cobra sentido económico solamente con la transacción comercial de una invención como ya lo planteara Schumpeter, quién en su metáfora de la *"Destrucción Creativa"*, describe como un hecho esencial del capitalismo las revoluciones incesantes de la estructura económica de los mercados, para romper situaciones de equilibrio en torno a la competencia perfecta, donde los emprendedores no encuentran renta económica.

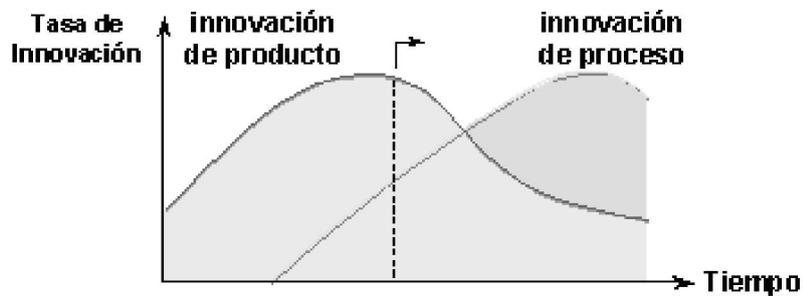
La innovación es así introducida en los mercados por emprendedores que tienen un producto o servicio diferente, con un alto valor agregado para el cliente, el que es desarrollado gracias a su ingenio y conocimiento, que son las verdaderas fuentes de la riqueza. Aquí aparece la propuesta de Drucker sobre el mejoramiento continuo de la innovación. Debemos hacer notar que esta definición deja fuera a las actividades puras de investigación y desarrollo, I+D, como acciones de innovación, como era comúnmente aceptado hasta hace poco, ya que estas teorías tienen un carácter funcional solo para las empresas.

Por ser la innovación tecnológica de productos y procesos (también llamado el cambio tecnológico), el principal motor del desarrollo económico y prosperidad de las empresas y de las naciones, es necesario concentrarse

habitualmente en ella y al hablar de innovación se refiere, implícitamente, a la innovación tecnológica.

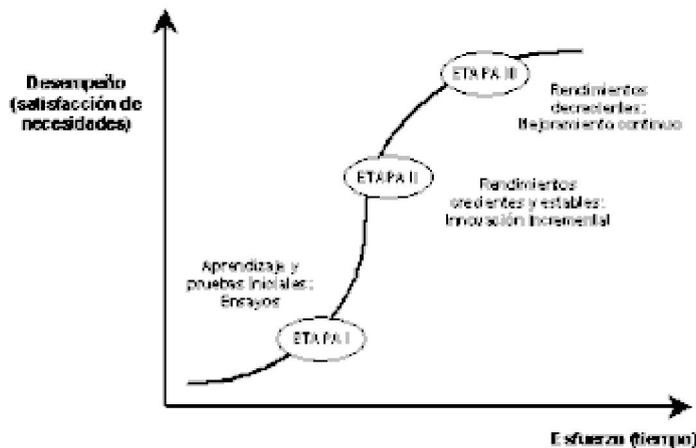
Si se analiza cómo se calcula la tasa de innovación tecnológica, igual a la cantidad de mejoras introducidas en el tiempo, en la práctica se aprecia que ella es mayor con los productos, para después pasar a los procesos, donde se busca el abaratamiento de los productos en una etapa en que ya es difícil lograr mejoras sustantivas en su desempeño, como se ve en la figura.

### Innovación Tecnológica



La clasificación de las innovaciones más relevante, proviene de la curva de desempeño de una tecnología, materializada en un producto, en función del esfuerzo desplegado por el innovador, con su clásica forma de "S" planteada por Foster en 1987. Se puede apreciar, que se dan tres etapas claramente diferenciadas: la primera es de aprendizaje y las pruebas iniciales (Etapa de Ensayo), la siguiente muestra un rendimiento creciente y estable (Etapa de Innovación Incremental) y finalmente, aparece una tercera de rendimientos decrecientes (Etapa de Mejoramiento continuo).

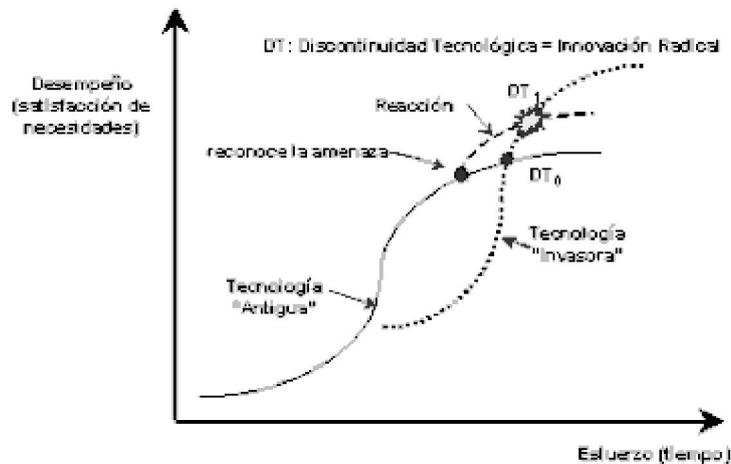
### Innovación Incremental



Se la da el nombre de *innovación incremental* a la segunda etapa, en la que se produce el fuerte salto en el desempeño de esa tecnología. Existen numerosos casos en que ocurre la aparición de una nueva tecnología, con otra curva "S" que provoca una discontinuidad tecnológica al reemplazar a la actual tecnología cuando su desempeño sobrepasa al de ella, como lo ilustra la figura. Incluso, si el innovador antiguo reacciona al percatarse de la amenaza, su respuesta es insuficiente: el mejoramiento continuo no puede contra el

potencial innovador. A este fenómeno de discontinuidad tecnológica se lo llama *innovación radical*, ya que provoca cambios verdaderamente revolucionarios en la industria por el reemplazo de las tecnologías y de todas las alteraciones que ello implica, en particular en los productos y en los mercados mismos.

### Innovación Radical



La visión corporativa conduce a aplicar la innovación a nivel tanto vertical como horizontal de los diferentes negocios. De esta forma, las estrategias de innovación siguen consecuentemente un esquema de estrategia vertical y horizontal, del siguiente modo:

- *En la estrategia vertical* de innovación o estrategia de alcance, la empresa emprende actividades hacia arriba o hacia abajo en la cadena de valor de la industria en que desarrolla sus negocios, siguiendo la lógica y conveniencia de concadenar o compartir las tecnologías involucradas. Se debe distinguir dos cosas: el innovador estará más interesado en esta integración cuando el producto innovador no sea el producto completo o final en el mercado sino un producto intermedio. Se debe notar, que no será necesario que el innovador se involucre en la fabricación del producto complementario, si puede conseguir el mismo objetivo mediante redes estratégicas de valor.
- *En la estrategia horizontal* de innovación, o de extensión, se da la otra visión de la estrategia corporativa: la empresa diversifica los productos y mercados buscando a través de sus competencias esenciales y las tecnologías genéricas, desarrollar nuevos negocios que le entregue sinergia desde sus cadenas de valor internas.

La forma clásica de integrar estos elementos es por medio del modelo del *"árbol tecnológico"* (MOCILLO, 1997). En el ámbito competitivo o de negocios, la empresa debe resolver cómo manejará sus nuevos productos y

mercados en una primera etapa. Desde esta perspectiva, se manejan normalmente las siguientes estrategias básicas:

- Estrategia ofensiva. La empresa intenta alcanzar el liderazgo en el mercado adelantándose a sus competidores en introducir el nuevo producto en el mercado, porque de este modo puede alcanzar grandes beneficios monopolísticos y asumiendo grandes riesgos también. En este caso el innovador introduce mejoras sustantivas en sus productos a través del despliegue de sus competencias esenciales, es decir innovaciones tecnológicas incrementales.
- Estrategia defensiva. La empresa sigue al líder, pero muy de cerca para intentar adelantarlo en el momento oportuno y ser el ganador final, es decir ser un seguidor exitoso en sobrepasar o igualar los beneficios del líder, con un riesgo alto pero más moderado.
- Estrategia imitadora. La empresa introduce su versión del nuevo producto con tecnologías probadas, que implican riesgos más bajos, pero por contra obtiene menores beneficios que el líder. Como en la mayoría de los casos con esta estrategia se introducen sólo mejoras menores a un producto innovador, copiando "en torno a", dejaremos de lado esta estrategia puesto que no encaja con la definición de innovación.

La adopción de una determinada estrategia será entonces el resultado de una combinación de situaciones y decisiones en las que el aspecto racional, el aspecto emocional y la visión de largo plazo normalmente están entremezcladas, aunque el criterio preciso: las empresas deben optar por desarrollar aquellas tecnologías que les aseguran sinergia y ventaja competitiva sostenible. Ahora si lo hacen como especialista o diversificador, como líder o seguidor, que son las dos opciones básicas en cada enfoque estratégico, ello dependerá de otras variables que se analizarán enseguida. Lo primero será siempre determinar cuáles son las tecnologías claves para enfocar la estrategia de innovación

Sobre la base del criterio que se establezca para seleccionar las tecnologías, éstas no pueden ser otras que las asociadas a las competencias esenciales de la empresa. Luego se debe relacionar primero la estrategia con las tecnologías que la apoyan en el ámbito corporativo y competitivo. La trayectoria de la empresa y su conocimiento colectivo desarrollado servirán de guía en este proceso. Dado que la "unidad estratégica de negocios" es la parte básica de una empresa, lo primero es abordar cómo se logra allí la ventaja competitiva. Aquí es donde resulta práctico emplear matrices de identificación de tecnologías claves y de la forma en que ellas se combinan.

Las tecnologías claves que aparecen en diferentes industrias o negocios corresponden a las asociadas a las tecnologías genéricas por su papel en la generación de nuevos negocios. El juicio experto de la organización y sus asesores externos calificará la importancia de las tecnologías involucradas en el desarrollo de los productos de la empresa, aquellas que es necesario dominar.

### MATRIZ TECNOLOGÍAS/PRODUCTOS

<b>Productos Tecnología\</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>		<b>Pn</b>	<b>RESUMEN Juicio Experto</b>
<b>T1</b>	Alta	Media		Alta	<b>Clave</b>
<b>T2</b>	Media	Baja		Baja	<b>No Relevante</b>
<b>Tj</b>	Media	Alta		Alta	<b>Clave</b>
<b>Tm</b>	Media	Media		Baja	<b>Relativa</b>

Habiendo identificado cuáles son las tecnologías genéricas se debe evaluar la posición competitiva de la empresa con respecto a cada una de ellas, con una visión dual: actualmente y a futuro, dependiendo de los negocios que se desea abordar. Esto se puede desarrollar mediante la matriz posición de la estrategia tecnológica versus la importancia para la posición competitiva deseada en cada negocio, como se muestra a continuación.

### MATRIZ POSICIÓN/NEGOCIO

<b>Importancia Posición\</b>	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>Líder</b>	<b>T1, Tj</b>		
<b>Seguidor</b>		<b>Tm</b>	<b>T2</b>

Mediante estas matrices aplicadas a cada negocio se puede identificar las tecnologías genéricas para reforzar la posición competitiva, luego ver si se las posee en la organización o deben ser desarrolladas internamente o adquiridas mediante alguna forma de asociación estratégica. Por lo tanto, se ha logrado definir cuáles deben ser las competencias esenciales.

Como el entorno es dinámico, se deben revisarlas constantemente considerando diferentes escenarios competitivos plausibles en el futuro. Para lograr respuestas innovadoras oportunamente, es necesario contar entonces con *capacidades dinámicas*, que renueven las competencias esenciales para lograr congruencia con el cambiante ambiente de negocios. La esencia de estas capacidades en una empresa, reside principalmente en sus procesos organizacionales, en los que se maneja conocimiento tácito, que es el verdaderamente difícil de imitar.

Se debe revisar cuidadosamente la posición actual y futura respecto a los competidores y al mercado, en los siguientes factores críticos:

- El *régimen de apropiabilidad* imperante en la industria, si es posible patentar la innovación por ejemplo, caso clásico: Polaroid frente a Kodak, tratado por Levin en 1987.

- La posición respecto al *diseño dominante o estándar de la industria*, si se puede conseguir o no es seguro o de qué depende, caso clásico Philips y el disco compacto, desarrollado por Utterback en 1994.
- Los *activos complementarios*: los recursos o proveedores necesarios para completar y llevar el producto al mercado, como ser el complemento de éste si no está completo, o los canales de distribución adecuados cuando se aborda un mercado desconocido, caso clásico: EMI y el Scanner, tratado por Teece en 1987.
- Los *movimientos estratégicos de los competidores* en relación con la innovación, cómo están enfrentando ellos los mismos dilemas, caso clásico: Sony con Betamax frente a JVC con VHS desarrollado por Cusumano en 1997

Como instrumento de predicción, se puede además, usar las curvas "S" para considerar el aspecto dinámico de este fenómeno: en qué punto se está ubicado en relación con otros competidores.

### **2.2.6.- Modelos de Innovación Tecnológica. La perspectiva del producto**

La tecnología que utiliza una empresa puede ser generada internamente, mediante la actividad investigadora, o bien se adquiere en el exterior. En cualquier caso, si la empresa quiere conseguir y mantener una ventaja de carácter tecnológico que sustente su competitividad y su posición de dominio en el mercado, debe favorecer la investigación y el desarrollo propio; pues, la adquisición de tecnología ofertada en el mercado se encuentra al alcance de cualquier empresa competidora, y por tanto, no suele proporcionar a la empresa ventajas adicionales. La complejidad y la rapidez de los cambios tecnológicos hacen que sea materialmente imposible que una empresa pueda generar por sí misma todas las tecnologías que necesita, y a la vez resulta extremadamente difícil la asimilación de tecnologías genéricas sin una capacidad de investigación y desarrollo propios. La capacidad de desarrollo de una empresa depende de su adaptación con rapidez a los cambios del entorno, en especial del entorno tecnológico, e incluso para provocar modificaciones que le favorezcan. La innovación tecnológica puede ser de producto o de proceso.

La innovación del producto puede considerarse como la capacidad de mejora del propio producto o el desarrollo de nuevos productos mediante la incorporación de los nuevos desarrollos tecnológicos que le sean de aplicación, o la adaptación tecnológica de los procesos existentes, Esta mejora del producto puede ser directa o indirecta:

- *Directa*: si añade nuevas cualidades funcionales al producto para hacerlo más útil.
- *Indirecta*: si está relacionada con la reducción del costo del producto a través de mejoras en los procesos u otras actividades empresariales con el fin de hacerlos más eficientes.

La innovación tecnológica del proceso consiste en la introducción de nuevos procesos de producción o la modificación de los existentes mediante la incorporación de nuevas tecnologías. Su objetivo fundamental es la reducción de costos, pues, además de tener una repercusión específica en las características de los productos, constituye una respuesta de la empresa a la creciente presión competitiva de los mercados.

Las principales características de los productos mejorados y de los Productos innovadores, puede resumirse en la siguiente tabla:

<b>PRODUCTOS MEJORADOS</b>	<b>PRODUCTOS INOVADORES</b>
Demanda conocida y predecible del mercado	Demanda potencial grande pero poco predecible. Elevado riesgo de fracaso.
Rápido reconocimiento y aceptación del mercado	No es previsible una reacción imitativa de la competencia rápida
Fácilmente adaptables a las ventajas existentes en el mercado y a la política de distribución	Pueden exigir unas políticas de marketing distribución y ventas exclusivas para educar a los consumidores.
Coincide con la segmentación del mercado y con las políticas de producto	La demanda puede no coincidir con los segmentos de mercado establecidos, distorsionando el control de diversas visiones de la empresa.

El proceso de innovación tecnológica se define, en este contexto, como un conjunto de etapas que conducen al lanzamiento con éxito en el mercado de nuevos productos manufacturados, o a la utilización comercial de nuevos procesos técnicos. De acuerdo con esta definición, el proceso de innovación constituye la fuerza motriz que impulsa a las empresas hacia objetivos a largo plazo, conduciendo a nivel macroeconómico la aparición de nuevos sectores de actividad económica. De una forma esquemática la innovación se traduce en los siguientes hechos: renovación y ampliación de la gama de productos y servicios, renovación y ampliación de los procesos productivos o cambios en la organización y en la gestión.

El proceso implica la transformación de ideas en productos o procesos técnicos nuevos o mejorados en acciones de desarrollo, fabricación y comercialización, lo que incluye la orientación de las innovaciones hacia objetivos específicos.

La innovación tecnológica es, por tanto, un proceso que abarca diversas fases orientadas a introducir en el mercado los resultados de la investigación. Cada fase tiene una duración temporal y un consumo de recursos propios, no siendo necesario su desarrollo secuencial. Pues, deben existir

realimentaciones desde las fases posteriores hacia las fases anteriores, originando flujos de información a lo largo del tiempo entre las diferentes actividades.

Al analizar la innovación de productos no es fácil definir el concepto de nuevo producto, En una primera aproximación, un nuevo producto es el que desarrolla una función nueva o emplea una nueva tecnología para desarrollar una función. En realidad existen, muy pocos productos realmente nuevos. En la mayoría de los productos de consumo duradero, por ejemplo, es posible mejorar y ampliar sus prestaciones sin que sea preciso alterar de forma sustancial la base física de los mismos. Incluso, en algún tipo de bienes, es posible modificar tan sólo la forma en que los consumidores los perciben, no originando transformaciones importantes ni incrementando las aplicaciones del producto inicial.

La creación de nuevos productos es un proceso interactivo que comprende las siguientes etapas:

- Generación y búsqueda de nuevas ideas: aquí se persigue concebir nuevas ideas sobre productos que sean coherentes con los objetivos y estrategias de la empresa. Para producir nuevas ideas, la empresa necesita como soporte básico información tanto interna como externa.
- Selección de ideas: proceso que permitirá filtrar aquellas ideas más acordes con los propósitos de la empresa y compatibles con sus recursos
- Evaluación económica: para esto será necesario obtener los flujos de caja previstos a lo largo del tiempo durante el cual se va a comercializar el nuevo producto. La mayor dificultad consiste en realizar previsiones sobre la demanda futura ya que dependerá del precio asignado al producto que, a su vez, se encuentra influenciado por los costos
- Desarrollo del producto y construcción de prototipos: aquí se desarrollan y completan las ideas a partir de modelos semiterminados o prototipos de producción.
- Prueba del producto en el mercado: consiste en comercializar el producto en condiciones similares a las definitivas. Los resultados que se obtengan permitirán a la empresa tomar la decisión del lanzamiento del producto.
- Lanzamiento masivo: la empresa podrá optar por modificar alguna de las características del producto o del marketing mix a emplear.

En los últimos cuarenta años no sólo han cambiado los componentes de la estrategia empresarial, sino han variado también la conceptualización de los procesos de innovación tecnológica y el enfoque de su gestión.

Estos cambios pueden ser esquematizados por Rothwell (ROTHWELL, 1994), mediante los siguientes modelos o generaciones del proceso de innovación.

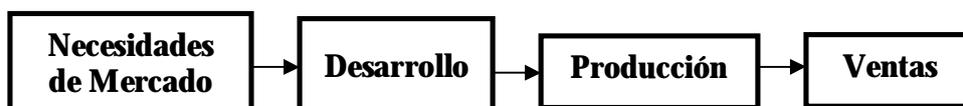
### Primera Generación: Modelo del "Technological push"

Este modelo, representado en la figura, fue el dominante en el periodo 1950 -1965. Su principal característica es la linealidad que asume un escalonamiento progresivo desde el descubrimiento científico, motor de la innovación, hasta la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la fabricación. El mercado es tan sólo el lugar donde se van a incorporar los frutos de la I+D.



### Segunda Generación: Modelo del Market pull

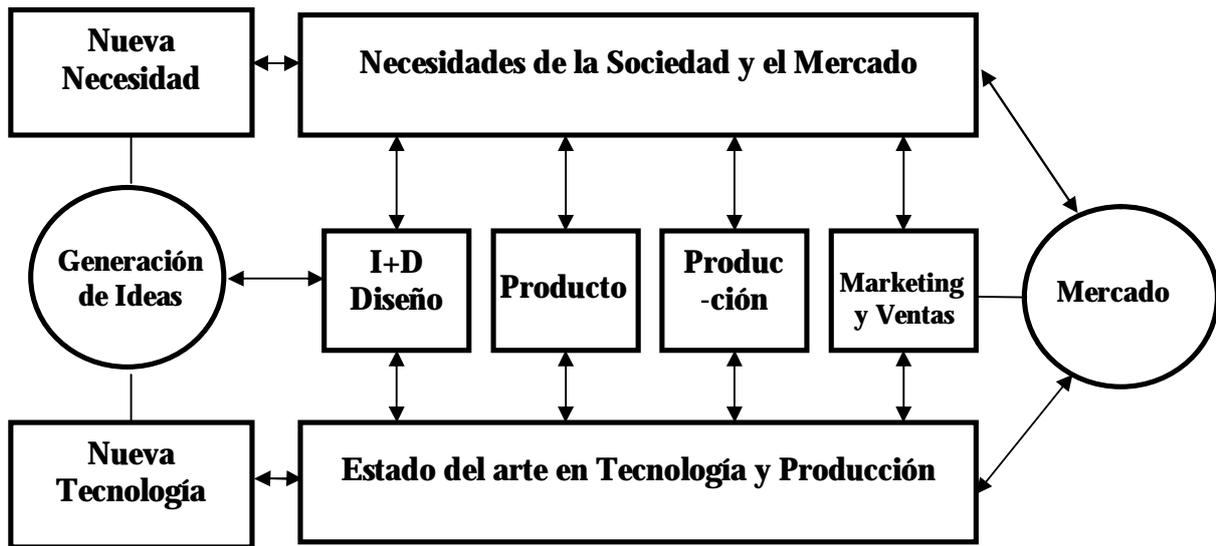
A partir de la segunda mitad de la década de los sesenta comenzó a prestarse mayor atención al papel del mercado en el proceso innovador, lo que condujo a conceptualizar la innovación tecnológica también lineal, cuya principal característica radicaba en considerar que las innovaciones derivaban básicamente del análisis de las necesidades de los consumidores. En este caso, el mercado era visto como la principal fuente de ideas para desencadenar el proceso de innovación. Los empresarios acudían después al "stock" de conocimientos científicos para tratar de satisfacer las necesidades de los consumidores.



### Tercera Generación: Modelo mixto

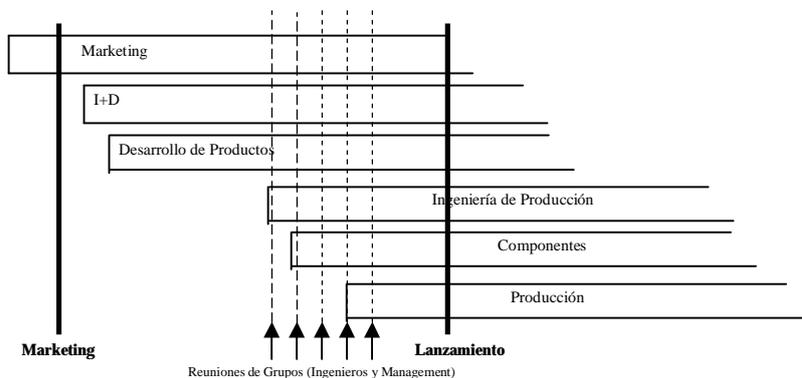
Diversos estudios desarrollados por Myers y Marquie, Rothwell y Cooper, muestran que los modelos lineales para gestionar la innovación tecnológica son en exceso simplificados, constituyendo a su vez ejemplos atípicos de lo que en realidad constituye un proceso más complejo, donde intervienen la ciencia, la tecnología y el mercado. Este proceso es modelizado por Rothwell y Zegveld representando *"una secuencia lógica, no necesariamente continua, que puede ser dividida en series funcionalmente pero con etapas interdependientes e interactivas"* (ROTHWELL et al., 1984).

Este modelo, que tiene vigencia entre la segunda mitad de los años setenta y primeros de los ochenta, representa una compleja red de canales de comunicación, intra y extra organizativos, que unen las diferentes fases del proceso entre sí con el mercado y el conjunto de la comunidad científica.



### Cuarta Generación: Modelo Integrado

Aunque el modelo mixto incorpora procesos retroactivos de comunicación, esencialmente es un modelo secuencial. A partir de la segunda mitad de la década de los ochenta se comienza a considerar que las fases de la innovación tecnológica, sobre todo desde el punto de vista operativo o de gestión, deben ser consideradas mediante procesos no secuenciales es decir, en procesos simultáneos o concurrentes como consecuencia de la necesidad de acortar el tiempo de desarrollo del producto para introducirlo más rápidamente que sus competidores en el mercado.



Este modelo, desarrollado en sus inicios por el sector del automóvil japonés, persigue una mayor integración de las fases del proceso de innovación, lo que implica un elevado nivel de coordinación y control a lo largo del proceso.

### Quinta Generación: Modelos en Red

En la actualidad se tiene la evidencia de que la innovación tecnológica es algo más que un proceso secuencial o integrado; es un proceso "en red", como lo demuestra el número de alianzas estratégicas de carácter horizontal basadas en la colaboración interempresarial para el desarrollo de la innovación. Así, las relaciones de carácter vertical con los proveedores, han llegado a alcanzar un carácter estratégico haciendo que las pequeñas y medianas empresas establezcan una amplia variedad de relaciones con las grandes empresas en los procesos de innovación. La red se va ampliando recientemente tratando de involucrar a los clientes especializados en los procesos de innovación.

### **2.3.- Modelos de Innovación y Difusión de Conocimientos. Enfoque de las redes**

Al principio de los años noventa, la Unión Europea publicó un *Libro Blanco* en que se discutían las estrategias europeas para promover la enseñanza y el aprendizaje como una de las vías principales para adaptarse a los retos de un nuevo tipo de sociedad, que se definió como "Sociedad del Conocimiento".

La Sociedad del Conocimiento está caracterizada por tres tendencias:

- El uso masivo de las tecnologías de información y comunicación en todos los ámbitos sociales.
- La globalización de los procesos económicos.
- La emergencia de una civilización científico- tecnológica.

En el *Libro Blanco* se constata que para mantener su posición en el sistema político y económico mundial los países europeos no tienen otra opción que realizar importantes inversiones en conocimiento, competencias y habilidades.

*"La internacionalización de los procesos económicos, la globalización de las tecnologías y la emergencia de una sociedad de la información han cambiado profundamente la disponibilidad de información y conocimiento por parte de los individuos singulares. Al mismo tiempo facilitan transformaciones tanto en los procesos sociales en general como en la organización de los procesos de trabajo. Sin entrar en la discusión de los rasgos que va a tener la sociedad resultante de estas transformaciones se prevé que el conocimiento va a tener en el futuro una importancia mayor que en la sociedad industrial tradicional y por esa razón se está hablando de la sociedad del conocimiento"* (CECA-CEE-CEEA , 1993).

En este contexto, los procesos de enseñanza y de aprendizaje adquieren mayor relevancia. Se habla de los sistemas públicos de educación y de formación profesional, pero también de los procesos de aprendizaje a lo largo de la vida de cada individuo que pueden ser procesos de aprendizaje formal (en escuelas, institutos o clases) o informal (en los puestos de trabajo o en situaciones sociales).

En el mundo económico se observa una tendencia a dar una mayor importancia al conocimiento científico, por el hecho de que el conocimiento científico, es cada vez más, parte integral de los procesos productivos, como muestra la emergencia del sector de biotecnología, que es un sector clave para el futuro. No obstante, no se trata de una tendencia limitada a algunos sectores específicos, sino que en muchos sectores económicos se observa, la tendencia de que los nuevos conocimientos científicos se integran con cada vez con más velocidad en a los procesos productivos y de que sean la base del desarrollo de nuevos productos o procesos productivos.

La capacidad de innovación es una de los factores claves para las empresas, que quieren competir en un mercado cada vez más internacionalizado y globalizado. Un proceso de innovación puede ser descrito como un proceso de negociación entre diferentes actores como por ejemplo centros de investigación, productores, proveedores, instituciones (institutos científicos, comisiones de estandarización, asociaciones profesionales y grupos de presión entre otros) y finalmente los consumidores. Y en la mayoría de los casos, una innovación implica modificaciones en las estructuras cognitivas de las organizaciones y empresas implicadas.

Algunas preguntas que surgen de estas consideraciones son: ¿Que estrategias de recursos humanos aplican las empresas en el marco de sus procesos de innovación? y ¿Cómo pueden ser mejorados?

La capacidad de innovación de una empresa está estrechamente relacionada con su capacidad de gestionar su conocimiento. En este sentido, el conocimiento se convierte en un factor de producción cada vez más importante para las empresas más competitivas, lo cual, es el caso de las empresas dinámicas del sector agroindustrial. Pero los procesos de innovación ya no son procesos que lleva una empresa en solitario, sino que las empresas están trabajando en redes junto con otras empresas, centros de investigación e institutos de formación. Estas redes traspasan no solamente los límites de los sectores económicos, sino también de los estados nacionales. Por lo tanto, la gestión de conocimiento ya tampoco puede ser asunto de una empresa en solitario, sino de redes.

Basado en esto se destacan los siguientes puntos:

- La descripción de las estructuras de innovación de los distintos *cluster* productivos.
- El rol de los sistemas de formación en el proceso de innovación de las empresas.
- La emergencia de nuevas competencias y nuevas formas de aprendizaje producida por la importancia creciente de las actividades innovadoras y su organización en formas de red.

El enfoque de redes hace referencia a la noción de red, ya que facilita la posibilidad de ubicarse en el contexto actual de redes como una forma específica de la actividad económica y de la discusión de las redes de innovación que se está produciendo ya desde hace bastante años dentro de la rama de la sociología, que se centra en los procesos de innovación tecnológica.

El punto de partida, como en muchos otros estudios, es la conocida definición que nos ha dado el antropólogo C. Mitchell, cuando define a las redes como *"specific set of linkage among a defined set of persons, with the additional property that the characteristics of these linkages as a whole are used to interpret the social behaviour of the persons involved"* (un conjunto de vínculos entre grupos de personas con la característica específica de que los vínculos definen el comportamiento social de las personas involucradas ) (MITCHELL, 1969). Como se verá, uno de los cambios importantes en esta definición, ha sido hecho por parte de los teóricos de la organización, al ampliar la definición a organizaciones, o en términos sociológicos, a actores sociales.

Dentro del marco de la teoría económica y de las transacciones, primero Williamson y luego otros usaron la noción de red para conceptualizar las actividades económicas que no están ubicadas en un mercado ni en las estructuras organizativas, como las conocemos. Los mercados están definidos como mecanismos espontáneos de la coordinación de actividades económicas de diferentes individuos u organizaciones. Las Organizaciones al contrario están caracterizadas por sus fronteras formales y que están basadas en la internalización de transacciones económicas y de flujos de recursos que antes han sido estado libremente disponibles en los mercados.

Las redes están consideradas como una forma independiente de actividad económica caracterizada por sus condiciones específicas. Las redes son comparadas con las organizaciones más flexibles en la distribución de sus recursos y en la *performance* de sus acciones que las organizaciones. Al mismo tiempo, son más estables que los mercados. Actores individuales y organizativos eligen la forma de las redes para sus actuaciones cuando el entorno invalida el uso de las otras formas de transacciones y sobre todos cuando las transacciones requieren informaciones eficientes y fiables y al mismo tiempo un elevado grado de flexibilidad.

En la creación y el mantenimiento de redes existen algunos aspectos críticos como por ejemplo:

La multiplicidad de las relaciones y transacciones. Un elevado grado de confianza entre los actores lo que está relacionado con un equilibrio entre autonomía y dependencia de las unidades singulares que componen la red en cuestión.

Los círculos de comunicación. La mayor velocidad de las transformaciones en el entorno provoca que muchas empresas busquen relaciones de colaboración con otras empresas y reestructuren internamente sus procesos de trabajo aplicando principios de redes. Alianzas estratégicas y otras formas de colaboración permiten tratar la información más rápidamente y más flexiblemente informaciones que en una estructura jerárquica de organización y al mismo tiempo permite establecer comunicaciones más complejas que en los mercados. Esta configuración comunicativa específica permite a las redes de adaptarse permanentemente a un entorno cambiante. La ventaja de las redes consiste en su capacidad de integrar y tratar nueva información de cierto grado de complejidad y su capacidad de modificar su percepción y su interpretación del entorno cuando parece necesario.

El conocimiento. Estudios empíricos indican que las redes han sido creadas sobre todo en sectores de alta tecnología con un porcentaje elevado de trabajadores altamente calificados, que disponen de una estructura amplia. Parece que las redes han sido creadas para el intercambio de recursos de

conocimientos, que se basan en calificaciones y competencias, mientras que para las transacciones de productos tangibles se recurre normalmente a los mecanismos de mercado o de las organizaciones jerárquicas.

Pero, los principios para trabajar o actuar en redes, no pueden ser observados solamente respecto a las relaciones entre empresas, sino también dentro de las empresas como muestran las aplicaciones de los conceptos de como trabajar en grupo, la gestión de proyectos, la gestión de calidad y los centros de costes. La diferencia esencial entre una organización de corte taylorista y de tipo red es que las transacciones internas y externas no se limitan a productos materiales o inmateriales sino que se refieren también a la transferencia de conocimiento en la empresa y entre empresas.

Las Redes de Innovación en la sociedad industrial, han tenido una importancia central, indicando que la transformación de conocimientos nuevos en conocimiento práctico y productivo siempre ha sido crucial. No obstante, los últimos cambios en los procesos económicos como son: el aumento de la velocidad de las comunicaciones y la mayor disposición de informaciones, han provocado que la gestión de conocimientos haya adquirido aún mayor importancia y sea el factor central para el éxito empresarial. Pero en la sociedad de la información la gestión de conocimiento y especialmente las actividades de investigación ya no son tarea de un investigador individual o de un centro de investigación, sino de redes de investigadores y centros de investigación al nivel escala de los estados nacionales o internacionales.

Pero una innovación debe ser puesta en práctica. En este sentido, el éxito de una innovación o una mejora depende de la conexión entre la red de investigación y los ciclos de producción o de servicios. Esta conexión es el factor clave para el éxito de una innovación. La generación de una innovación y su puesta en práctica requiere la integración de los dos ciclos: el de investigación y el de producción, en una red.

Tales consideraciones nos lleva a la siguiente distinción:

- La noción "red de innovación" hace referencia al conjunto de la red, que integra las actividades de investigación y producción.
- La noción "red de producción" se refiere exclusivamente a las actividades de producción, incluyendo las tareas de gestión, control de calidad, gestión de los recursos humanos, tareas administrativas y otros.
- Con "Red de investigación" se hace referencia al sistema de investigación pública y privada.

Llevar el modelo de red al de una Red de Comunicación hace que ahora las redes se basen en flujos de comunicación más flexibles que las organizaciones y más estables y complejos que los mercados. Las redes de comunicación son definidas como un conjunto de nodos, a través de los cuales la información es tratada e insertada en la red. El estado de un nodo depende en definitiva del estado de los demás nodos, que a su vez constituyen la configuración del conjunto de la red. El estado de un nodo cambia al final de acuerdo con la perturbación de los demás nodos. En otras palabras, la estructura cognitiva de cualquier nodo en una red depende de la configuración cognitiva del conjunto de la red. En este sentido, los procesos de aprendizaje

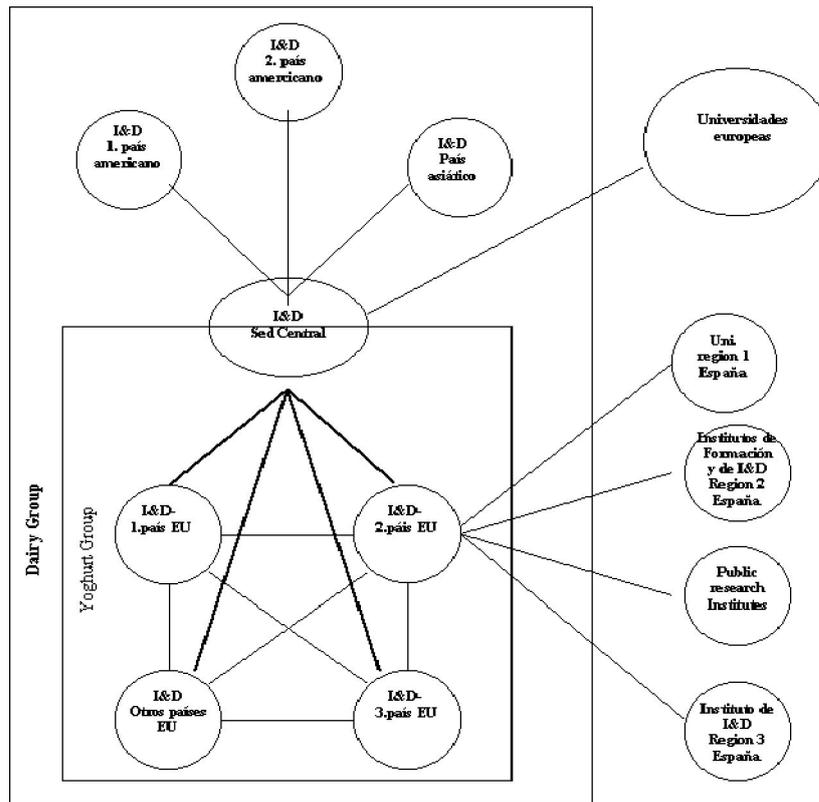
pueden ser definidos como una función de las perturbaciones del conjunto de la red en el tiempo. Las redes de comunicación son capaces de almacenar pautas complejas de acción y relacionarlas de tal forma que la emergencia de una pauta provoca la emergencia de otra, o de un conjunto de pautas o del conjunto de pautas. El proceso de aprendizaje de una red u organización, consiste en la integración y activación de nuevas pautas de activación en el conjunto de las pautas.

Las empresas dinámicas tienden a actuar cada vez más interna y externamente en formas de red, entonces las cuestiones clave desde el punto de vista de la gestión de recursos humanos son: ¿Si el cambio de la organización de trabajo debe reflejarse también en un cambio de la política de formación? Y en segundo lugar: ¿Si los cambios provenientes de organizar el trabajo están acompañados por nuevas competencias, cuales son las competencias de trabajar en red?

Los resultados teóricos de los enfoques de redes comunicativas indican que las estructuras cognitivas de las redes no dependen solamente de las competencias profesionales de los individuos que constituyen la red, sino también de la transmisión interna de los elementos cognitivos de un individuo al otro. Tal suposición implica una relación estrecha entre la estructura de la red y las competencias individuales, en respecto a la capacidad de aprendizaje y de innovación de la red. Por ejemplo, en el caso de que las diferentes partes de una red estén conectadas solamente a través de un nodo, entonces este nodo determinará un elevado grado de la capacidad de aprendizaje de la red en su conjunto. El nodo puede ser denominado *cognitive-gatekeeper* por el hecho de que es el que filtra los nuevos elementos cognitivos que pasan de un parte de la red a las otras. En otras estructuras de redes, tal función está cumplida por diferentes nodos, y por lo tanto, es difícil de identificar un *cognitive gatekeeper*. En este caso y de forma general, será mejor referirse a la función del *cognitive gatekeeping*, en lugar de a un nodo.

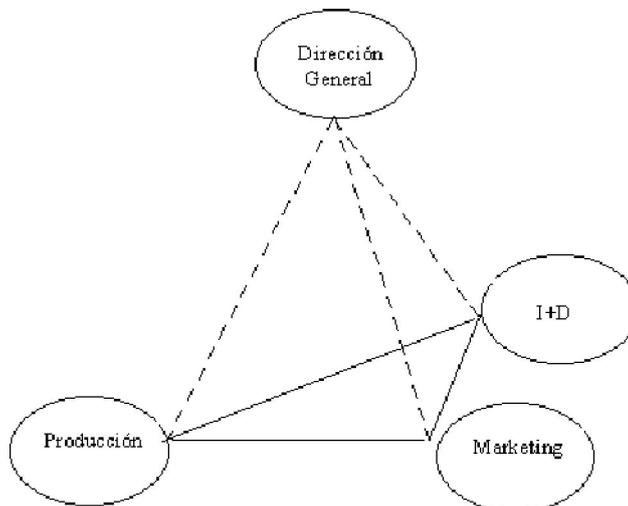
Investigaciones y estudios muestran que los procesos de innovación traspasan ya las fronteras nacionales. En este sentido, no se puede hablar ya de sistemas nacionales de innovación, sino como propone la OECD en 1997, sino de sistemas transnacionales. Esta consideración ha llevado a la conclusión de que sea mejor de hablar de sistemas de innovación de empresa, y iniciar la investigación en concreto de las empresas diferenciando entre la estructura de I+D interna de la empresa y de su estructura externa.

### Red transnacional de innovación (caso de una empresa láctea)



La estructura de I+D interna está compuesta generalmente por las siguientes áreas funcionales: I+D,; marketing, producción y dirección general. La última área no está involucrada en el trabajo cotidiano de I+D, sino que se trata de la instancia de control y de supervisión, que toma las últimas decisiones para seguir adelante en las diferentes fases del proceso de innovación o de interrumpir el proceso mismo.

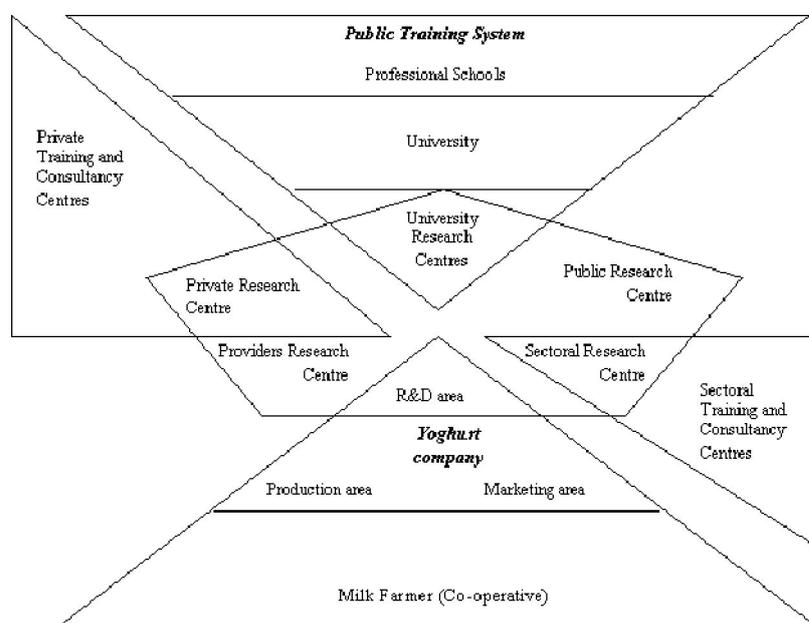
### Red interna de I+D



La red externa puede estar compuesta por:

- La red interna de las empresas, que se dedica a las actividades de I+D.
- El sistema público de educación y formación, que incluye las universidades y sus centros de investigación.
- Diferentes Centros públicos de investigación, que formalmente son independientes del sistema público de educación y formación, pero que en general mantienen estrechas relaciones con las universidades, por ejemplo a través de personal compartido.
- Los centros de investigación sectoriales, que orientan sus actividades investigadoras a un sector económico específico. Estos institutos forman parte de la llamada red sectorial de formación y consultoría, que los actores sociales de los diferentes sectores mantienen por separado o conjuntamente.
- Los centros de investigación de los proveedores de sustancias secundarias o de maquinaria.
- Los centros privados de investigación que no están mantenidos por los actores sociales del sector en cuestión y que en la mayoría de los casos están integrados en agencias de formación y consultoría. En esta categoría se incluye también los centros de investigación de otras empresas, por el hecho que en algunos proyectos (los denominados proyectos de investigación precompetitivos) se establecen colaboraciones entre centros de investigación de diferentes empresas. No obstante, este tipo de colaboración es excepcional.

### Modelo ideal de redes de innovación



La configuración concreta de las redes varía de país a país pero se observa a pesar de su transnacionalidad una característica común: Los actores que participan en las redes de innovación provienen de diferentes áreas o sistemas sociales. Por ejemplo, las universidades y sus centros públicos de investigación pertenecen al sistema de la educación profesional al nivel académico y han desarrollado un discurso propio, que es diferente al discurso de las áreas de I+D de las empresas, que están bajo la presión de eficiencia económica. Y también en el seno de las empresas las diferentes áreas involucradas en el I+D tienen sus propios puntos de referencias, lógicas de acción comunicativa y sus discursos propios.

Para Describir los procesos de innovación, se debe considerar, que en las industrias, las innovaciones parten de las mismas empresas y sobre todo desarrollando en el seno de las mismas empresas. Las empresas crean normalmente equipos de I+D internos para cada proceso de innovación o de mejora, aprobado por las direcciones. Los actores externos generalmente no forman parte de estos equipos, sino que se recurre a su colaboración puntualmente, cuando los equipos de I+D lo consideran necesario. Los expertos de otras empresas y organizaciones son considerados como proveedores de conocimiento.

De forma ideal, se observan las siguientes fases de un proceso de innovación y desarrollo:

- *Creación* de la idea original.
- *Guión*, lo o cual quiere decir que significa el primer esbozo de la idea y la determinación de su fiabilidad científica, económica y práctica.
- *Preparación*, que incluye la propia investigación y la preparación de su implantación.
- *Implantación* de la innovación, lo cual incluye también diferentes formas de aprendizaje.
- *Revisión*, que incluye círculos comunicativos de retroalimentación de los primeros resultados y el afinamiento de la innovación implantada.

Generalizando, los procesos de innovación se dividen en dos grandes fases:

- *En la primera fase* de preparación, la red está limitada a técnicos, mandos y directivos de las diferentes áreas involucradas. El núcleo de los equipos de I+D está compuesto normalmente por directivos y técnicos de la área de I+D y del marketing. El área de producción está representada por su director y en su sustitución por un mando. Pocas veces, más personal de la producción está integrado en el equipo de I+D. A los miembros internos del equipo de I+D se adjuntan de forma puntual investigadores, consultores y expertos externos, cuando ese considerado necesario. Se supone que ya en esta fase de la innovación existen varios discursos en el seno de los equipos basados en los diferentes conceptos científicos, técnicos, económicos y/o de dirección que dominan en

loas áreas de la proveniencia procedencia de las personas en cuestión. Por lo tanto, el trabajo en estas redes cognitivas implica la capacidad de construir puentes entre los diferentes estilos discursivos.

- En la *segunda fase* de la implantación la red integra también trabajadores cualificados. Entonces el esquema jerárquico de la relación entre I+D y producción se rompe y se imponen principios de gestión en proyectos. A partir de este momento se debe pasar de un discurso científico, técnico y/o económico a un discurso más orientado a la práctica de los procesos laborales que domina en el ámbito de los trabajadores calificados en cuestión.

Como se produce la diseminación de conocimiento y las estrategias de formación son factores cada vez mas relevantes en el proceso de innovación a nivel de firma y se observa que las políticas empresariales de formación profesional continua están orientadas cada vez más a la capacidad de innovación social, es decir a la implantación de principios de polivalencia, de trabajo en grupo, de gestión de calidad etc. Es decir, la formación continua formal ya no está orientada exclusivamente a competencias técnicas de los empleados y trabajadores, sino a las competencias sociales que se requiere en las "nuevas" formas de trabajo.

Se observa, en concreto, que las estrategias empresariales se basan en una mezcla de capacitación formal y formación *ad hoc*. La capacitación formal está orientada sobre todo a la mejora de las competencias generales y sociales. No obstante, se observa que el personal del sector de I+D tiende a ser excluido de tales medidas y que participa poco en los cursos de formación profesional general o específicos de su especialidad.

Las formas *ad hoc* de aprendizaje se consideran muy importantes en el contexto de innovación tecnológica y de mejora continua de los procesos. La lógica de innovación que se observa en las empresas requiere procesos de aprendizaje muy flexibles, que no pueden ser organizadas a través de políticas de formación formal con un trasfondo pedagógico consolidado. El aprendizaje es parte mismo del proceso de innovación y por lo tanto, los equipos de I+D mismos son áreas de aprendizaje. En el caso de la implantación de mayores innovaciones o mejoras, el área de aprendizaje se abre a los trabajadores calificados del área de producción en concreto, que hasta entonces no habían sido involucrados en el proceso de I+D, pero que serán directamente afectados. Se trata de procesos de aprendizaje interactivos, porque tales actividades son aprovechadas para afinar las propuestas innovadoras en la práctica. Otra forma de aprendizaje, que se usa sobre todo en el caso de mejoras menores, son los procesos formales de instrucciones para los trabajadores.

La definición de las Competencias para actuar en redes es la clave para que una red de innovación compuesta por actores de diferentes áreas sociales, por la complejidad de las relaciones comunicativas y la forma en que están interrelacionadas, son de suma importancia para la performance de la innovación. Sin embargo, la forma como interactúan los diferentes actores no depende solamente de la estructura comunicativa de la red sino de las competencias de los actores individuales integrados en la red en cuestión. No estamos hablando aquí de competencias técnicas, pero tampoco de

competencias sociales o comunicativas, como se discute en el debate actual de competencias. Se trata de profundizar en el tipo de competencias requeridas por las redes, lo que llamamos aquí competencia de actuar en redes y que está compuesta por las capacidades que resumimos en el siguiente cuadro.

**Capacidades y habilidades de la competencia de actuar en red**

Capacidad de Transmisión	Se refiere a la habilidad de explicar, razonar y enseñar.
Capacidad de Recepción	Incluye la habilidad de escuchar, entender y aprender.
Capacidad de Búsqueda	Se refiere a la habilidad de buscar y encontrar nuevos elementos cognitivos dentro y fuera del centro de trabajo, de la empresa y de la red; y su introducción en los círculos de comunicación de la red de innovación.
Capacidad de Traducir conceptos	Incluye la habilidad de comprender conceptos que proviniendo de otras áreas y expresado a través de otros discursos; y traducirlos luego en su propio discurso, y viceversa.
Conocimiento de Procesos de Redes	incluye la evaluación de la importancia de los nuevos elementos cognitivos, pero también la decisión a quién se debe transmitirlos; y dónde y cómo se puede encontrar información dentro y fuera de la red.
Capacidad de Negociación	Está relacionado con el hecho de que los procesos de innovación no están libres de conflictos. Todas las partes de la red tiene sus propios intereses y siguen su propia lógica de acción, que muchas veces no coincide plenamente con los intereses y las lógicas de acción de otras partes de la red. En este sentido la competencia de actuar en red incluye la capacidad de negociación que a su vez incluye la habilidad de detectar diferentes intereses, formular su propia posición y consensuar diferentes posiciones.

La argumentación sobre las competencias de trabajar en red parece estar enfocada en los investigadores, es decir profesionales de elevada calificación, esta no está limitada a profesionales. Innovar en redes requiere la presencia de estas competencias en diferentes grados en todas las áreas involucradas en el proceso de innovación. Especialmente en la fase crucial de implantación, todos los profesionales implicados en este proyecto deben tener cierta competencia de actuar en red. Y por otro lado, en la cadena de producción, que hoy en día se convierte cada vez más en un sector dinámico y cambiante, los actores de sectores asociados (proveedores) necesitan las competencias de trabajar en red para poder sobrevivir y para garantizar la calidad de los productos.

#### **2.4.- Modelos de Imitación de la Innovación. Enfoque del diseño dominante**

Es frecuente que muchas de las innovaciones de nuestro tiempo sean atribuidas a empresas que realmente no generaron la innovación por la que se hicieron famosas. Sin embargo, estas empresas fueron capaces de explotar comercialmente dichas innovaciones arrebatando al inventor no sólo la fama, sino también los beneficios. Cuando se hace referencia al refresco de cola bajo en calorías, la gran mayoría del público lo asociaría con la marca Coca Cola Light, o con la marca Diet Pepsi, pero la verdad es que la empresa que desarrolló e introdujo este producto concreto en el mercado fue Royal Crown.

En la segunda mitad de los años ochenta, Teece ya expuso que existían dos aspectos clave de la tecnología que posibilitaban o dificultaban el beneficiarse de las innovaciones. Estos dos aspectos o propiedades son la imitabilidad y los activos complementarios.

La imitabilidad puede considerarse como la mayor o la menor facilidad con la que una innovación puede ser imitada, así como la extensión o proporción de dicha replicación. Las razones principales por las que una innovación es difícilmente imitable se pueden resumir en tres:

- La protección legal de la propiedad intelectual (patentes).
- La aplicación de cláusulas de confidencialidad a los trabajadores.
- Como consecuencia de que las competencias que se requieren para producir la innovación sean tan revolucionarias que no se encuentren en el mercado.

Los activos complementarios son aquellos recursos y activos de la empresa que, sin ser necesarios para el desarrollo conceptual de productos innovadores, son imprescindibles para su explotación comercial. Pueden considerarse como tales los procesos de fabricación, los canales de distribución, el servicio post-venta, incluso el marketing y la publicidad que sirven para dar a conocer esos productos innovadores.

A partir de estos dos aspectos, tan sencillos de entender pero tan difíciles de dominar, se puede diseñar un modelo teórico en forma de escenarios que recoge las combinaciones posibles de imitabilidad del producto y de accesibilidad a los activos complementarios. El objeto del modelo es mostrar qué tipos de empresas tienen más probabilidad de beneficiarse de una innovación en cada uno de los escenarios posibles.

#### Imitabilidad y activos complementarios

		<b>Activos complementarios</b>	
		Fácilmente disponibles ó poco importantes	Difícilmente accesibles y muy importantes
<b>Imitabilidad</b>	Fácilmente imitable	(I) Economías escala o dominio del canal	(II) Propietario activos complementarios
	Difícilmente imitable	(III) Inventor o nuevos entrantes	(IV) Alianzas con poder negociación

**Fuente: Afuah (2003)**

Observando el cuadro se aprecian cuatro escenarios posibles:

- Escenario I: aquél donde la innovación es fácilmente replicable por la competencia y en la que los activos complementarios son fácilmente accesibles o no tienen un gran impacto en el resultado comercial de la innovación. En estas circunstancias es difícil que alguna empresa pueda beneficiarse de su innovación ya que la

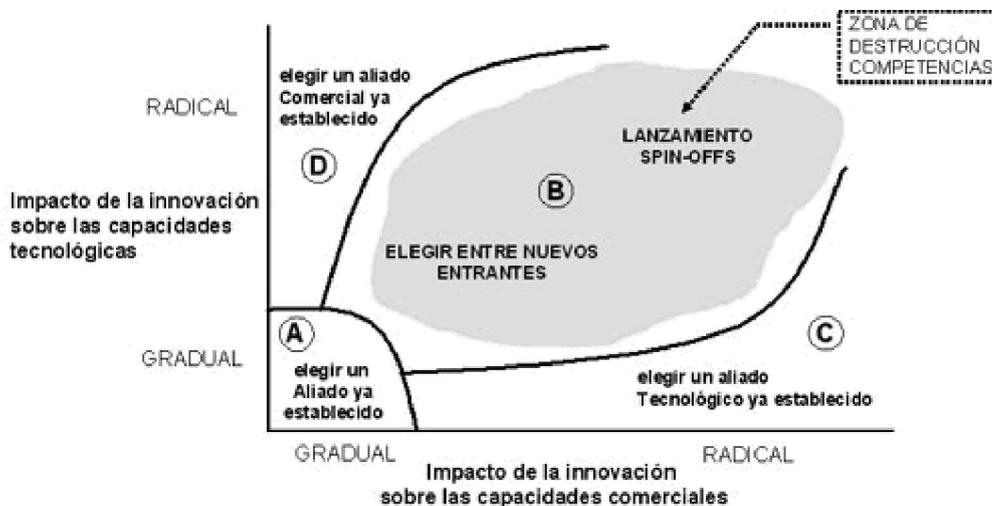
competencia será muy intensa debido al gran número de oferentes que habrá en el mercado. Seguramente la competencia se basará en el precio y solo podrán sobrevivir aquellas empresas que tengan economías de escala en algún eslabón de su cadena de valor o aquellas que dominen una amplia base de clientes. Parece, por tanto, que éste es un entorno desfavorable para una empresa que pretenda convertirse en un líder en innovación.

- Escenario II: se presenta cuando la innovación es fácilmente replicable, pero requiere de unos activos complementarios muy especializados o escasos para su explotación comercial. En este caso, las empresas que disponen de estos activos singulares son las que con más probabilidad se beneficiarán de la innovación en detrimento de las empresas pioneras en la introducción del producto. Este es el mejor escenario para que los dominadores tradicionales en los mercados actuales introduzcan evoluciones o mejoras incrementales en sus productos.
- Escenario III: es aquel en el que la innovación es tan radical o está tan bien protegida, que no se esperan réplicas a la innovación por parte de los competidores. Por otro lado, los activos que se necesitan para que el producto llegue al cliente final o son poco importantes o fácilmente accesibles en el mercado. Este escenario constituye un entorno favorable para que los innovadores compitan, ya que las empresas dominadoras en los mercados existentes son vulnerables y la introducción de la innovación resultará relativamente fácil.
- Escenario IV: es el que se produce cuando la innovación es difícilmente imitable, siendo además muy escasos o especializados los recursos que se requieren para fabricarla y comercializarla. Esta situación de equilibrio entre los líderes en innovación y los poderes del mercado es la que requiere alianzas entre estos dos tipos de empresas para complementar sus fuerzas. A la hora de aliarse ganará aquél que tenga más poder y más talento para utilizarlo en la negociación de los acuerdos en los que se base cada alianza.

Cuando se trata de la introducción en el mercado de innovaciones radicales que supongan grandes incertidumbres y fuertes inversiones, las estrategias de cooperación entre empresas son imprescindibles. En estos casos saber elegir con quién cooperar y contra quién competir constituye la clave del éxito o del fracaso. Las innovaciones radicales se suelen caracterizar por tener una o varias de las siguientes características:

- Destruyen parcial o totalmente las competencias actuales que disponen las empresas.
- Son capaces de generar nuevos mercados.
- Distorsionan las condiciones de competencia en los mercados existentes

Para evaluar correctamente el grado de radicalidad de la innovación que se pretende introducir, así como para cuantificar el impacto que producirá sobre las competencias que disponen las empresas en ese momento, Afuah (AFUAH et al., 2003) propone una forma analítica de organizar estos conceptos, representando en cada uno de los dos ejes de un diagrama cartesiano, el impacto de la innovación sobre las competencias tecnológicas y comerciales de las empresas.



Fuente: Afuah (2003)

El gráfico muestra cuatro zonas:

- A: En esta zona, el impacto de la innovación en el mercado es gradual, tanto para las competencias tecnológicas como para las competencias comerciales. Es decir, ya existen en el mercado empresas que tienen las competencias requeridas para explotar la innovación. En este caso las empresas innovadoras seleccionan aliados dentro de las empresas existentes en el mercado actual, buscando posibles sinergias entre las competencias de ambas empresas.
- B: En esta zona, el impacto de la innovación es tan radical sobre las competencias existentes que no es posible que el tipo de empresas actuales en el mercado sean capaces de explotar la innovación. Es probable que disponer de las competencias actuales, tanto tecnológicas como comerciales, resulte un obstáculo para beneficiarse de dicha innovación según lo propuesto por Leonard-Barton en 1992. Se requiere buscar un aliado fuera del sector y plantear la cooperación con empresas que estén dispuestas a entrar en el nuevo mercado, siendo necesario a veces recurrir a nuevas empresas. La alianza con un outsider permitirá desarrollar las nuevas competencias tecnológicas o comerciales que se necesitasen para explotar la innovación.
- C: En esta zona, la característica principal es que la innovación introducida en el mercado tiene un impacto radical sobre las competencias comerciales de las empresas pero, sin embargo, no

altera sus competencias tecnológicas. Esto supone que entre las empresas del sector solo serán útiles para formar una alianza aquellas que sean fuertes en tecnología. Para buscar aliados que aporten competencias comerciales adecuadas habrá que buscar en otros sectores o entre nuevas empresas.

- D: Esta zona representa la situación en que la innovación introducida tiene un impacto muy grande sobre las competencias tecnológicas de las empresas, aunque no altera sustancialmente sus competencias comerciales. Será necesario entonces buscar aliados que dispongan de una gran fortaleza comercial dentro del sector, ya que las empresas de carácter tecnológico no podrán explotar la innovación al haberse quedado obsoletas. Por otra parte, para buscar aliados que aporten competencias tecnológicas adecuadas habrá que buscar en otros sectores o entre nuevas empresas.

Los mercados evolucionan condicionados por el avance de la tecnología, y cuando esos avances pueden ser radicales, las empresas interaccionan con el entorno para reducir las incertidumbres que se generan. Estos saltos tecnológicos plantean algunas cuestiones importantes a las empresas, como por ejemplo, predecir si estas nuevas tecnologías generarán nuevos mercados o delimitar cuales serán los usos comerciales de los nuevos productos. La forma más corriente de reducir la incertidumbre es el acceso a la información, y en este caso la información que se requiere para contestar a las cuestiones planteadas hace referencia a la relación entre la evolución de los mercados y la dinámica de la innovación.

Para entender esta, como evolución de los mercados, en función del progreso tecnológico, resulta de bastante ayuda utilizar el modelo de Abernathy-Utterback (ABERNATHY et al., 1978), que permite realizar un análisis competitivo del mercado en función de la trayectoria de las tecnologías. Estos autores analizaron el ciclo de vida de un mercado tecnológico basándose en la evolución temporal de la cantidad y del tipo de innovaciones que se observaban, siendo posible distinguir tres fases en el ciclo de vida de un mercado tecnológico: la fase fluida, la fase de transición y la fase específica; estableciendo, además, un período de discontinuidad entre el final de un ciclo de vida tecnológico y el comienzo de otro.

El elemento fundamental de este análisis, es el concepto de diseño dominante de un producto, que se apoya en tres etapas bien definidas: la primera se produce a partir de un momento determinado el mercado reconoce un conjunto de características que desea ver en los productos y que ya no se cuestiona, al consolidarse el diseño dominante, el ritmo de introducción de mejoras en el producto se ralentiza porque el mercado ya se ha definido y por último cuando se consolida el diseño dominante, el número de empresas participantes en el mercado se reduce considerablemente, quedando solo aquellas que están en condiciones de afrontar una fuerte competencia.

Estas etapas o fases se caracterizan por:

- La fase fluida en el mercado: La primera fase del ciclo de vida de un mercado se inicia cuando irrumpe una nueva tecnología que tiene aplicaciones comerciales directas, y cuya evolución

acelerada genera innovaciones continuas en los productos. Durante cierto tiempo la tecnología antigua y la nueva conviven en el mercado, observándose un lanzamiento continuo de productos diferenciados, sin estar claro cuales son las necesidades que pueden cubrir. En estas condiciones, los clientes ostentan un gran poder de decisión, al poder elegir entre numerosas alternativas. No obstante, la rivalidad es todavía moderada, ya que no están delimitadas las condiciones definitivas para competir, habiendo numerosas empresas que se introducen en el mercado.

- La fase de transición en el mercado: Después de la fase fluida viene la fase de transición, en la que ya ha desaparecido totalmente del mercado la tecnología antigua y en la que se ralentiza el ritmo de evolución tecnológica en los productos. A medida que la estandarización de la oferta se incrementa empieza a definirse el diseño dominante, que es el que finalmente prevalecerá en el mercado. A partir del momento en el que los clientes reconocen ese diseño dominante del producto habrá unas empresas que competirán en costes, mientras que otras optarán por la especialización orientándose a ciertos segmentos del mercado. La competencia en costes tendrá como consecuencia que las empresas orienten sus esfuerzos de innovación hacia los procesos de fabricación.
- La fase específica en el mercado: La última fase del ciclo de vida del mercado es la fase específica, cuya característica principal es que las innovaciones que se introducen en los productos son ya meramente incrementales y de carácter optimizador, observándose la ausencia de evolución tecnológica en el producto. Las empresas se han posicionado a lo largo de la cadena de valor del producto, sobreviviendo sólo un número muy reducido de ellas que compiten en el mercado final del producto, que es típicamente oligopolista. Por tratarse precisamente de un oligopolio de mercado las barreras de entrada serán muy fuertes y la introducción de nuevas empresas será algo excepcional.

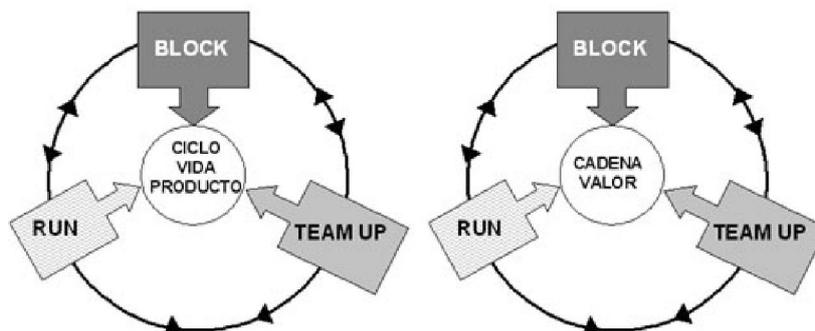
Los beneficios que una empresa obtiene por introducir una innovación en el mercado son siempre temporales. Duran hasta que la innovación es imitada por la competencia o hasta que se produce una discontinuidad tecnológica que deja obsoletas sus competencias y capacidades, de ahí que las empresas líderes en innovación estén siempre preocupadas en adoptar estrategias que permitan prolongar los beneficios que obtienen de su esfuerzo innovador.

Según señala Afuah, una empresa que introduce una innovación en el mercado puede adoptar tres posiciones genéricas en su estrategia:

- BLOCK (bloquear) para evitar la entrada de nuevos competidores.
- RUN (acelerar) para liderar el proceso de innovación

- TEAM-UP (asociación) para cooperar, permitiendo la entrada de nuevos competidores.

### Estrategias genéricas de innovación



Fuente: Afuah. 2006

Es importante comprender que las empresas no sólo compiten en el mercado final de sus productos, sino que compiten indirectamente a lo largo de toda la cadena de valor del negocio. También hay que tener en cuenta que las condiciones de competencia en el mercado variarán en función de las distintas fases de evolución de las tecnologías.

Las estrategias genéricas que se utilicen estarán dadas por la posición de la empresa a lo largo de la cadena de valor de su negocio y por la fase del ciclo de vida en que se encuentran sus productos en el mercado.

### Compatibilidad de las estrategias de innovación

	<b>Activos complementarios fácilmente disponibles ó poco importantes</b>	<b>Activos complementarios difícilmente accesibles y muy importantes</b>
<b>Innovación fácilmente imitable</b>	(I) RUN (TEAM UP)	(II) TEAM UP (RUN)
<b>Innovación difícilmente imitable</b>	(III) BLOCK (RUN)	(IV) BLOCK (TEAM UP)

Fuente: Afuah. 2006

Cualquiera que sea la estrategia que una empresa adopte para prolongar los beneficios de su innovación, ésta ha de ser compatible con el grado de imitabilidad del producto y con la accesibilidad a los activos complementarios requeridos para su explotación comercial. Utilizando el modelo de Teece que relaciona la imitabilidad de la innovación con la importancia de los activos complementarios, es posible mostrar qué estrategias de prolongación son las más aconsejables en cada caso:

- El escenario I, debido a que la innovación es fácilmente replicable, lo más adecuado es que la empresa innovadora adopte una posición tipo RUN, acelerando la introducción de las evoluciones de su producto para que los competidores aunque copien siempre queden detrás de la última evolución. A veces, el innovador necesita también adoptar simultáneamente una posición TEAM-UP, ya que introducir evoluciones de forma continua requiere inversiones y gastos muy elevados para ser soportados por una única empresa.
- El escenario II, es el caso en el que la innovación es fácilmente replicable, pero requiere para su explotación de unos activos muy específicos y difícilmente accesibles para el innovador. Lo más lógico en esta situación sería recurrir a una estrategia tipo TEAM-UP con otra empresa que disponga de los activos complementarios necesarios. Además, el innovador debería seguir manteniendo su posición RUN, ya que siempre está en peligro de ser copiado por la elevada imitabilidad de su producto.
- El escenario III representa el caso de un producto innovador difícilmente imitable que requiere de activos complementarios específicos y poco accesibles para su explotación comercial. En este caso la empresa debería adoptar una estrategia tipo BLOCK para proteger la tecnología clave que sostiene la innovación, o para proteger los activos complementarios críticos que se requieren para su explotación; dependiendo de lo que disponga. Es interesante observar que esta situación suele derivar en una situación del tipo de la celda II, ya que con el tiempo la tecnología suele quedar obsoleta, requiriéndose entonces adoptar posiciones TEAM-UP de cooperación con empresas que irrumpen en el mercado con la nueva tecnología.
- El escenario IV presenta un entorno en el que el innovador tiene una tecnología muy difícil de copiar sin requerir para su explotación comercial de ningún activo complementario crítico. Es un caso poco frecuente y cuando se produce el innovador evidentemente adopta una posición BLOCK para proteger su tecnología. No obstante, cuando se anticipa la amenaza de discontinuidades tecnológicas que puedan afectar al mercado, el innovador puede adoptar después la posición RUN para acelerar el desarrollo de la innovación y reforzar el blindaje de su fortaleza tecnológica.

Las estrategias de prolongación suelen llevarse a cabo combinando más de una posición genérica con el fin de adaptarse a la evolución del mercado y de la tecnología.

Las combinaciones más frecuentes suelen ser las siguientes:

- BLOCK y RUN simultáneamente. Se aprovecha el tiempo de bloqueo para acelerar el desarrollo de la innovación de forma que,

cuando finalmente el bloqueo sea superado, los rivales sigan estando en inferioridad de condiciones

- *BLOCK y TEAM-UP simultáneamente*. Además del bloqueo a los rivales, el innovador puede necesitar de alianzas para desarrollar competencias específicas o para introducirse en otros sectores y mercados distintos al suyo
- *TEAM-UP seguido de RUN*. Después de cooperar con rivales para conseguir un diseño dominante, hay que volver a diferenciarse en solitario
- *TEAM-UP seguido de BLOCK*. Después de cooperar con los rivales para conseguir un diseño dominante, se les puede bloquear con el poder de la marca o con una inversión intensiva en la fabricación
- *RUN seguido de TEAM-UP*. La propia velocidad del innovador destruyendo continuamente competencias tecnológicas y comerciales puede requerir después alianzas para cubrir el gap que ha creado. En este mismo sentido es razonable suponer que innovar con tecnologías muy desarrolladas tiene costes suficientemente altos para no poder ser asumidos en solitario
- *RUN y BLOCK simultáneamente*. Innovar continuamente requiere inversiones muy fuertes que hay que proteger evitando nuevos competidores que se aprovechen del conocimiento desarrollado

Cuando el mercado reconoce un conjunto de características que desea ver siempre en los productos, se consolida el denominado diseño dominante. A partir de entonces, competir en innovación es menos rentable y las empresas optan por competir en precio y en especialización. Las empresas que apuestan por el liderazgo en innovación siempre compiten por conseguir el diseño dominante para poder competir en condiciones semejantes al monopolio. En cambio, las empresas que optan por una estrategia reactiva o imitativa concentran sus esfuerzos en identificar cual es el diseño dominante y en que momento ha quedado consolidado.

Los mercados evolucionan condicionados por el progreso tecnológico hasta tal punto que, sabiendo estimar cual es el rendimiento máximo de una tecnología existente, es posible anticipar la aparición de una discontinuidad tecnológica en el mercado. Estas discontinuidades son precisamente el tipo de eventos que revolucionan los mercados y que amenazan el status quo de las grandes multinacionales, las cuales gastan grandes sumas de dinero en actividades de vigilancia. Las nuevas tecnologías pueden aparecer en cualquier sector y propagarse rápidamente a otras industrias relacionadas donde surjan aplicaciones.

Los beneficios que obtiene una empresa a partir de la explotación comercial de una innovación son siempre efímeros. Duran hasta que la innovación es imitada o hasta que las capacidades y recursos del innovador queden obsoletos. Para prolongar los beneficios comerciales de las innovaciones es necesario entender que las empresas no solo compiten en el mercado final de sus productos, sino que lo hacen a lo largo de toda la cadena de valor de su negocio; desde la I+D hasta el marketing.

## 2.5.- Modelos de Difusión de la Innovación. Enfoque de los distritos industriales

La difusión de la innovación en distritos industriales se estudia analizando la relación existente entre la estrategia de innovación de las empresas y tres dimensiones asociadas a la transferencia de conocimiento que se encuentran presentes en distritos industriales: la intensidad de la competencia, la intensidad de la relación con asociaciones regionales y la red de contactos personales de los directivos. Desde una perspectiva teórica basada en la teoría de las capacidades dinámicas, existen tres dimensiones asociadas con el desarrollo de capacidades dinámicas como la innovación y con el rendimiento financiero.

A finales de los años 90, tras el impacto económico y social producido por el fenómeno de la globalización, se generalizó la idea de que la localización empresarial era menos importante ya que las empresas podían obtener bienes, información y tecnología con facilidad desde cualquier parte del mundo. En mercados globales, algo que puede ser obtenido por todas las empresas del planeta en igualdad de condiciones no puede ser una fuente ventaja competitiva. Sin embargo, los países, regiones, áreas geográficas o, incluso, áreas metropolitanas siguen mostrando marcadas tendencias hacia la especialización geográfica. Porter dijo, que: *"Hoy en día el mapa económico mundial está dominado por lo que yo llamo clusters"* (PORTER, 1998), y existen multitud de ellos, por lo que la localización sigue ejerciendo una influencia determinante sobre la capacidad competitiva de las empresas.

Ha variado la naturaleza de esta influencia de las regiones a lo largo de las cuatro o cinco últimas décadas. Hace años, cuando la competitividad descansaba principalmente en los costes de los factores o las ventajas competitivas sostenibles. Sin embargo, cada vez menos empresas tienen éxito desarrollando estrategias basadas en el acceso a factores a buen precio. Hoy en día, en entornos mucho más dinámicos, con frecuencia, las ventajas competitivas descansan en la innovación, en el conocimiento y en la realización de un uso más productivo y eficiente de los *inputs*. Los clusters geográficos se muestran como configuraciones particularmente exitosas a la hora de difundir o *"socializar"* este tipo de ventajas.

Los mecanismos de cooperación y de difusión de conocimientos que caracterizan a los cluster geográficos han sido considerados como herramientas clave para el desarrollo de las capacidades de innovación de las empresas pertenecientes al mismo y por tanto como fuentes de ventajas competitivas sostenibles. En realidad, las empresas pertenecientes a un cluster geográfico se encuentran inmersas en un entorno en el que coexisten presiones para competir y para cooperar. Aunque se ha reconocido que la consecución de un equilibrio entre ambas estrategias juega un papel clave en el rendimiento, la evidencia empírica existente sobre esta cuestión es muy limitada.

El enfoque de las capacidades dinámicas propuesto por Teece en 1997, proporciona la base para examinar la acumulación de recursos asociados a la innovación a través de la competencia y la colaboración.

Los distritos industriales o clusters geográficos surgen como conceptos básicos de especialización industrial por áreas geográficas y fueron sugeridos,

en el campo de la teoría económica, por Adam Smith en su libro *"La riqueza de las naciones"* y ampliados por Marshall en 1920. Posteriormente el concepto de distrito industrial fue desarrollado por Becattini y diferentes economistas y sociólogos. Michael Porter puso posteriormente este tema en el centro de la atención académica en organización empresas. Durante este tiempo, la literatura económica ha venido argumentando que las empresas localizadas en clusters geográficos o distritos industriales se benefician competitivamente a través del acceso a habilidades e *inputs* especializados y de procesos de retroalimentación del conocimiento entre las empresas.

Otra perspectiva de los clusters geográficos proviene de la sociología económica con autores como Lazerson, cuyo enfoque estima que *"la perspectiva puramente económica de los clusters geográficos es poco socializada"* (LAZERSON et al., 1999) y señala como centro atención el apalancamiento de intercambios en la red de relaciones sociales que se generan en los clusters geográficos. De hecho el concepto de distrito industrial combina tres elementos principales: la comunidad de personas, la población de empresas y la atmósfera industrial.

Muchos investigadores tienden a evitar definir con exactitud lo que constituye un cluster. Siguiendo la definición más aceptada, dada por Porter podemos entender que: *"Los clusters son concentraciones geográficas de empresas interconectadas, proveedores de bienes y servicios especializados, empresas en industrias relacionadas y instituciones asociadas (por ejemplo universidades, agencias de estandarización o asociaciones de comercio) en un campo determinado que compiten pero también cooperan"* (PORTER, 1998). También propone que los clusters representan una nueva forma de organización de la cadena de valor que se encuentra situada entre la mano del mercado, por un lado, y jerarquías organizacionales o integración vertical, por el otro.

Según Porter, la proximidad local de compañías e instituciones, y el establecimiento de relaciones entre ellas, procura una mayor coordinación y confianza que la simple interacción de mercado entre actores dispersos geográficamente. Esta coordinación y confianza entre organizaciones son mucho más flexibles que las que proveen las integraciones verticales o las relaciones formales entre empresas como redes, alianzas o colaboraciones.

La innovación en estos clusters ha sido analizada como una capacidad dinámica en diferentes trabajos, quienes definen las capacidades dinámicas como *"un conjunto de competencias que permiten crear nuevos productos y procesos y responder a circunstancias cambiantes del mercado"* (PORTER, 1998). La innovación satisface varias de las características atribuidas a las capacidades estratégicas:

- La I+D es causalmente ambigua y está basada en rutinas o competencias que son difíciles de imitar.
- Las innovaciones se obtienen por medio de procesos secuenciales, que se inician con la etapa de planificación y terminan en la etapa de implantación, de manera que existe una cierta dependencia del proceso.
- Una estrategia de innovación, para que sea exitosa a lo largo del tiempo necesita de la integración de diferentes áreas de la empresa.

La innovación es especialmente dependiente del conocimiento específico aplicado a problemas concretos y es un procedimiento típicamente tácito y muy difícil de imitar.

Los clusters geográficos han sido seleccionados por científicos de diferentes disciplinas como la configuración territorial con más probabilidades de aumentar los procesos de aprendizaje, especialmente aquellos que influyen la difusión de un conocimiento determinado como lo es la innovación.

Estudios sobre la naturaleza de la transferencia de conocimiento interorganizacional concluyen que la eficacia de ésta transferencia depende de diferentes factores, siendo la "capacidad de absorción", es decir, la capacidad del receptor para asimilar, valorar y usar el conocimiento transferido, ya que la organización necesita un conocimiento relacionado previo para asimilar el uso de nuevo conocimiento. Otros factores que influyen sobre el éxito de la transferencia de conocimiento son: la naturaleza tácita o implícita del conocimiento transferido, la tipología horizontal o vertical de la colaboración y el contexto económico.

Las Instituciones Regionales también tienen un rol preponderante ya que las empresas que poseen una cierta proximidad geográfica se pueden beneficiar de los efectos de la aglomeración desarrollando una infraestructura común. La infraestructura que afecta a los clusters geográficos incluye las instituciones regionales. Existe relación entre el desarrollo de capacidades competitivas y la intensidad de la ligazón de las empresas a las instituciones regionales, entendiéndose por estas, según Mc Evily *"organizaciones con orientación local que sirven de soporte colectivo a las empresas de la región"* (MCEVILY, 1998).

Las instituciones regionales como las universidades, los institutos tecnológicos, los centros de asistencia técnica y otros, facilitan el desarrollo de capacidades competitivas entre las empresas locales actuando de intermediarios para el intercambio de información entre ellas. Dichas instituciones facilitan la adquisición de capacidades competitivas mediante la recolección y diseminación del conocimiento y reduciendo los costes de búsqueda de información según los trabajos de Maskell. Por lo tanto, *"en lugar de mantener numerosos contactos con varias partes de la red, una empresa puede mantener una única conexión con las instituciones regionales que actúan de intermediarios y que se han especializado en proveer acceso a la información relativa a las capacidades competitivas"* (MASKELL, 2001a).

Siguiendo a Maskell, una de las principales causas a las que se atribuye el éxito de los clusters se debe a que las empresas que desarrollan actividades similares y están emplazadas en un mismo entorno geográfico, se encuentran en una situación en la que cada una de las acciones que toman, aunque sean pequeñas, pueden ser observadas y comparadas por el resto de las empresas del cluster. Compartir el mismo entorno económico, hace que las fuerzas y debilidades de cada una de las empresas sean evidentes para los directivos de esa misma empresa y de la competencia, lo que facilita a las empresas *"obtener y comprender incluso la información más sutil, evasiva y compleja desarrollada a lo largo de la dimensión horizontal cluster"* (MASKELL, 2001a).

Mediante la comparación de diferentes soluciones a los mismos problemas, el conjunto de las empresas de la asociación regional mejoran sus procesos de aprendizaje y de mejora continua, produciéndose así un efecto beneficioso para el conjunto de las empresas. Sin embargo, la pertenencia a la

asociación aumenta las probabilidades de que las empresas se copien y, por lo tanto, reduzcan el valor de los recursos e innovaciones que sean fuente de ventaja competitiva para cada empresa a nivel individual.

A pesar de que los servicios provistos por las instituciones regionales están disponibles para todas las empresas dentro de los clusters geográficos, no todas ellas participan o se benefician del mismo modo. Por ello, es importante no limitarse a estudiar la mera pertenencia formal a estas asociaciones e incluir el análisis de la intensidad de la relación con ellas y formular las siguientes hipótesis:

- Una primera hipótesis es que la relación con asociaciones regionales está positivamente relacionada con el desarrollo de capacidades asociadas a la innovación y uno de sus principales factores es la rivalidad dentro del cluster: Según Porter, la rivalidad entre empresas similares que se encuentran cercanas geográficamente adquiere una mayor intensidad, llegando en ocasiones a tener aspectos emocionales. Esto implica una presión sobre estas empresas para generar conocimiento que luego se traduzca en capacidades que superen a las de la competencia local. Una de las causas que describe la literatura para este aumento productivo de la rivalidad, descansa en el hecho de que las empresas cercanas geográficamente son más visibles una a la otra, por lo que el seguimiento y el benchmarking son más efectivos, según se desprende de los trabajos de Malmberg y Power y de Pouder y St. John. De este modo, partiendo de un estado de equilibrio entre dos o más empresas rivales, existe una gran presión en cada empresa para generar capacidades dinámicas y recursos que superen a los de la competencia. Igualmente, si una empresa genera una capacidad dinámica que es fuente de ventaja competitiva, la empresa rival se percatara con cierta celeridad del desarrollo de esta capacidad y de los resultados que está generando, e intentará imitarla rápidamente. De manera sucesiva, se irá incrementando la capacidad competitiva de las empresas que afrontan una alta rivalidad. Estas ventajas competitivas son de corto plazo debido a la rápida difusión de información y a la aceleración de la imitación, por ello las empresas compiten entre sí intensamente, lo que según D'Aveni, las obliga a mejorar su eficiencia a la vez que tienen que crear una oferta atractiva de nuevos productos en el mercado. Por ejemplo, Feldmann y Audretsch mostraron que las empresas implicadas en un a intensa competencia local eran más innovadoras que otras empresas en situación monopolística.
- Una segunda hipótesis es que las empresas que perciben una alta intensidad de la competencia, desarrollarán capacidades asociadas a la innovación. Este fenómeno es conocido como Apalancamiento social y pertenencia a redes, ya que, según Storper, se desarrolla una cultura local, con valores, normas instituciones comunes que facilita la difusión y la adopción de conocimiento tácito entre empresas. Por ejemplo, los trabajos de Saxenian en 1994, sobre la comparación de los clusters de Silicon Valley y la Ruta 128, cercana a Boston, destacan cómo los factores políticos y sociales son claves a la hora de explicar cómo las empresas de silicon Valley fueron superando paulatinamente a las de la Ruta 128 en términos de rentabilidad y capacidad tecnológica. Entre el

personal de las empresas que se encuentran cercanas geográficamente, suele existir contactos informales derivados de múltiples causas: haber participado en cursos de formación, haber ido juntos a la universidad, pertenecer a los mismos clubs sociales, amigos en común, haber trabajado antes en la misma empresa, etc. Estas relaciones personales, por un lado, facilitan la confianza mutua y el compromiso (Eisenhardt y Schoonhoven, 1996) que son factores esenciales para la cooperación formal (Zaheer et al. 2002). Por otro lado, también fomenta un flujo de información de manera informal y tácita que facilita la difusión y adopción del conocimiento. Maskell, aplicó el concepto de apalancamiento social a los clusters geográficos, señalando el alto potencial que posee el desarrollo de relaciones sociales co-localizadas para la disminución de los costes de transacción. Storper, describe el fenómeno de los intercambios sociales en los clusters geográficos mediante el término *"interdependencias no intercambiadas"* (STORPER, 1995), que permite recoger el conocimiento compartido a nivel social y para el cual no existe ningún mecanismo de mercado. Las interdependencias hacen referencia a las convenciones, reglas, prácticas e instituciones que se combinan para producir una visión compartida del modelo de negocio o *"mundos de producción"*. Estas interdependencias nunca son formalmente intercambiadas y conviven en paralelo con las *"interdependencias comercializadas"* que rigen los intercambios de activos tangibles e intangibles. Tallman propone que las interdependencias no intercambiadas, necesitan de interacción personal, por lo que es *"más probable que estén ligadas a la localización"* y enfatiza la importancia crucial de este concepto señalando que: *"el apalancamiento social, cuando va unido a la sensibilidad geográfica (proximidad espacial) se convierte en una combinación conceptual muy potente para comprender (...) sectores que dependen de la información especializada, habilidades o de innovaciones rápidamente cambiantes"* (TALLMAN, 1996). Por ello, el concepto de cluster, presentado por Forsman y Solitander en 2004, *"permite un mayor entendimiento de la empresa y sus transferencias de conocimiento mediante el énfasis que pone en el contexto y entorno sociocultural, institucional y espacial"* (FORSMAN et al., 2004). Parece poco probable que todas las empresas dentro de un cluster geográfico puedan mantener una intensidad idéntica en las relaciones con las demás. Como apunta Mc Evily, las relaciones entre empresas con frecuencia son el resultado de lazos familiares, pertenencia a los mismos círculos sociales, clubs, organizaciones civiles o se deben a *spin-offs* de la misma empresa matriz o universidad. Por lo tanto, la intensidad de las relaciones entre las empresas dependerá de la intensidad de las relaciones entre las personas que las forman. Dicha intensidad puede variar por las razones de existencia de similitudes históricas entre las empresas o por cuestiones aleatorias derivadas de la pertenencia a los círculos, clubs u organizaciones aludidos anteriormente. Mc Evily y Zaheer, sugieren que los clusters geográficos están subdivididos en grupos que poseen una mayor relación entre sí y menos relaciones con las demás empresas. Esta perspectiva lleva a pensar que las empresas mantienen *"patrones de relaciones únicos e idiosincrásicos"* (MVEVILY, 1999), lo que hace

que dichas empresas sean expuestas en diferente grado a nuevos conocimientos, ideas y oportunidades. La literatura ha propuesto diferentes criterios para clasificar los contactos dentro de un cluster. Granovetter, señala que *"para que los contactos sean realmente beneficiosos, la información debe obtenerse preferiblemente mediante encuentros casuales e infrecuentes constituyendo lazos débiles, en lugar de obtenerse mediante relaciones entre personas o actores que poseen una relación fuerte entre sí, ya que mucha de la información de este último tipo de contactos es repetitiva"* (GRANOVETTER, 1985). Burt, pone el énfasis en el grado en que la información intercambiada en la relación no es redundante estudiando el grado en que las personas se conocen entre sí. Mc Evily y Zaheer, encontraron una relación significativa entre el grado en que las relaciones con el cluster son no redundantes y el grado en que poseen capacidades dinámicas asociadas para gestión medioambiental. Pero no encontraron relación entre la existencia de éstas capacidades y la infrecuencia de los encuentros.

- Una tercer Hipótesis sería que la infrecuencia de los contactos mantenidos por los directivos con sus redes personales está positivamente relacionada con la innovación.
- Una cuarta hipótesis sería que la no-redundancia de los contactos mantenidos por los directivos con sus redes personales está positivamente relacionada con la innovación

Además de estas hipótesis, se debería plantear el análisis de la conexión de la capacidad de innovación con el rendimiento económico de las empresas del cluster. A priori cabría esperar que las empresas más innovadoras sean las que obtienen una mayor rentabilidad financiera como proponen Lawson, y Zahra y Covin. Asimismo, se debería investigar la incidencia de las diferentes características del cluster sobre la rentabilidad individual de las empresas, lo que permitiría comprobar el efecto directo y mediador de las variables del entorno sobre esta dimensión.

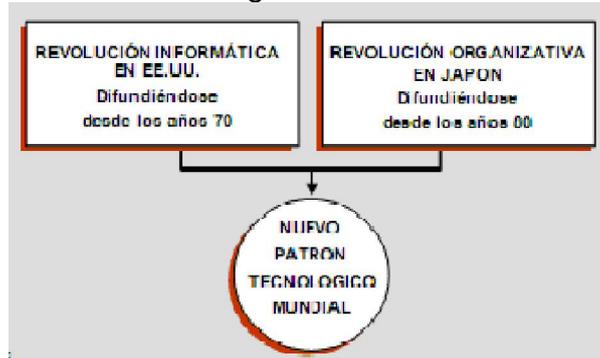
## **2.6.- Los nuevos escenarios Tecnológicos. Hacia un nuevo paradigma**

Comenzando con la noción del cambio de paradigma tecno-económico que es una transformación del patrón tecnológico y organizativo, más aún, es un cambio de sentido común, en lo que respecta a las prácticas más eficientes tanto en la producción como en las demás actividades sociales.

El origen de ese cambio de paradigma es el surgimiento de una revolución tecnológica. Una revolución que resulta de la fusión e integración de dos grandes vertientes de cambio: la revolución informática, la que todo el mundo reconoce como tal, iniciada en Estados Unidos y difundándose por el mundo desde los años setenta y con la revolución organizativa, desarrollada en Japón y adoptada cada vez más ampliamente desde los años ochenta. Estos cambios de enorme trascendencia, permiten entender la profundidad de las transformaciones que este proceso de destrucción creadora, como lo plantea

Scumpeter, ha venido haciendo en el mundo desarrollado y cada vez más en los países periféricos.

**Cambio de paradigma técnico-económico organizativo**  
**Revolución tecnológica: fusión de dos vertientes**



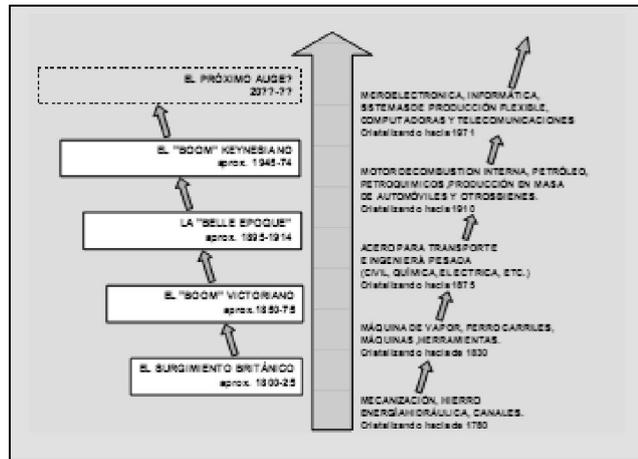
El problema y el reto del desarrollo actual, es comprender la naturaleza de este cambio para poder identificar este nuevo espacio. Un cambio de paradigma tecno-económico es un cambio en las herramientas y en los modos de hacer las cosas, es un cambio en patrones organizativos y en posibilidades tecnológicas, es un enorme potencial de generación de riqueza, cuyo aprovechamiento exige una nueva lógica.

Para abordar su comprensión se debe analizar las experiencias anteriores. Hay quienes piensan que la Era de la Informática es una ruptura sin precedentes. Toffler, por ejemplo, la equipara a las revoluciones agrícola e industrial. Es decir, a fenómenos que tienen una duración de varios siglos. Algunos autores inmersos en una época turbulenta y llena de incertidumbre piensan que lo que está experimentando es único y en todo caso sólo tiene antecedentes muy lejanos. Esa postura conceptual no permite entender lo que está pasando.

En realidad, algunos autores plantean que revoluciones como la actual han ocurrido ya cinco veces en los últimos doscientos años. Esta es la quinta vez y la llamada Revolución Industrial en Inglaterra sería la primera, recurrente cada medio siglo. Cada una de esas revoluciones ha sido el corazón y el motor de un salto en la productividad y en el desarrollo. La transición de la una a la otra ha sido siempre un período turbulento y difícil de unas dos o tres décadas.

Una vez que la sociedad logra incorporar el potencial de cada paradigma se logra un período de prosperidad de dos o tres décadas.

Las 5 revoluciones tecnológicas en los últimos 200 años



A fines del Siglo XVIII, irrumpe en Inglaterra una constelación de innovaciones que transforma ese país y muy pronto afecta al mundo entero. La mecanización de los procesos de hilado del algodón, el uso del hierro para la maquinaria, la energía hidráulica y la proliferación de canales para facilitar el transporte de mercancías generan un potencial de generación de riqueza que lleva al surgimiento económico inglés por encima de todos sus competidores y la convierte en la primera potencia mundial.

En la década de los treinta en el Siglo XIX, aparece la combinación de máquina de vapor y ferrocarriles junto con el desarrollo de las máquinas-herramienta. Esta nueva constelación constituye la segunda gran revolución tecnológica. Su despliegue lleva al boom victoriano de los años cincuenta y sesenta. Su lógica productiva pronto se va convirtiendo en el patrón tecnológico de toda Europa y de los Estados Unidos, país que para esa época está ya en camino de superar su condición de subdesarrollado.

La tercera revolución ocurre durante los años setenta del Siglo XIX y está basada esencialmente en innovaciones que permiten producir acero barato, junto con el desarrollo de la electricidad y la química de base científica. Estos desarrollos transforman la faz del mundo y constituyen el núcleo del primer proceso de globalización. Con rieles estándar de acero barato se cruza el globo con grandes ferrocarriles, acompañados del telégrafo y el teléfono transcontinentales. Con "vapores", es decir con barcos de acero a vapor, se incorporan los países del hemisferio Sur a los grandes mercados desarrollados. El transporte rápido, la refrigeración y el Canal de Suez, acortan la distancia al mercado para el trigo y la carne y permiten llevar productos de verano al invierno del Norte. Ese proceso de globalización sustentó la llamada "*Belle Epoque*" a la entrada del Siglo XX y vio a Estados Unidos y Alemania sobrepasar a Inglaterra.

La era del automóvil es producto de la cuarta revolución tecnológica. Alrededor de 1910 se articula un conjunto de innovaciones basadas en el motor de combustión interna, la producción en masa y los productos sintéticos de origen petroquímico. Esta es todavía parte de nuestra cotidianidad. Sin embargo, para la gente de las décadas del diez y del veinte, fue muy impresionante vivir los primeros tiempos de la proliferación de los automóviles, la aparición del avión, el uso generalizado del teléfono y la electricidad, la mecanización de las tareas del hogar y la sustitución de los materiales naturales por sintéticos.

Con base en esa revolución tecnológica que treinta años más tarde se dio la llamada Edad de Oro de la Post-Guerra, época que presenció el más grande auge en el nivel de vida de los países desarrollados y un avance no desdeñable en la situación de los países periféricos.

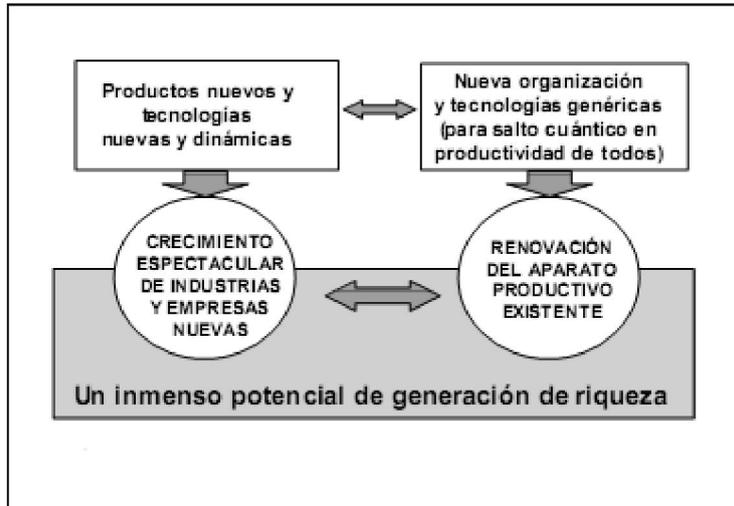
Finalmente, se llega a la revolución actual, la que inaugura la Era de la Informática. Este conjunto formado por la microelectrónica, las computadoras, los sistemas de producción flexibles y las telecomunicaciones digitales se ha estado difundiendo desde hace treinta años y aún no se llega a la época de prosperidad que sigue dos o tres décadas después. Se vive en plena turbulencia, en plena transición, donde algunos autores postulan que el actual auge económico de EE.UU. es la vuelta a la prosperidad.

No obstante, la literatura de los años veinte, especialmente la escrita unos meses antes del gran colapso del 29, muestra un parecido mucho mayor con esos años, que con los años de expansión y creciente bienestar de la Post-Guerra. En todo caso, la historia señala que hubo grandes “crashes” a los 20 o 30 años de la irrupción de cada una de las revoluciones tecnológicas anteriores, precisamente porque los inversionistas se enloquecen con el éxito de esas innovaciones y a la larga se termina desacoplando el valor en papeles del valor real. El colapso es un modo de volver a la razón.

Entender entonces la naturaleza de la revolución tecnológica, es el secreto para poder aprovecharla plenamente, cada una de esas revoluciones comprende la constelación de tecnologías, productos, procesos e industrias nuevas, por una parte, y por la otra un poderoso conjunto de tecnologías genéricas capaces de modernizar y cambiar todo el aparato productivo, brindando los medios para dar un salto cuantitativo en productividad.

Esta es la base del cambio de paradigma, precisamente porque el cambio es generalizado y de alcance prácticamente universal, ya que cada revolución tecnológica lleva a un cambio de sentido común. Cuando las máquinas herramienta tienen control numérico dan un salto en precisión y velocidad que supera de lejos los límites impuestos por la dirección manual y modifica radicalmente lo que se puede hacer. El llamado “e-commerce” o comercio por Internet no es más que otro modo de ejercer el eterno oficio de comprar y vender, pero la serie de cambios que eso conlleva está aún por comprenderse. La pesca moderna se hace con ayuda de computadores y de otros equipos electrónicos, con los cuales su efectividad se ha multiplicado varias veces. Hasta actividades tradicionales como el tejido o el diseño y corte de ropa han sido computarizadas y convertidas en labores de alta tecnología.

#### **Nuevo paradigma tecnológico administrativo**



El salto no se basa en la computarización, o el uso de Internet. Esa es ciertamente una parte del cambio en productividad y calidad. Sin embargo, la vieja forma de organizarse no es capaz de sacarle provecho a las nuevas tecnologías. La otra parte de ese nuevo conjunto de tecnologías genéricas la constituyen los nuevos principios, prácticas y modelos organizativos. Son ellos los que permiten, aún sin cambio de la tecnología dura, abrir el camino para el logro de los niveles de eficiencia modernos y, sobre todo, el camino de la creatividad y la innovación. La experiencia mundial indica que el cambio organizativo está detrás de una alta proporción del enorme aumento en productividad que logran las empresas.

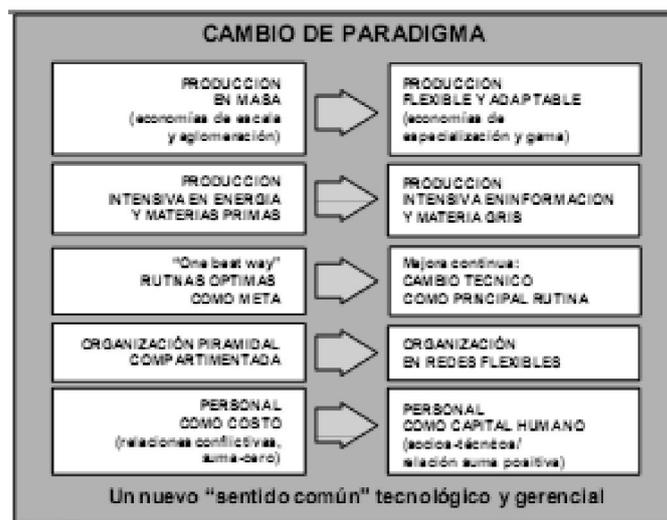
Un ejemplo es lo que pasó en los años setenta cuando los japoneses empezaron a colocar automóviles en las costas norteamericanas a 1000 o 1500 dólares menos que los producidos en EEUU. Las acusaciones fueron de "dumping" hasta que se supo lo que estaba detrás. Entre 1970 y 1981, a través del uso de un modelo organizativo basado en la calidad total, la participación y la mejora continua, la industria automotriz japonesa pasó de requerir cincuenta horas-hombre más que el promedio de la norteamericana a producir con cincuenta horas-hombre menos que aquella, como se muestra en el gráfico



Para ese momento, se suponía que los norteamericanos tenían el dominio total de la tecnología de producción en masa. En efecto, así era, pero estaba naciendo un nuevo paradigma con un potencial sustancialmente superior. En los ochenta y noventa una industria tras otra comenzó así a incorporar los nuevos principios y así se fue moviendo la frontera de óptima práctica en general.

El cambio de paradigma es pues, un cambio de sentido común; un modo de pensar de otra manera. Es abandonar la lógica de la producción en masa y adoptar la de la producción flexible. Lo demás es imaginación, creatividad, empeño, empuje y trabajo. La ventaja es que el esfuerzo hecho en la dirección en la que se encuentra el nuevo potencial tiene grandes probabilidades de éxito.

Ese cambio de sentido común ha sido estudiado en detalle y algunos de sus principios básicos pueden verse en la siguiente figura.



Fuente: Foro MCT Junio 2000 7

La primera observación es que estamos desechando la producción en masa para aplicar los principios de la producción flexible y adaptable, lejos de empeñarnos solamente en economías de escala y aglomeración, tenemos economías de especialización y de gama, es decir, es posible producir con altísima productividad un conjunto diferenciado de productos con un perfil cambiante en el tiempo. Por supuesto no es que desaparece la escala como ventaja, ni mucho menos la importancia del volumen. En realidad, la noción de *"producción en masa"* se refiere a un modo específico de producir asociado a la línea de ensamblaje taylorista, pero también asociado a las economías que dependen de tener productos idénticos y constantemente los mismos durante mucho tiempo, lo que lleva a modelos de consumo masificados. En contraste, las nuevas tecnologías flexibles permiten modificar frecuentemente los productos sin bajar la productividad.

Al mismo tiempo, hay una intensa segmentación de los mercados en múltiples nichos de especialidad, donde es posible alta rentabilidad con pequeños volúmenes de productos estrechamente adaptados al cliente. Un segundo aspecto es que la producción intensiva en energía y materias primas, pasa más bien a un segundo plano mientras que se intenta y es más rentable la producción intensiva en información y materia gris. De hecho, el consumo de

materias primas y energía por unidad de PTB ha estado disminuyendo significativamente bajo el impacto combinado del potencial de las nuevas tecnologías, los cambios en el perfil de productos y las tendencias ambientalistas. Hoy la industria tayloriana sigue siendo muy importante pero profundamente transformada por el cambio de paradigma, tanto en sus procesos productivos como en su organización y la de sus mercados, amenazados por las tecnologías alternativas y el ambientalismo.

Otra modificación importante es el paso de los principios Tayloristas, de aquello de creer en la existencia del *"One Best Way"* y de tener como meta las rutinas optimizadas, hacia una forma de organizarse donde la mejora continua y la innovación constantes rechazan la existencia de un techo óptimo y hacen del cambio técnico la principal rutina.

En términos organizativos, se desmonta la rígida y burocrática estructura piramidal compartimentada dando paso a las redes flexibles en organizaciones achatadas. Por supuesto, que desde comienzos de siglo hasta los años ochenta, fue esa organización piramidal centralizada la que permitió el acelerado crecimiento económico que culminó en el gran auge de la post-guerra. Era esa la forma que mejor se adaptaba a la manufactura y consumo de productos intensivos en materias primas y energía. Su adopción a partir de la década del veinte fue un cambio de paradigma de magnitud y dificultad equivalentes a las del actual.

Por último, lo de mayor trascendencia en términos de la calidad de vida, es dejar de considerar al personal como un costo para verlo como capital humano. Lo que ocurre con este cambio es que el conocimiento incorporado en la persona es reconocido como capital y es remunerado como capital y tratado como capital, de tal forma que a la persona ya no se le emplea para usar su tiempo y para que obedezca, sino que se le emplea para que sea creativo, para que use su capacidad imaginativa y sus conocimientos. Hay empresas que financian cursos de especialización a sus trabajadores y a su personal de alto nivel y, al regresar, a pesar de que le financiaron el curso, le suben el sueldo porque saben que esa persona vale ahora más en el mercado de trabajo. En las empresas modernas, es que el que posee conocimiento es una especie de socio-técnico del que lo emplea, porque ha incorporado un valioso capital intangible a su ser. Por eso se habla de capital humano.

Se esta, pues, en un proceso de transición. La transformación radical del sentido común tecnológico y gerencial que conlleva este cambio de paradigma supone dos grandes transformaciones en la transición. Por una parte, de manera directa, hay una transformación en la empresa. Toda empresa que quiera seguir siendo competitiva hoy en día, toda empresa que quiera entrar en el mundo de la globalización, obviamente, tiene que ir aplicando toda la lógica del nuevo paradigma tecno-económico.

También cambian profundamente las condiciones y las oportunidades para el desarrollo. Ya no se puede aplicar mecánicamente la política que fue efectiva en la época de la sustitución de importaciones, en la época de la producción en masa. Esto no quiere decir que algunos elementos aislados no se puedan incorporar a otro conjunto que sea adecuado al nuevo contexto y al nuevo potencial. Cada época presenta oportunidades distintas y las políticas de desarrollo, para tener éxito, tienen que adecuarse a las posibilidades concretas de su tiempo.

Si se acepta que tenemos otro paradigma y hay que tener otro modelo. El poder transformador y orientador de ese nuevo potencial está en la comprensión del nuevo paradigma. Sólo comprendiendo en qué consiste, cuál es su lógica, se podrá modelarlo, utilizarlo y aprovecharlo en función de los objetivos que pretendan como sociedad.

La lógica del viejo paradigma sigue viva en la práctica cotidiana y sus formas organizativas piramidales y rígidas continúan resistiendo a las nuevas formas organizativas abiertas y en red. El cambio es profundo, complejo y difícil y la única manera de llevarlo a cabo es con plena conciencia y con pleno conocimiento.

### Un cambio radical de actitud de la empresa hacia la tecnología

AREA	ISILA y producción en masa LA PRACTICA	Nuevo paradigma de producción flexible EL POTENCIAL
MANEJO COTIDIANO	Tecnologías maduras y estáticas Parámetros "óptimos" de operación Personal como costo: ("recurso humano")	Posibilidad de rejuvenecimiento Tecnologías cambiantes Innovación y mejora continua Personal como inversión: ("Capital humano")
ESTRATEGIAS	Reactivas y cortoplacistas Orientadas a mercados cautivos y restringidos Definidas por los proveedores de tecnología	Proactivas y de largo plazo Posicionamiento en mercados segmentados y cambiantes (globales y/o locales) Definición de alianzas y redes (nacionales e internacionales)
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	Compra de: • tecnología de productos y procesos • marcas y asistencia técnica extranjera Escasa capacidad de uso de tecnología local	Alianzas con base en activos complementarios Necesidad de estructuras de captación e innovación (internas y externas) Uso intenso de capacidad tecnológica local

La empresa manejaba tecnologías maduras y estáticas, con parámetros óptimos de operación y el personal era pensado como costo, como recurso humano. La empresa debe dar un salto al nuevo potencial de la producción flexible que es la posibilidad real de actualizar su tecnología.

Las tecnologías ahora son cambiantes, por lo tanto la empresa tiene que ser innovadora, tiene que emprender la mejora continua de sus productos y sus procesos, de su organización y su personal, de sus relaciones con los proveedores y de su servicio al cliente.

Las estrategias en la época de sustitución de importaciones eran reactivas y de corto plazo. Reactivas a las políticas del gobierno. De corto plazo porque debían reaccionar ante políticas cambiantes y ante funcionarios cambiantes. Eso porque era rentable. La protección, los subsidios, el financiamiento blando y los incentivos de distinto tipo garantizaban un buen retorno a quienes siguieran las pautas gubernamentales. No había casi exportaciones y las empresas estaban orientadas a mercados cautivos y restringidos, es decir al mercado nacional. Ese era el modelo de sustitución de importaciones. El mercado, por definición, era el mercado interno. También muchos de los contratos firmados con los proveedores de tecnología prohibían la exportación. El cambio tecnológico era pautado por esos mismos proveedores, de tal manera que la estrategia de la empresa en cuanto a

productos y cambios tecnológicos estaba definida por la casa matriz o el proveedor tecnológico.

Algo muy importante y que cambia radicalmente, es la transferencia de tecnología y las condiciones en las que ocurre. En ese mundo se podía comprar tecnología de productos y procesos, marcas y asistencia tecnológica extranjera. Eso era lo normal. Se podía comprar y había proveedores dispuestos a venderla y hasta empeñados en venderla. Precisamente por eso, el empresario local no utilizaba tecnología local, ni le interesaba, ni se enteraba. Ese era el gran problema del *"puente"* entre universidad e industria. Esa era justamente una época de tecnologías maduras vendibles y donde la asistencia técnica era vista por los proveedores como un servicio lucrativo. Hoy casi nadie quiere vender tecnología, al menos no una tecnología que sea competitiva.

La empresa para sobrevivir, prosperar y tener una esperanza de ser una empresa con futuro, tiene que hacer alianzas en base a activos complementarios. Tiene que poder ofrecer acceso a un mercado o producción con menores costos o acceso a una materia prima o a personal calificado a costos competitivos o a una ubicación geográfica ventajosa. A las empresas con tecnologías nuevas o rejuvenecidas no les interesa venderlas por dinero, les interesa que uno tenga capacidades, que uno tenga ventajas comparativas o ventajas dinámicas que incorporar a su competitividad. Más aún, les interesa tener socios innovadores, capaces de aprender rápidamente y de mejorar los productos y procesos en beneficio mutuo.

Eso implica la necesidad de tener estructuras de captación y de innovación, tanto internas como externas. A diferencia del pasado, la empresa tendrá que hacer un uso creciente de la capacidad externa, de esa capacidad que buscaba hacer un puente con una empresa que nunca quiso hacer un puente con ella.

Para aprovechar el nuevo paradigma el mundo de la ciencia y tecnología debe abandonar el aislamiento y empeñarse en la interacción con el mundo productivo. La mayoría de los sistemas de Ciencia y Técnica estuvieron relativamente aislados y en consecuencia no se concentró en apoyar la creación y desarrollo de la oferta de tecnología. En el nuevo contexto, hay condiciones para articular esa oferta con una demanda que ahora si habrá de manifestarse, tanto en el sector privado como en el público. Debe generarse y estimularse esa articulación del mundo de la producción y de los servicios gubernamentales con el mundo de la ciencia y la tecnología. Eso lo convertiría en una red de innovación productiva en condiciones de dinamizar el proceso de desarrollo del país. Se debe abandonar los intentos unilaterales de construir un puente universidad-industria, hay que montar e impulsar la cooperación fructífera y permanente entre el aparato productivo y la universidad. La empresa tiene que abandonar el desperdicio de la capacidad técnica del personal y lograr el pleno reconocimiento de su potencial y emprender su uso creativo.

La sociedad debe dejar atrás la concepción exclusivista de la tecnología y la innovación, representada por: *"eso es de los especialistas, eso lo hacen los científicos y los ingenieros en los institutos, encerrados en laboratorios y sólo en los laboratorios"*. No puede pensarse la empresa con un laboratorio de investigación y desarrollo aislado y única fuente producción de tecnología. Ahora debe trabajarse de un modo llamado *"ingeniería simultánea"* donde para

el desarrollo de una mejora o de un producto o proceso nuevo se monta un equipo con personas de todas las operaciones afectadas por la innovación: investigación y desarrollo, ingeniería, producción, mantenimiento, mercadeo, ventas, etc. Así los cambios se hacen mucho más rápido y se aceptan más fácilmente por ser fruto de la cooperación de todos.

Ante este nuevo paradigma, una sociedad con futuro es una sociedad innovadora, una sociedad cuya característica fundamental es la innovación en todos los planos y por todas las personas, en todas las actividades. Y las innovaciones que hay que hacer son pequeñas y grandes. No se trata de perseguir sólo los grandes inventos patentables. Se trata de lograr la apropiación social masiva del conocimiento. Eso significa, sin lugar a dudas, un cambio radical de actitud por parte de dirigentes y dirigidos.

## **Capítulo 3 Tecnología e Innovación: el rol de la universidad**

### **3.1.- La participación universitaria en la producción de Conocimiento**

#### **3.1.1.- La participación universitaria: un primer enfoque**

Hasta la segunda mitad del siglo XX, las universidades no tenían un papel definido en la innovación, la colaboración surgía espontáneamente en los países líderes en tecnología y apenas se daba en otros países. Tampoco existía un cuerpo sistemático de literatura sobre el tema, más allá de la surgida a partir de la teoría schumpeteriana sobre la separación del cambio tecnológico en las tres fases de invención, innovación y difusión.

A partir del tercer cuarto del siglo XX, los economistas desarrollan el enfoque lineal del proceso de innovación, que establece una relación causal entre dichas fases y una fuente exógena como desencadenante del proceso: la ciencia o el mercado.

Al citar la ciencia, se establece una conexión entre ésta y la innovación que, que según Azagra (AZAGRA, 2003), este enfoque los concibe así:

- Exhaustiva: toda la ciencia es aprovechable por las empresas.
- Estática: las empresas deciden su inversión en ciencia de forma racional e independiente del tiempo.
- Sencilla: no hay fuentes distintas de la ciencia ni tipos de conocimiento distinto del codificado que puedan dar lugar a la innovación.
- Aislada: no hay otras fuentes con las que interactuar.
- Secuencial: no hay retroalimentación de la innovación a la ciencia, ni entre otras fases del proceso de cambio tecnológico.
- Directa: la ciencia sólo sirve para ser traducida en nuevos productos y procesos.
- Independiente del contexto: no importa la estrategia de la empresa, el sector, la nación o la región.

Este planteamiento justifica una de las misiones tradicionales de la universidad, la de producir ciencia, así como la falta de necesidad de que la universidad adopte un papel activo en la difusión del conocimiento codificado que genera, ya que a la empresa le resulta inmediato transformarlo en innovación.

Por otro lado, los economistas desarrollan la idea de que la ciencia es un bien público y que, por lo tanto, la empresa privada invertirá en él menos de lo que es deseable socialmente, por lo que la financiación pública debe cubrir la diferencia.

Los gestores de política científica y universitaria, siguiendo estos planteamientos, promovieron, en los países líderes en tecnología, los fondos públicos de las universidades sustituyeran a los fondos privados y que aquéllos se consolidaran.

El enfoque lineal, que plantea Azagra, posee la virtud de la simplicidad de cara a una primera modelización del proceso de innovación. Sin embargo, en el último cuarto del siglo XX, los economistas cuestionan dicho enfoque, añadiendo elementos de complejidad a la relación entre las fases del cambio tecnológico, y haciendo hincapié en el carácter endógeno de la aparición de invenciones.

La relación entre ciencia y tecnología pasa a ser concebida así:

- Selectiva: sólo parte de la ciencia es aprovechable por las empresas y por tanto implica costes de búsqueda.
- Dinámica: las empresas deciden su inversión en ciencia de forma intuitiva y dependiente del tiempo, por lo que dicha inversión está sujeta a errores e inercias.
- Compleja: hay fuentes alternativas o complementarias de la ciencia y conocimiento tácito alternativo o complementario del codificado, a partir de los cuales también surgen las innovaciones.
- Interactiva: puede ser necesario integrar esas distintas fuentes y piezas de conocimiento.
- Retroactiva: la innovación o la difusión pueden dar lugar a la ciencia.
- Indirecta: la investigación básica de la empresa sirve para traducir la ciencia externa en nuevos productos y procesos, y la investigación básica de universidades y CPI sirve para generar una serie de condiciones favorables para la innovación.
- Dependiente del contexto: algunas empresas exitosas eligen realizar menos ciencia, algunos sectores la necesitan menos, y algunos países o regiones la aprovechan mejor.

Esta serie de planteamientos justifica algunas acciones en cierta manera asumidas por las instituciones socioeconómicas, como son las siguientes:

- Se justifica el papel activo que los gestores de ciencia y tecnología desean que adopte la universidad a la hora de difundir su conocimiento codificado. La existencia de costes de búsqueda de la ciencia aprovechable para la innovación y de inercias en la toma de decisiones de inversión en ciencia hace conveniente la aparición de foros de transmisión de la ciencia académica en: seminarios, cursos de formación de postgrado, etc., la creación de estructuras para su transferencia como son las Unidades de Vinculación y el intercambio de personal entre la universidad y la empresa.

- Se justifica que la ciencia no es el único factor de la innovación, así se diseñan políticas de innovación complementarias a la científica, con distintos grados de éxito. La existencia de fuentes de innovación alternativas a la ciencia y de retroalimentación entre las fases del proceso de cambio tecnológico y la necesidad de interacciones y combinar los distintos tipos de conocimiento, requieren mejorar la formación técnica y comunicativa de sus integrantes, prestar ayuda al diseño, la fabricación y el lanzamiento de nuevos productos y a la incorporación de nuevos procesos, así como establecer foros de interacción entre usuarios y proveedores de tecnología, como las ferias, y estructuras para favorecer los contactos, como son las cámaras de comercio.
- Se justifica un apoyo público decidido a la investigación básica, tanto pública como privada, a diferencia del experimentado por la mayoría de economías de los países desarrollados en las últimas décadas, en las que el sector público ha subvencionado crecientemente la investigación aplicada.

Los motivos de este apoyo se basan en:

- La existencia de usos indirectos de la investigación básica por parte de la empresa, como el de aumentar su capacidad de asimilar el conocimiento proveniente de fuentes externas, significa que debe existir un cierto grado de este tipo de I+D en la empresa. En principio, es indistinto que su financiación sea pública o privada. Sin embargo, la empresa especialmente presionada por la búsqueda de rentabilidad a corto plazo tenderá a invertir en los componentes de la I+D distintos de la investigación básica. En la medida en que la empresa parta de una situación de desconocimiento del uso indirecto de esta última, el Estado es el encargado de introducirla como posibilidad en la economía, ayudando financieramente su realización. Tal política tiene dos implicaciones: por un lado, asumir que la responsabilidad que la ciencia pública llegue a la empresa no debe recaer exclusivamente en la universidad, sino también en la propia empresa; por otro, la puesta en marcha de medidas complementarias a las financieras para que la empresa asuma la realización de investigación básica, como facilitar la incorporación de personal cualificado científicamente en la misma.
- La existencia de beneficios indirectos de la investigación básica procedente de la universidad (conocimiento tácito, egresados cualificados, nuevos instrumentos y metodología, redes e interacción social, capacidad de resolución de problemas científicos y tecnológicos, nuevas empresas, conocimiento social, acceso a facilidades únicas) apunta en la misma dirección de apoyo a este tipo de I+D. Como en el caso anterior, en principio, es indistinto que su financiación sea pública o privada. Pero de nuevo, la empresa puede tener incentivos a financiar I+D de otro tipo. Por lo tanto, el Estado debe asumir la financiación de (probablemente la mayor) parte de la investigación básica. Una vez más, tal política tiene dos implicaciones. Por un lado, que la universidad se concentre en este tipo de ciencia dará lugar a que sus resultados

codificados no tengan una gran repercusión directa sobre la innovación en las regiones cuya economía no cuente con empresas con la capacidad de absorción suficiente. Podría ocurrir que incluso otras regiones que sí contaran con tal tipo de empresas se beneficiaran de tales resultados. Sin embargo, este pago es una consecuencia que las regiones débiles tecnológicamente deben asumir, a cambio de beneficiarse de los efectos indirectos de la ciencia académica, si bien es necesario llevar a cabo discusión teórica y evidencia empírica adicionales sobre el hecho de que su impacto no esté condicionado por la capacidad de absorción de las empresas locales. Por otro lado, si se quiere aprovechar de forma más directa los resultados de la ciencia académica, quizás sea conveniente la existencia de instituciones-puente cuya misión sea reconvertirlos en resultados más cercanos a la innovación, por ejemplo institutos tecnológicos que interactúen estrechamente con la universidad.

- Se justifica un diseño de política de interacción universidad-empresa selectivo, a diferencia del que se ha venido practicando hasta la actualidad, que ha sido indiscriminado.

Las razones que justifican estas políticas, son:

- La dependencia de la relación entre ciencia e innovación respecto a la estrategia de la empresa, en el sentido de según Freeman, *"debería conducir a los gobiernos y las universidades a plantearse para quienes son sus objetivos, para optimizar esfuerzos"*(FREEMAN, 1987).
- La dependencia del sector económico permite detectar grupos de empresas en mejor posición de financiar y beneficiarse directamente de la investigación básica de la universidad y grupos de empresas en los que no es así y sobre cuya capacidad de absorción hay que incidir especialmente. De lo contrario, la I+D que estos últimos demanden a las universidades será más incompatible con la investigación básica.
- La dependencia del contexto geográfico, nacional o regional, permite saber dónde la administración pública tiene que financiar a la ciencia universitaria para que se traspase a las empresas. Así, en países o regiones donde las empresas cuenten con suficiente capacidad de absorción y la especialización sectorial ya sea en actividades dependientes de la ciencia, o en la financiación empresarial, la investigación académica aplicada no pondrá en peligro a la investigación básica. En otros países, será más conveniente que el estado asuma dicha financiación.

Para resumir, desde un punto de vista económico, el papel principal de las universidades en la innovación es producir investigación básica financiada públicamente y/o privadamente, por empresas con suficiente capacidad de absorción, y jugar una participación activa en la difusión de los resultados, de forma que ejerzan sus limitadas repercusiones directas sobre las empresas anteriores y sus abundantes repercusiones indirectas sobre el conjunto de empresas. Para potenciar estos fenómenos, el papel del estado es contribuir a

que las empresas ganen capacidad de absorción de la ciencia pública y a que cuenten con más vías para innovar y crear instituciones-puente a corto plazo, entre la universidad y las empresas con poca capacidad de absorción.

### **3.1.2.- La participación universitaria: enfoque cronológico**

Para comprender esta nueva configuración a partir de la literatura existente. Las distintas líneas de pensamiento dependen de la concepción de cómo tienen lugar los procesos de transferencia e intercambio de conocimiento entre universidades y empresas, del tipo de beneficios que aquéllas ofrecen a éstas, en particular los beneficios que la investigación académica ofrece a la innovación y, por ende, de la relación entre la ciencia y la tecnología y de la naturaleza del conocimiento. Existen distintos estudios sobre todas estas cuestiones que pueden exponerse en orden cronológico para enmarcarlos en los hechos históricos que les dieron cabida, los períodos serían:

- Desde el surgimiento de la universidad hasta principios del siglo XX, la irrupción de la universidad sin un rol definido respecto a la innovación en Ciencia y Técnica.
- La primera mitad del siglo XX, el período previo a que se sistematizara el pensamiento sobre la relación entre ciencia e innovación que diera lugar a una política de articulación deliberada entre ambas.
- El período de 1950 a 1969, donde se gestó una concepción intuitiva de esa relación y se dio un papel pasivo de las universidades respecto a la difusión de su conocimiento.
- El período transcurrido desde 1970 hasta cerca del 2000, donde surge una concepción más sofisticada de la relación entre ciencia e innovación, y en el que se pide a las universidades un papel activo respecto a la difusión de su Conocimiento. El hecho más relevante en este período es la aprobación del acta Bayh Dole en EEUU, que autorizó a las universidades a disponer de sus patentes en forma autónoma.
- A partir del año 2000, surgen algunas ideas que cuestionan que todavía no se ha llegado a una concepción indirecta de la relación entre ciencia pública e innovación, que pondría en cuestión el actual papel de las universidades.

#### **3.1.2.1.- El surgimiento de la Universidad**

La universidad es una institución nacida en el siglo XII en Francia e Italia, con la función de efectuar docencia para transmitir conocimiento de profesores a alumnos. Hasta el siglo XIV experimenta una etapa de auge,

durante la que se extiende por toda Europa, debido a que se convierte en un foco de atracción para la región en que se inserta y un centro de atención para los monarcas y nobles, interesados en la formación de su elite. Durante los siglos XV y XVI, entra en una etapa de declive debida a un conservadurismo contracorriente, que se acentúa en los siglos XVII y XVIII, durante los que el protagonismo en la generación de ideas se desplaza hacia sociedades y academias con la función de desarrollar la investigación científica de acuerdo con las necesidades de una sociedad cada vez más tecnificada. Sin embargo, la deficiencia de éstas para organizarse de forma especializada da pie a un resurgir de la universidad en el siglo XIX, cuando en Alemania von Humboldt propone un nuevo modelo de universidad que combina la función tradicional, la docencia, con una segunda función, la investigación, organizada mediante disciplinas especializadas. Así, en 1810 funda la Universidad de Berlín, que a partir de estos principios se convierte en fuente de inspiración para llevar a cabo cambios en las universidades medievales y fundar otras nuevas (GEUNA, 1999).

### **3.1.2.2.- Principios del siglo XX. Las universidades como creadoras de conocimiento**

La universidad europea parte en la primera mitad del siglo XX de la continuidad del modelo clásico alemán, nacido con un apoyo crucial del Estado, que, además de un apoyo a la economía nacional, lo considera un instrumento de refuerzo de la identidad nacional y cultural. Por eso, muchas de las universidades alemanas creadas durante el siglo XIX son “*universidades técnicas que realizan investigación básica, orientada hacia la empresa, para impulsar las invenciones y aplicaciones técnicas*”(BEISE y STAHL, 1999).

Aun contando con una mayor proporción de financiación pública, su atractivo es suficiente para hacer que crezca el volumen de financiación empresarial. “*La interacción no sólo aumenta en disciplinas de tecnologías basadas en la ciencia, como química y farmacia, sino en otras disciplinas como ingeniería mecánica*”(MEYER-KRAHMER et al., 1998).

El modelo se extiende al resto de Europa con adaptaciones genuinas como las de Francia y Reino Unido. En Francia, tras la Revolución Burguesa, aparecen las “grandes escuelas”, distinguidas de las universidades tradicionales por un mayor énfasis en la investigación, especialmente en campos utilitarios como ingeniería, arquitectura y agricultura, y que durante el período napoleónico sufren un proceso de centralización al servicio de los intereses nacionales. En el Reino Unido, de forma similar, surgen universidades “civiles” orientadas utilitaria y tecnológicamente, con la novedad de contar con profesores empleados por la universidad y no parte del cuerpo funcional público.

La universidad estadounidense, igualmente centrada en la combinación de docencia e investigación, crece a partir de la formación de una masa considerable de estudiantes estadounidenses en universidades europeas, especialmente alemanas, desde la segunda mitad del siglo XIX hasta la década de 1930 (OCDE, 2000b).

Las universidades públicas estadounidenses han tenido una implicación histórica en la investigación agrícola y, desde el principio del siglo XX, en la investigación industrial, ya entonces parcialmente financiada por las empresas.

Dicha investigación empezó concentrándose en las tecnologías de síntesis de materiales, ingeniería química y electrostática (BOK, 1982).

Precisamente a raíz de la obtención de una serie de patentes de tecnología electrostática en 1907, el académico Cottrell fue el primero en impulsar la creación de un organismo para tratar de licenciarlas. Así, en 1912 se fundó la Research Corporation, una institución sin ánimo de lucro a la que las universidades donaban sus patentes para que las gestionara a cambio del beneficio de su posible licencia. Dicha institución estuvo funcionando con éxito hasta la década de 1950, si bien a partir de entonces experimentó un declive que condujo a su desmantelamiento en la década de 1970.

De este modo, parece que la investigación universitaria tanto europea como estadounidense ha sido tradicionalmente orientada hacia objetivos prácticos. En concreto, *"de 1900 a 1949 las universidades estadounidenses, especialmente las públicas, persiguieron una extensa colaboración con las empresas"* (MOWERY et al., 2002).

Aunque ya entonces existían voces contra la posible intromisión del capital privado en la universidad, por cuestiones ideológicas, este tipo de colaboración no exigía sistematizar la visión en torno a los efectos sobre la innovación, ya que parecía una consecuencia espontánea de la especialización de los países líderes en tecnología en ciertos sectores económicos (química, medicina) y de la presencia de grandes empresas que podían aprovechar los resultados científicos.

Por estos motivos, el interés de los investigadores sobre las universidades se tradujo en considerar su funcionamiento interno más que su papel en la innovación. Por un lado, proporcionando explicaciones económicas, como hizo Veblen, que propuso la introducción de principios empresariales en la política de la universidad. Por otro lado, estudiando la producción científica a partir de las publicaciones, como Lotka, que ya entonces puso de manifiesto la tendencia a la concentración de los resultados científicos de los profesores en una minoría.

La participación de EE.UU. en la Segunda Guerra Mundial cambió el curso de la financiación de la investigación académica. Se pasó a financiar públicamente costosos programas de I+D orientados hacia las necesidades militares. Tras el fin de la guerra, la nueva situación de las universidades de dependencia del presupuesto público, más el hecho de que su contribución había resultado satisfactoria y había ayudado a legitimar su papel en la sociedad, propició el justificar que se sostuviera el apoyo público.

Una primera justificación se encontró en el campo de la sociología, donde Merton, abogaba por una ciencia pura, por oposición a como había sido en las visiones nacionalsocialista y comunista. Para la primera, la ciencia debía operar sobre una base racial y para la segunda, sobre la base del servicio al Estado. Si bien de todos estos esquemas se desprendía la necesidad de apoyo público, Merton se fundaba en la propuesta de que la ciencia fuera guiada por los valores del universalismo y el escepticismo, lo que exigía una serie de normas para asegurarlos, como no buscar la capitalización de los resultados.

Una segunda justificación vino de la mano de la economía, en concreto del asistente del presidente Roosevelt en materia de ciencia y tecnología, Vannevar. Con el propósito de asegurar que la ciencia fuese financiada en tiempos de paz, este autor desarrolló en 1945 una lógica para justificarlo, en la

forma de lo que se ha venido a llamar el modelo del *"empuje de la ciencia"*.

El modelo afirmaba que los mecanismos internos del mundo científico generan investigación básica, "sin ánimo de un fin práctico", que proporciona "un conocimiento general y un entendimiento de la naturaleza y sus leyes". Este conocimiento desencadena la realización de investigación aplicada, que es la que orienta los resultados de la anterior hacia fines puntuales. La investigación aplicada, a su vez, da paso al desarrollo tecnológico, que no genera nuevo conocimiento sino que adapta el de aquélla a situaciones específicas y permite su aprovechamiento de manera sistemática, en la forma de un producto o proceso nuevo o mejorado. El desarrollo, por fin, da lugar a la implementación de dicho producto o proceso, lo que constituye, por definición, una innovación (OCDE, 2002).

Vannevar estaba justificando la utilidad de la ciencia mediante su vínculo con la innovación. Adviértase que, según el proceso descrito, dicho vínculo tenía lugar a través de fases que provocaban las siguientes de forma exhaustiva, estática, sencilla, aislada, secuencial, directa e independiente del contexto:

- Exhaustiva, porque toda la ciencia se convertía en innovación.
- Estática, porque no dependía del período de tiempo estudiado.
- Sencilla, porque no concebía otra fuente de invención. Aislada, porque, al no haber otras fuentes, no existía necesidad de comunicación con ellas.
- Secuencial, porque no se admitía retroalimentación.
- Directa, porque su uso era la generación de invenciones una vez aprovechada por la empresa.
- Independiente del contexto, porque era igualmente válida en cualquier empresa, sector, país o región.

Esta serie de rasgos configuran lo que se ha venido a llamar el enfoque lineal de la innovación.

Una última razón para justificar el apoyo público a la ciencia, de índole más práctica, fue el hecho de que el inicio de la Guerra Fría hizo que se mantuviera el potencial estratégico de las universidades como fuente de invenciones militares.

*"Así comenzó un período de fuerte apoyo público a la investigación académica en EE.UU., que provocó una caída de la participación de la financiación empresarial durante las décadas de 1950 y 1960"* (MOWERY et al., 2001).

### **3.1.2.3.- Mediados del siglo XX. Las universidades consagradas a la creación de conocimiento**

Durante el período inmediatamente posterior a la Segunda Guerra Mundial, la evolución de las universidades se caracterizó, en Estados Unidos, por el apoyo a la investigación básica, por la nueva forma de distribución de los

recursos financieros y por el empuje militar y, en Europa, por la masificación del número de estudiantes y trabajadores.

A raíz del informe de Vannevar Bush (1945), en Estados Unidos se creó la National Science Foundation y el Institute of Health, lo que significó un aumento del compromiso con la investigación básica. Era un reflejo de la aceptación de las ideas sobre la “necesidad, en tiempos de paz, de una infraestructura de conocimientos” y de que la institución adecuada para proporcionarla fuera la universidad.

También se produjo una revisión del sistema de distribución de fondos gubernamentales para la investigación académica y se introdujo el mecanismo de la *“revisión por los pares”*. Este mecanismo encontraba su justificación en el supuesto de que “los pares”, los científicos punteros que debían de estar en los comités de adjudicación de los fondos, distribuyeran dichos fondos principalmente a la elite científica. Consistía, por tanto, en un juicio ex ante de los resultados de la investigación, basado en las prioridades de la comunidad académica. Los fondos gubernamentales eran distribuidos según los criterios de los propios científicos y, a cambio, éstos producirían nuevos conocimientos que, dado el predominio de la concepción lineal del proceso de innovación, revertirían en el proceso productivo de otras entidades más allá de las fronteras de las universidades.

Por otro lado, el comienzo de la Guerra Fría había permitido que el ejército mantuviera un papel decisivo en la sociedad, a través del que ejercía apoyo e influencia sobre la investigación académica, como parte de lo que Mills ha denominado el modelo de la *“Elite del Poder”* (MILLS, 1958).

En Europa, tras la Segunda Guerra Mundial, los diferentes sistemas de educación superior presenciaron un crecimiento impresionante del número de estudiantes y de trabajadores. Este fenómeno no se detuvo en el período de 1950 a 1969, sino que se ha mantenido hasta la actualidad. Por ejemplo, según Geuna, el número de estudiantes universitarios en los países de la UE se incrementó desde un millón en 1960 a casi nueve millones en 1990 (GEUNA, 1999). El mismo autor menciona que en el mismo período la tasa bruta de matriculación (igual al número total de matrículas, independientemente de la edad, dividido por el número total de habitantes entre 20 y 24 años) creció desde menos del 10 por ciento hasta alrededor del 30 por ciento, en función del país de la UE.

Los planteamientos de Merton y Vannevar Bush estaban motivados por el impacto que la ciencia tenía en la sociedad y en la tecnología, respectivamente. Ninguno de ellos discutía la cuestión de cómo se generaba la ciencia. Los sociólogos de la ciencia abordaron el tema desde un primer momento, identificando el término “ciencia” con el de “producción de conocimiento”. Esa perspectiva a pequeña escala no interesó a los economistas en una etapa de crecimiento rápido de la economía, en la que la influencia del progreso técnico a gran escala parecía ser más relevante, a raíz de los estudios de Solow. En cambio, se interesaron por matizar y cuantificar los beneficios de la primera fase de la innovación, según la concepción lineal, la investigación básica. Así, los científicos de ambas disciplinas abordaron el papel de la ciencia desde perspectivas distintas:

- *Un primer enfoque lo aportó la sociología de la ciencia, planteándose que se sabía sobre el conocimiento.* Una de las contribuciones pioneras

sobre la naturaleza del conocimiento es la de Hayek, que lo describía como un fenómeno disperso, como consecuencia de la forma en que es producido. Así, la coordinación es necesaria para hacer útil el conocimiento disponible. De hecho, las innovaciones son el resultado del aprendizaje interactivo y de las nuevas combinaciones de conocimiento. Polanyi fue más lejos al hacer hincapié en que había determinado conocimiento que no se podía transmitir, lo que él llamaba “conocimiento tácito”, que era el que poseían las personas y que no se podía transformar en información, entendiendo como tal conocimiento que ha sido codificado de manera que es apto para ser reproducido por otras personas. Adviértase que ambas visiones preconizaban mayores dificultades de transmisión del conocimiento de las que se desprendían del modelo del empuje de la ciencia. Más centrado en el proceso de producción de conocimiento científico, Kuhn planteó que bajo el mecanismo de revisión por los pares, el valor del nuevo conocimiento generado es evaluado primordialmente en términos de su contribución a la estructura explicativa de cada disciplina científica, lo que él denominaba el paradigma científico. Así, describía el proceso de creación de conocimiento dentro de cada paradigma como un proceso de “resolución de puzzles”. Si un paradigma recibe aceptación general durante un cierto período de tiempo, permite que los científicos dediquen sus recursos a cuestiones muy detalladas, y no a tratar de socavar la teoría subyacente bajo el paradigma. El hecho de que estas cuestiones se deriven de la teoría aceptada implica que deben tener una solución y anticipar esta solución representa una parte importante de la motivación del científico. El problema estriba en que los problemas planteados pueden no tener ninguna apariencia práctica relevante, lo que pondría en tela de juicio que su solución pasara a la siguiente fase de la cadena lineal del proceso de la innovación.

- *Un segundo enfoque se basó en las ideas de la economía sobre el empuje de la ciencia:* La primera visión se basó en el fallo del mercado en la asignación de recursos científicos. Dos autores, Nelson y Arrow, contribuyeron de manera decisiva a sentar las bases de lo que posteriormente se llamaría la economía de la ciencia. Nelson caracterizó la investigación básica a través de *“tres propiedades intrínsecas de sus resultados: su incertidumbre, su rendimiento a largo plazo y su escasa posibilidad de apropiación”* (NELSON et al., 1959). Esta última propiedad se deriva de la conjunción de otros dos rasgos que son la falta de exclusividad y de rivalidad y que en definitiva caracterizan lo que la economía del sector público ha venido a llamar bienes públicos, o aquellos cuyos beneficios no puede retener su autor. El considerar la investigación básica como tal significa que las empresas pueden beneficiarse de los conocimientos generados fuera de sus fronteras organizativas, ya que pueden utilizar, en cuanto lo consideren necesario, los resultados obtenidos por otros individuos que la realicen. Es decir, que estos resultados producen efectos desbordamiento, o beneficios sobre terceros que su autor no puede controlar. La escasa posibilidad de apropiación sirve, pues, como argumento para justificar que el sector privado tendrá un incentivo para invertir en un bien público menos de lo que sería socialmente deseable. Es decir, el mecanismo de

mercado no funciona adecuadamente en bienes como la investigación básica, produciendo un fallo de mercado, y el sector público debe compensarlo financiando esos bienes en parte. El argumento se ve reforzado en el caso de la investigación básica por su incertidumbre y su rendimiento a largo plazo. Arrow insistió en: *"la naturaleza de bien público de la investigación básica al añadir a los anteriores argumentos que los costes marginales de reproducirla son muy reducidos y que sus beneficios no disminuyen al compartirlos"* (ARROW, 1962). La investigación básica presenta, pues, costes de producción, pero no de imitación o de reproducción. Así, concluía justificando la misma necesidad de apoyo público a la investigación básica que Nelson. En otros términos coincidía con Polanyi, ambos autores estaban considerando la investigación básica como producción de información y no que también pudiera dar lugar a conocimiento tácito. Así, enraizaban con la perspectiva lineal de la innovación.

- *Otro enfoque economicista se basó en la cuantificación de los beneficios de la ciencia a través de sus efectos sobre las ventas:* En esta época surge uno de los primeros problemas a la hora de abordar estudios empíricos sobre innovación: el de elegir los indicadores adecuados. La contribución de Griliches ha sido una de las más influyentes para cuantificar el impacto de la ciencia en la economía. En EE.UU. existían estadísticas sobre gastos de investigación y desarrollo (I+D), que se consideraron una variable aproximada del volumen de actividad científica. Su método consistía en estimar la tasa de rendimiento de la investigación básica sobre las ventas, bajo el supuesto de que las empresas que más invertían en ciencia o en I+D, obtenían mayores ventas. Distinguiendo entre la I+D financiada privadamente y la financiada públicamente, utilizó una muestra de empresas en el sector del maíz híbrido en EE.UU. Obtuvo un resultado de entre el 20 por ciento y el 40 por ciento para la segunda (GRILICHES, 1958). Numerosos autores han seguido este método con posterioridad, como Peterson, quien trabajó sobre una muestra de empresas del sector de las aves de corral, y luego Griliches (GRILICHES, 1968) y Evenson (EVENSON, 1968), también trabajaron sobre el sector agrícola y encontraron altas tasas de rendimiento del 21 al 25 por ciento, del 35 al 40 por ciento, y del 20 al 47%, respectivamente. Siempre positivas.
- *La visión de la economía de la ciencia también consideró la productividad científica individual:* Bajo el supuesto de que el científico determina libremente su investigación, los primeros estudios sobre productividad científica se decantaron por el análisis del comportamiento individual, considerando sólo marginalmente las cuestiones relacionadas con la institución donde se desarrollaba su actividad o el entramado institucional que la condicionaba. La medición tradicional de la productividad de los investigadores se ha basado en métodos bibliométricos que utilizan las publicaciones como un indicador de la producción de aquéllos. Schockley mostró que en una universidad típica, la productividad de los investigadores sigue una distribución de Lotka en la que el 2% de los investigadores genera el 25% de los resultados, el 10% genera el 50%; y un 75% genera sólo un 25% (SCHOCKLEY,

1957). De Solla Price contó el número de artículos científicos publicados en revistas indexadas y llegó a la conclusión de que la producción científica publicada había seguido una senda de crecimiento a lo largo de los últimos tres siglos, que no podía ser mantenida a largo plazo sin agotar los recursos dedicados a otras actividades sociales (DE SOLLA PRICE, 1963). El propio Merton (MERTON, 1968) hizo una contribución al sugerir que la organización y la estructura distributiva de la ciencia tiende a recompensar a los individuos y grupos de éxito con el acceso a medios que aumentan la probabilidad de que sigan siendo exitosos en el futuro, fenómeno conocido como el “efecto San Mateo”.

### **3.1.2.4.- El último cuarto del siglo XX. Las universidades como creadoras y difusoras de conocimiento**

El éxito del enfoque lineal en el ámbito político se puede apreciar en la definición que la OCDE daba de la innovación tecnológica a principios de los años 70: *“la primera aplicación de la ciencia y la tecnología en una nueva dirección, seguida de un éxito comercial”* (OCDE, 1971). Sin embargo, una serie de hechos provocó un replanteamiento del paradigma. Estos hechos fueron, en Estados Unidos, la ralentización del crecimiento económico a partir de la década de 1970 y la presión por parte de las universidades menos prestigiosas y la necesidad de liquidez de todo tipo de universidades, que incrementó la competencia por los fondos de investigación; y en Europa, la imitación del modelo estadounidense.

La desaceleración del ritmo de crecimiento y de la productividad de la década de 1970 debilitó la posición internacional de EE.UU. Varios investigadores atribuyen a esa atmósfera de crisis dos tipos de reacciones: por un lado, los políticos y empresarios, que tradicionalmente (bajo la concepción lineal del proceso de innovación, especialmente del modelo de empuje de la ciencia) habían considerado a las universidades como motor del crecimiento, se plantearon si la utilidad de éstas estaba disminuyendo e incrementaron sus demandas de que la contribución académica fuera más visible. Por otro lado, las propias universidades, aun defendiéndose de las críticas y rechazando la responsabilidad ante la crisis, se sintieron motivadas para ayudar.

Por otra parte, en Estados Unidos, el modelo de la ciencia pura y la revisión por los pares empezó a no resultar aceptable como criterio único de distribución de los fondos públicos para la investigación. Los congresistas que representaban a las regiones que no recibían una cuantía significativa de esos fondos presionaron para que se les atribuyeran ayudas de forma discrecional. Eso no bastó para que esta financiación apoyara investigación científica de calidad. Incluso cuando la recibían facultades y escuelas con poca o nula experiencia investigadora, los fondos se utilizaban para adquirir rápidamente las competencias necesarias para competir con el sistema de la revisión por los pares.

También las universidades dominantes tuvieron que presionar por fondos discrecionales, debido a la lentitud de la obtención de fondos mediante el mecanismo de la revisión por los pares. Etzkowitz y otros dan el ejemplo de la Universidad de Columbia, que en un momento dado necesitó fondos para renovar la infraestructura de su departamento de química. Para ello, siguiendo

el consejo de su servicio de relaciones públicas, renombró su departamento de Química como el “Centro Nacional de Excelencia en Química”, consiguiendo de esa forma que se habilitara un fondo federal especial y que la infraestructura de investigación del departamento fuera renovada y expandida (ETZKOWITZ et al., 2000).

Esta competencia creciente por los fondos de investigación entre actores nuevos y viejos causó una crisis incipiente del sistema de la revisión por los pares, que estaba mejor diseñado para operar bajo condiciones de competencia moderada. Dado que la competencia por los fondos de investigación ha continuado creciendo, la respuesta de la administración pública estadounidense fue exigir a la ciencia una nueva vía de legitimación, como la contribución al desarrollo económico y social, a escala nacional y regional.

Paralelamente, se estaba produciendo un fenómeno que venía a constatar las posibilidades de la investigación académica para contribuir a dicho desarrollo, como fue el auge de la biotecnología y las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC.)

Respecto a la biotecnología, aunque esta área ya existía desde muchos años antes, aplicada en el cruce de animales y en el desarrollo de plantas híbridas, su verdadera revolución empezó en 1973. Zucker y Darby explican cómo ese año, Stanley Cohen, de la Universidad de Stanford, y Herbert Boyer, de la Universidad de California (San Francisco) descubrieron la técnica básica para recombinar el ADN, lo que devino la base de la ingeniería genética (ZUCHER, 1997a). Rápidamente, a partir de 1975, se formaron nuevas empresas, y en 1998 ya eran unas 1274 en EE.UU., entre públicas y privadas.

Respecto a las TIC, surgieron dos casos paradigmáticos: el Silicon Valley, cerca de San José, California, y la Ruta 128, alrededor de Boston, deben su posición como focos de la innovación comercial y de espíritu emprendedor a su proximidad a la Universidad de Stanford y al Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT). Otras regiones del país han intentado construir nuevos centros de sectores de alta tecnología en torno a sus universidades.

Con el objetivo de que otras disciplinas científicas siguieran el ejemplo de la biotecnología y las TIC y contribuyeran al desarrollo, se asumió, en primer lugar, que se debía estimular políticamente la transferencia de tecnología desde las universidades a las empresas. Así, comenzó una serie de acciones encaminadas a potenciar la interacción universidad-empresa, como la propuesta de la National Science Foundation de crear mediante fondos federales centros de investigación mixtos entre universidades y empresas. Y se asumió, en segundo lugar, que parte de esa transferencia se podía incentivar mediante la protección de los resultados de la investigación académica. La justificación política de este segundo supuesto era que las empresas necesitan que esos resultados estén protegidos para decidirse a recurrir a ellos e invertir en gastos adicionales para su desarrollo y comercialización.

Así, se produjo una ampliación de los privilegios de patentar y licenciar de los inventores de universidades y Centros Públicos de Investigación (CPI). Como parte de una serie de medidas generalizadas para promover el recurso a la solicitud de patentes, el Acta Bayh-Dole configuró el marco legal específico para el caso académico. Hasta ese momento, sólo cierto tipo de financiación de la I+D podía dar lugar a resultados que estuviera permitido patentar (la I+D

financiada a través de fondos militares o de programas específicos), y sólo ciertas universidades (unas 60) podían tener acceso a dicho tipo de financiación. Aprobada en 1980 por el Congreso de EE.UU. y en vigor a partir del 1 de julio de 1981, el Acta Bayh-Dole autorizaba a explotar comercialmente a universidades y CPI las invenciones generadas a partir de financiación parcial o total de fondos públicos para investigación.

Mowery y Sampat muestran que de 1979 a 1984 el número de solicitudes anuales de patentes universitarias estadounidenses se duplicó, el total pasó de 177 a 408, y de 1984 a 1989 se duplicó de nuevo, pasando a 1008 (MOWERY et al., 2003).

Para acomodar estos cambios en el seno de las universidades, se crearon estructuras internas para gestionar las patentes, las llamadas Oficinas de Transferencia de Tecnología (Technology Transfer Office, TTO). Según Carlsson y Fridh, su número creció de 25 en 1980 hasta 200 en 1990 (CARLSSON, 2002).

En Europa, los gobiernos han incrementado las presiones sobre las universidades para que centren su investigación en prioridades económicas de ámbito nacional y regional. Geuna presenta la siguiente evidencia (GEUNA, 1999):

- El gasto de I+D de las instituciones de Enseñanza Superior de la UE ha crecido un 4,2% entre 1981 y 1995. Su participación dentro del total de gasto de I+D ha aumentado un 1,3% y dentro del PIB un 1,7% (hasta situarse en torno al 21% y el 0,4%, respectivamente), si bien se ha pasado de un período de crecimiento hasta principios de la década de 1990 a otro de estancamiento a mediados de dicha década. Además, el crecimiento del primer período ha estado concentrado en los países de la UE menos intensivos en I+D.
- En un conjunto de siete países de la UE para los que los datos son comparables, la financiación gubernamental de los gastos de I+D de las instituciones de Enseñanza Superior ha caído del 94,0% en 1983 al 85,6% en 1995. Esta caída se debe a la de la una partida de la financiación gubernamental, la de mayor volumen, los fondos gubernamentales directos (por ejemplo, contratos y fondos para fines específicos), ya que la otra partida, de menor volumen, los fondos generales para universidades, ha aumentado. En el resto de países de la UE, estudiados individualmente, se aprecia tendencias similares.

Se interpreta así que la política científica de muchos países ha apuntado hacia una mayor concentración y selectividad de los fondos de investigación y, en general, hacia mayores niveles de cuantificación de beneficios, por lo que ha predominado la reducción de costes. Tras ello subyace el supuesto de que es posible evaluar ex post la actuación de las universidades mediante la actuación de fuerzas de mercado, por oposición al criterio ex ante que subyacía tras el mecanismo de revisión por los pares.

Bajo esta concepción, los consumidores, como estudiantes, administraciones públicas y otras organizaciones compran los servicios de las

universidades, proporcionando así una evaluación directa de sus resultados. Este nuevo enfoque de política económica se tradujo en que, durante la década de 1980, la participación de la financiación empresarial del gasto en I+D de las instituciones de enseñanza superior creció en todos los países de la UE. Aunque esa participación mostró signos de estabilización o, en algunos casos, descenso, durante la primera parte de la década de 1990, su proporción estaba en torno al 6 por ciento del gasto de I+D de las instituciones de enseñanza superior en 1995 (GEUNA, 1999).

Las ideas de la sociología de la ciencia: la ruptura con la ciencia pura  
Las ideas de Merton que una ciencia pura bastaba para asegurar la continuidad de los descubrimientos seguían siendo influyentes al principio de este período. En 1973 Merton postuló que muchos de los incentivos de la ciencia no provienen de una organización de mercado y que por tanto la ciencia se distingue de las actividades económicas. Sus incentivos provienen de la meta personal de los científicos de establecer la prioridad de sus descubrimientos siendo los primeros en anunciar un avance en el conocimiento. La recompensa por la prioridad es el reconocimiento de la comunidad científica. Por lo tanto, los científicos se ven abocados a seguir una conducta de transparencia y publicación de la información, alimentando una base de conocimientos en continua expansión.

Lo que otros sociólogos cuestionaban, sin embargo, era la conveniencia y el hecho de que la ciencia funcionara de forma tan independiente del contexto y de los incentivos individuales. Por lo que concierne a la conveniencia del aislamiento de la ciencia, curiosamente, una de las aportaciones más importantes vino de los países en desarrollo, de la mano de Sábato, que subrayó que en países así el mecanismo del reconocimiento por los pares incentiva a los científicos a escoger temas de investigación punteros, alejados de las necesidades locales. Proponía que un modo más beneficioso para la sociedad de generar ciencia era impulsar las conexiones entre el mundo científico, representado por las universidades, las empresas y el Estado. Este modelo, llamado el *"triángulo de Sábato"*, otorga un papel determinante al Estado, como agente a cargo de impulsar y facilitar las conexiones (SABATO, 1975).

En cuanto al hecho que efectivamente la ciencia tuviera lugar forma autónoma, hacia el final de la década de 1970, otros autores propusieron una ruptura explícita con las ideas de Merton con el estudio de lo que denominaban la "ciencia en acción" (LATOURET et al., 1979). Consideraban que la naturaleza de las ideas, el conocimiento y las teorías científicas no son independientes del contexto en que se generan. Las comunidades de especialistas, por tanto, pueden ser un marco de referencia menos adecuado para construir una reputación que las propias unidades de investigación, como laboratorios, departamentos o institutos. Su análisis ayuda a comprender mejor cómo las problemáticas se configuran a partir de estrategias para ganar acceso a los recursos. Para tener en cuenta este fenómeno, Knorr-Cetina introduce la noción de "campos transepistémicos de investigación". Partiendo de que la selección de los temas de investigación no es una decisión aislada de los científicos, sino condicionada a la obtención de recursos, estos científicos deben formar alianzas y "traducir" las necesidades de otros agentes (KNORR-CETINA, 1982). En este contexto, la distinción entre lo que es científico y lo que no lo es resulta irrelevante. La producción científica moviliza personas,

objetos e ideas que pertenecen a ambos mundos y que frecuentemente cambian del uno al otro.

Para este autor, pues, los “campos transepistémicos” son los niveles analíticos relevantes de la producción científica y se pueden localizar a través del estudio de las unidades de investigación, identificando sus relaciones con otros agentes.

Por otro lado, a escala individual, los científicos se enfrentan a lo que Ziman llama “el problema de la elección de problemas” a la hora de determinar sus temas de investigación. Dado que el éxito de una unidad de investigación depende de la elección de áreas y líneas de investigación, Ziman afirma que esa elección depende de los incentivos, ya que se incurre en un coste en términos de tiempo y esfuerzo, para obtener beneficios en forma de recompensas materiales, prestigio social o satisfacción intelectual. A su vez, estos beneficios dependen no sólo de las publicaciones sino también de la contribución de la investigación a la resolución de problemas reales de un abanico amplio de especialidades, medido por ejemplo por el número de citas (ZIMAN, 2000). Así, los científicos pueden condicionar su investigación a sus expectativas sobre el beneficio que van a obtener de ellas.

Las ideas de la economía en su concepción ortodoxa, planteaban la continuación del enfoque lineal y continúan los esfuerzos para cuantificar los beneficios de la investigación básica, por métodos alternativos.

La relación entre la innovación y los gastos de I+D de las empresas. Quien fuera pionero del cálculo de la tasa de retorno de la investigación básica, Griliches, junto con su grupo de la National Bureau of Economic Research, refrendó el uso del número de patentes como una medida indicativa del grado de innovación. Respecto a los estudios anteriores, sus aportaciones fueron proporcionar un marco conceptual para el uso de ese indicador, la confección de la primera base de datos de panel que superaba a las series temporales y cortes transversales utilizadas hasta entonces y el desarrollo de métodos econométricos específicos para la estimación de modelos con las patentes como variable independiente.

Pakes y Griliches empezaron planteándose una serie de relaciones entre variables observables y no observables: supóngase que lo que se pretende medir es  $K$ , la valoración del conocimiento aplicado en los mercados, que no se observa. Está en función de  $R$ , una medida observable de los recursos invertidos en la actividad innovadora, usualmente los gastos en I+D o el número de investigadores, con el objetivo de producir  $K$ . Como la producción de invenciones es estocástica, un término  $u$  debería reflejar su eficiencia cambiante y el impacto de otras fuentes informales y no medidas de  $K$ .

Así, se puede formular la siguiente función de producción del

$$K = R + u$$

Ahora, sea un indicador cuantitativo del número de invenciones,  $P$ , como puedan ser las patentes. Entonces  $v$  es el error de los determinantes de las patentes, que las hace una medida imperfecta y falible de  $K$ . De ahí se obtiene la función del indicador, que relaciona  $P$  con  $K$  y, sustituyendo, con  $R$ :

$$P = aK + v = aR + au + v$$

Por último, como lo que se busca explicar finalmente son los efectos de la innovación sobre un grupo de variables, representadas por  $Z$ , y que podrían ser distintas medidas de crecimiento, productividad, rentabilidad o del valor de mercado de las acciones de una empresa o un sector, y asumiendo que les afectan componentes aleatorios adicionales,  $e$ , se puede definir una tercera relación:

$$Z = bK + e = bR + bu + e$$

Con estas tres ecuaciones, Griliches pretende ofrecer más una “descripción estadística que una teoría de patentes”. En un intento de validar las patentes como un indicador económico, lo que numerosos autores habrían estimado y seguirían estimando sería ecuaciones del tipo de (2), poniéndolas en función de las actividades de I+D. El supuesto importante que se hace es que los diversos componentes aleatorios ( $u$ ,  $v$  y  $e$ ) son independientes unos de otros. La calidad de  $P$  como indicador de  $K$  depende del tamaño de  $v$  (GRILICHES, 1982).

Tras que Pakes y Griliches realizaran estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), Hausman y otros investigadores (HAUSMAN, 1984) perfeccionan el método de estimación proponiendo modelos de recuento (Poisson, binomial negativo) que tienen más sentido y les proporcionan mejores ajustes.

Los principales resultados que obtienen para la economía estadounidense pueden resumirse así:

- En estimaciones de corte transversal, por empresas o por sectores, se demuestra que hay una relación estrecha entre patentes e I+D: el  $R^2$  medio es 0,9, indicando además que las patentes deben de ser un buen indicador de las innovaciones. Esta relación resiste a particiones de la muestra por tamaño de las empresas.
- En estimaciones de series temporales, la relación, aunque todavía significativa estadísticamente, es mucho más débil: el  $R^2$  medio es 0,3. La evidencia sobre la presencia de desfases no es definitiva, pero parece que la relación está cercana a ser contemporánea. Hall (HALL et al., 1986) profundizan en este aspecto y lo achacan a que las patentes se vinculan principalmente a gastos para la iniciación de nuevos proyectos.

Como el grueso de los gastos de I+D corresponden al desarrollo, gran parte de la varianza de las series temporales de esta variable ha de venir del diferente éxito en el posterior desarrollo de proyectos en curso más que de la iniciación de otros nuevos. La correlación baja no debería, por tanto, ser sorprendente, sino que implica que las cifras de patentes son un indicador mucho más pobre de los cambios a corto plazo en el producto de la innovación.

Otra de las cuestiones centrales que ha dominado la literatura es si la I+D presenta rendimientos decrecientes, es decir, si conforme ésta aumenta, el número de patentes lo hace en menor proporción.

A partir de los estudios citados más otros, Griliches resume así las principales conclusiones (GRILICHES; 1990):

- En estimaciones de corte transversal, a primera vista se detecta la presencia de rendimientos decrecientes, ya que las empresas pequeñas aparentan obtener un mayor número de patentes por unidad monetaria de I+D. Sin embargo, si se estudia separadamente las empresas grandes, se observa que la relación se vuelve plana y que no hay evidencia de rendimientos decrecientes. Además, los resultados son muy sensibles a la técnica de estimación: la de Poisson y la de mínimos cuadrados no lineales indican rendimientos decrecientes, mientras que la de mínimos cuadrados ordinarios y la binomial negativa, crecientes. La apariencia de rendimientos decrecientes se puede deber a que se subestima la I+D de las empresas pequeñas por dos motivos:
  - Selección de muestras defectuosa: muchas no son aleatorias o no siguen una estratificación cuidadosa, con el resultado de incluir una proporción grande de empresas de mayor tamaño, poco representativa.
  - Falta de consideración del papel de la I+D informal y de las patentes: tomando en conjunto el total de empresas (no sólo las que realizan I+D), las empresas pequeñas tienden a realizar más I+D informal (la mayoría de las invenciones provienen de departamento de producción y de calidad y control y los métodos convencionales de recogida de datos subestiman la I+D de las empresas pequeñas), no incluida en las estadísticas al uso, y las patentes representan para ellas una mayor esperanza de éxito (en las grandes, la supervivencia no depende de eso).
- En estimaciones de series temporales, la elasticidad total está entre 0,3 y 0,6; resultado robusto a diferentes métodos de estimación. Es tentador aceptar la hipótesis de rendimientos decrecientes, pero es innecesario: la relación entre los cambios anuales en la I+D y las patentes es muy débil, aunque sea estadísticamente significativa.

La relación entre I+D y patentes también difiere entre actividades económicas. Las industrias que más patentan son farmacia, plástico, caucho, ordenadores y material informático, equipos de telecomunicaciones y productos químicos. En cuanto a la "propensión a patentar" (patentes por dólar de I+D), las diferencias son difíciles de explicar: algunas industrias con menor propensión realizan mucha I+D (vehículos a motor, aeronaves); entre las de mayor propensión, aparte de equipos de telecomunicaciones, algunas realizan poco I+D (utillaje). La explicación puede estar en que los ratios de patentes sobre I+D aparecen dominados por grandes fluctuaciones irrelevantes en las cifras de I+D. Probablemente lleve a confusión interpretarlas como indicadores de la efectividad de patentar o de los procesos de I+D (GRILICHES, 1984).

Las patentes como indicadores económicos, sin embargo, han recibido numerosas críticas. Sanz y Arias enumeran algunas de las habituales (SANZ, 1998):

- No todos los inventos son patentados, por ejemplo por falta de empresas patrocinadoras o por su naturaleza poco práctica; o, si lo son, no se comercializan inmediatamente a causa de la incertidumbre sobre la demanda del producto.
- No todas las invenciones se pueden patentar, por ejemplo porque no cumplan los requisitos legales.
- No todas las patentes tienen el mismo significado tecnológico o económico: su valor es heterogéneo<sup>10</sup> y unas se asocian a descubrimientos importantes y otras no.
- Su significado y papel varía según áreas tecnológicas o sectores productivos.
- Las empresas, organizaciones e individuos tienen diversas estrategias a la hora de patentar en diferentes países o mercados.
- El solicitante opta por patentar en el mercado nacional o en el extranjero en función de las leyes nacionales.
- Las comparaciones internacionales y temporales se ven afectadas por los cambios en los requisitos para patentar.
- Los grandes países tienden a acaparar el mayor número de solicitudes de patentes.
- No existe ninguna forma de conocer qué tipo de solicitante tiene una patente a menos que se examinen individualmente los registros.
- Las clasificaciones utilizadas en los documentos de patentes no permiten una fácil identificación con los sectores económicos.

En busca de medidas alternativas, se puede citar a Acs y Audretsch (1990), que emplearon datos sobre el número de innovaciones en cada sector de cuatro dígitos de la Standard Industrial Classification en 1982. Los datos fueron publicados por la Small Business Administration, que los había confeccionado identificando innovaciones a través de más de cien revistas sobre tecnología, industria y comercio. Los autores encontraron que, aunque el número total de innovaciones seguía estando estrechamente relacionado con los gastos de I+D y con el número de patentes, la relación exacta entre la I+D y la innovación era algo diferente de la de la I+D y las patentes: aquella crece con los gastos de I+D a una tasa menos que proporcional, es decir, presenta rendimientos decrecientes. El problema de este tipo de estudios es que tradicionalmente no se ha dispuesto de datos de panel con el suficiente número de observaciones (ACS et al., 1990).

El análisis basado en las citas de las patentes presenta algunos problemas ya que los documentos de solicitud de patentes, en algunos países, incluyen un campo en que se citan las patentes previas, los artículos científicos y otras fuentes con las que la invención en particular pueda estar relacionada.

El uso de las citas en las patentes como indicadores presupone que algunas invenciones futuras harán referencia a la invención original en sus patentes, convirtiendo al número y carácter de las citas recibidas en un indicador válido de la importancia tecnológica de la nueva invención.

Narin, con distintos colaboradores, fue el pionero en el uso de este tipo de instrumental y ya en la década de 1980 lo empleó para establecer una tipología de áreas tecnológicas según su grado de base científica, definiendo las áreas fuertemente basadas en la ciencia como aquellas en que las patentes citan con más frecuencia las publicaciones científicas. Encontró que la relación más estrecha se daba en las áreas de tecnología punta. Por otro lado, estableció que el vínculo entre la investigación con financiación pública y la tecnología en EE.UU. era creciente (NARIN et al., 1985).

Narin y Olivastro hicieron un balance de las razones a favor y en contra del uso de las citas en las patentes como fuente de información. Una ventaja clave es que los datos están disponibles de forma procesable mediante la informática. Además, permite rastrear los vínculos entre países citados y países que citan, empresas y áreas científicas y tecnológicas, ya que las patentes citan patentes no sólo nacionales sino foráneas, así como la literatura científica (NARIN et al., 1988).

Sin embargo, las citas en las patentes también han recibido críticas como indicador, como la de Cozzens, que señala limitaciones como el sesgo que introduce el idioma inglés, la desproporción de citas recibidas por los artículos seminales y el fenómeno de la circularidad que se produce entre familias de patentes (COZZENS, 1989).

A pesar de eso, los estudios de citas de patentes han continuado. Por ejemplo, Narin y Olivastro exploran el número relativo de patentes que citan documentos en diversas disciplinas científicas. Encuentran que los productos farmacéuticos y la investigación clínica citan la medicina clínica y la investigación biomédica, mientras que áreas aplicadas como la de informática y telecomunicaciones las patentes tienden a citar documentos de ingeniería y tecnología, de acuerdo con la base de datos de la Oficina Estadounidense de Patentes (NARIN et al., 1992).

Este mismo indicador muestra que, a lo largo del tiempo, los vínculos entre las patentes de EE.UU. y los documentos de investigación científica, de acuerdo con el número de citas, según Narin, van en aumento: el 73 por ciento de los documentos citados por las patentes empresariales estadounidenses provienen de la investigación pública, y sus autores son científicos universitarios o de instituciones públicas; sólo un 27% son de científicos empresariales. Los autores encuentran un fuerte componente nacional de estos vínculos por citas, dado que los inventores de cada país citan preferentemente (entre dos y cuatro veces más) documentos de autores de su propio país. En particular, las referencias en las patentes de EE.UU. a los autores de documentos científicos de EE.UU. se triplicaron a lo largo de un período de seis años, de 17.000 en 1987-88 a 50.000 en 1993-94, período en el que las patentes de EE.UU. crecieron sólo un 30%. Los documentos estadounidenses citados responden a las características principales de la investigación moderna: bastante básica, publicada en revistas influyentes, firmada por autores de las universidades y laboratorios de investigación puntera, relativamente reciente y apoyada fuertemente por instituciones públicas (NARIN, 1997).

El indicador ha trascendido las fronteras de EE.UU. Así, Meyer-Krahmer y Schmoch también optan por el método de las citas en las patentes para identificar las áreas tecnológicas más fuertemente dependientes de la ciencia en el caso alemán. Encuentran que las mayores conexiones con la ciencia se dan en biotecnología, química y tecnologías de la información; las menores corresponden a áreas de ingeniería mecánica e ingeniería de caminos, canales y puertos (MEYER, 1998).

Por otro lado, Acosta y Coronado aplican este tipo de ejercicio al caso español, estudiando una muestra de 1.643 patentes nacionales solicitadas por 1.129 empresas, y publicadas entre 1998 y 2000 por la Oficina Española de Patentes y Marcas. Identifican las patentes que citan al menos una referencia "científica" (literatura científica, libros de texto y otras citas) y, dentro de ellas, las que citan al menos una referencia científica "de calidad" (revistas incluidas en el Institute for Scientific Information, ISI). Mediante una estimación logit, explican ambas variables a partir de la influencia positiva de una medida de si la patente ha sido desarrollada entre la universidad y la empresa y la influencia negativa de una medida de las reivindicaciones anuladas por el examinador, teniendo en cuenta que la mayor propensión a realizar citas de ambos tipos del sector químico. No encuentran evidencia de que la pertenencia a regiones más avanzadas tecnológicamente (Madrid, Cataluña y Navarra) o de que la especialización regional en la tecnología incorporada en la patente influyan de forma fuertemente significativa (CORONADO et al., 2002).

### La relación entre la innovación y los gastos de I+D de las universidades

Jaffe es el primer autor que incluye en la función de producción de conocimiento, los efectos desbordamiento de la I+D universitaria. Así, plantea la siguiente función (JAFJE, 1989):

$$\log(P_u) = \beta_1 \log(KE_u) + \beta_2 \log(KU_u) + \beta_3 [\log(KU_u) \log(C_u)] + e_u$$

P representa las patentes empresariales; KE, la I+D empresarial; KU, la I+D universitaria; C, una medida de proximidad geográfica entre universidades y empresas; e, el error estocástico. También contempló la posibilidad de que, de forma simultánea, existiera una relación entre I+D empresarial y universitaria, añadiendo al modelo las siguientes ecuaciones:

$$\log(KU_u) = \beta_4 \log(KE_u) + \delta_1 Z_1 + \xi_u$$

$$\log(KE_u) = \beta_5 \log(KU_u) + \delta_2 Z_2 + \mu_u$$

Z representa determinadas características estatales (Z1, la población y el número de universidades públicas y privadas y CPI; Z2, la población y el valor añadido de la industria);  $\xi$  y  $\mu$ , los términos de error. Empleando un panel de datos de 29 estados de EE.UU. y 8 años, el autor encontró que los efectos desbordamiento comerciales de la investigación universitaria son importantes. Por áreas de conocimiento, son mayores en farmacia, más pequeños y menos significativos en química y más pequeños pero bastante significativos en electrónica. La evidencia a favor de que la coincidencia geográfica dentro del mismo estado de universidades y laboratorios de investigación facilita los efectos desbordamiento es débil. El efecto es más claro en las áreas técnicas

que en el conjunto de áreas. Eso sugiere que los efectos desbordamiento están asociados a áreas específicas y no al efecto difuso de la vasta actividad investigadora. Hay un efecto indirecto: la I+D empresarial está asociada a la universitaria. Y, lo que es más importante, parece que la segunda causa la primera y no viceversa, es decir, que la realización de I+D universitaria induce a la realización de I+D empresarial.

Azagra contrastó una serie de hipótesis:

- Las patentes derivadas de la investigación financiada por universidades y empresas son el producto directo de dicha investigación, y no un efecto desbordamiento.
- Los centros públicos de investigación son diferentes de las universidades, así que su I+D debe de tener distinto coeficiente.
- La financiación empresarial indica mayor vínculo universidad-empresa, por lo que los efectos desbordamiento serán mayores.

Ninguna de las hipótesis resultó significativa, por lo que podían rechazarse.

Posteriormente, Acs estiman de nuevo el modelo utilizando, en sustitución de las patentes, la medida de innovación ya empleada por Acs y Audretsch en el caso de las empresas, es decir, el número de innovaciones. Como disponen de datos para un solo año, para poder comparar, comprueban que los resultados de Jaffe siguen siendo válidos aun para un año. Así, con su estimación obtienen que el número de innovaciones por dólar de investigación universitaria sea mayor en mecánica y menor en química (ACS, 1991). El valor de la innovación por patente es mayor en electrónica y menor en química.

Respecto al modelo de Jaffe, encuentran dos importantes diferencias:

- La elasticidad de la investigación universitaria se duplica: los efectos desbordamiento son mayores.
- El impacto de la localización geográfica es mucho mayor. La explicación estriba en que áreas como electrónica pertenecen a un régimen tecnológico de tipo "empresarial", en el que las innovaciones tienden a generarse desde la investigación básica y fuera de la industria; mientras que otras como la mecánica, siguen un régimen de tipo "rutinario", en el que las innovaciones tienen lugar dentro de los laboratorios industriales. Por otro lado, las innovaciones no suelen provenir de patentes en sectores como electrónica.

Luego la sustitución de las patentes por la medida de innovación refuerza los argumentos de Jaffe. Da mayor soporte a que la coincidencia geográfica de universidades y empresa facilita los efectos desbordamiento. Los resultados para sectores específicos pueden venir influidos por el régimen tecnológico, siendo mayores en sectores donde la tecnología es fuertemente dependiente de la ciencia (electrónica, biotecnología, etc.)

La Tasa de rendimiento de la investigación académica y desfases de aplicación comercial como planteamiento alternativo al de los modelos que

buscan calcular la rentabilidad social de la investigación académica y son una prolongación de los trabajos que propuso Mansfield (MANSFIELD, 1991).

Su objetivo era determinar:

- el grado en que las innovaciones tecnológicas de diversos sectores se han basado en la investigación académica reciente.
- los desfases temporales entre la investigación académica y el uso industrial de sus descubrimientos.
- la tasa de retorno de la investigación académica.

Hizo una encuesta en 76 empresas estadounidenses (de 7 sectores industriales) y preguntó cuántas innovaciones no se habrían desarrollado (sin un retraso sustancial) en ausencia de investigación académica y cuántas se habían desarrollado con una ayuda sustancial de la investigación académica: el porcentaje en el primer caso era de 11% y 9% (3% y 1% sobre las ventas) para innovaciones de producto y de proceso, respectivamente; y de 8% y 6% (2,1% y 1,6% sobre las ventas) en el segundo. También se preguntaba en qué momento se introdujeron las innovaciones y se obtuvo un desfase medio de 7 y 6 años, respectivamente, desde que se produjo el descubrimiento. Mediante un modelo econométrico que situaba el desfase en función de las ventas, se venía a demostrar que el desfase es mayor en las empresas más grandes. Por último, se estimó la tasa de retorno de la investigación académica: el autor asumía que las innovaciones tenían lugar 7 años después de la investigación y que daban lugar a beneficios sociales durante 7 años (lo que implicaba el supuesto de que, en ese tiempo las empresas habrían generado la innovación por sí mismas, empezando a obtener beneficio en el año

El modelo teórico planteado era el siguiente:

$$X \left[ \frac{1}{(1+i)^7} + \frac{1}{(1+i)^8} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{14}} \right] = C$$

C es la I+D universitaria, X el beneficio anual que genera, i la tasa de rendimiento que se pretende estimar.

El autor aproximó la primera variable mediante la investigación académica mundial durante 1975-78 y la segunda mediante los resultados de la encuesta, obteniendo datos para el período 1982-85, calculados gracias a supuestos adicionales que le permitieron repartir a partes iguales los resultados de 1985 y sometiendo el dato así obtenido a diversos ajustes. La estimación que se obtuvo era una tasa de retorno del 28% con todas las correcciones, del 23% si se excluían ajustes por las innovaciones sólo parcialmente ayudadas, del 10% si se excluían ajustes por beneficios para los usuarios y del 5% si se excluían ambos ajustes.

Mansfield (MANSFIELD, 1998) actualiza el estudio haciendo una nueva encuesta a 70 empresas. No llega a recalcular una tasa de rendimiento pero obtiene nuevos datos sobre el origen académico de las innovaciones. Así, encuentra que un 15% de nuevos productos y un 11% de nuevos procesos no se habrían desarrollado (sin un retraso sustancial) en la ausencia de

investigación académica (5% de las ventas en ambos casos). Todos los cálculos apuntan a un incremento del valor del vínculo entre la investigación académica y la innovación empresarial. Asimismo, el autor sugiere que el desfase temporal se acorta a 6 años.

Aunque el planteamiento es aceptable, los datos usados vuelven el cálculo bastante burdo, como el mismo Mansfield reconoce. Para él, sin embargo, se pone en evidencia que la contribución de la investigación académica a la innovación industrial es considerable, particularmente para algunos de los sectores estudiados. Sin investigación académica, los beneficios sociales se habrían reducido. Atribuye los cambios observados en el segundo estudio a la cada vez mayor orientación del trabajo académico hacia objetivos más aplicados y a corto plazo y a los esfuerzos de las universidades por trabajar más estrechamente con las empresas.

De una encuesta a 2300 empresas Beise y Stahl (BEISE, 1998), extraen que menos de un décimo de las empresas innovadoras de productos o procesos introdujeron innovaciones entre 1993 y 1995 que no podrían haberse desarrollado sin investigación pública. Estos nuevos productos representan el 5% del total de ventas por nuevos productos. Las universidades son citadas por las empresas con innovaciones apoyadas públicamente como la fuente más importante, aunque los laboratorios financiados públicamente reciben casi el mismo número de citas. Los laboratorios científicos grandes son casi invisibles, lo que sugiere que su transferencia de tecnología a las empresas todavía carece de efectividad. Las empresas también tienden a citar instituciones de investigación que están localizadas cerca de la empresa. Pero al contrario de la opinión ampliamente extendida de que la proximidad a las instituciones de investigación pública promueve la colaboración entre empresas e investigación pública y aumenta la magnitud de los efectos desbordamiento del conocimiento recibidos, no se encuentra una probabilidad mayor de que las innovaciones apoyadas públicamente de las empresas en Alemania estén localizadas cerca de las universidades o politécnicas. Sin embargo, las propias actividades de I+D de las empresas apoyan en su lugar la habilidad de absorber los descubrimientos de la investigación pública y convertirlos en innovaciones. Adicionalmente, las empresas con una alta intensidad de I+D citan institutos de investigación públicos más frecuentemente que las empresas menos intensivas en I+D, lo que sugiere que en Alemania la alta tecnología no depende de la co-localización de la investigación pública y privada.

Los planteamientos de la economía de la ciencia sobre la productividad científica institucional hacen referencia al impacto de la investigación universitaria fuera de sus fronteras organizativas, sólo a partir de tiempos recientes la economía se ha ocupado del estudio del comportamiento de las universidades dentro de esas fronteras. Sin embargo, haciendo eco del creciente papel de las universidades en el desarrollo económico, así como de la importancia del contexto institucional sobre las decisiones individuales, algunos estudios sobre la productividad científica han empezado a tratar las universidades como unidades de observación, en vez de los individuos.

Así, Adams y Griliches (GRILICHes, 1996) usaron una muestra de entre 16 y 41 facultades estadounidenses (dependiendo de la disciplina científica, aunque todas ellas dentro de 30 universidades) y nueve años ENTRE 1981 Y 1989) para estimar el número de publicaciones y de citas en función del gasto en I+D de años anteriores. Encontraron evidencia de rendimientos decrecientes

a escala para cada disciplina y, sin embargo, rendimientos constantes a escala agregada y dan dos posibles explicaciones: que los errores sean más importantes a escala individual o que existen efectos desbordamiento de la investigación que sólo se puede captar a escala agregada.

Otros resultados son los siguientes:

- La distinción entre gastos de I+D financiados por fondos federales (del gobierno Supra estatal) y no federales (del gobierno estatal, de empresas o de fundaciones) muestra que el efecto de la financiación federal es similar al del total de gasto en I+D, mientras que el efecto de la financiación no federal varía ampliamente entre disciplinas.
- La estratificación de la muestra entre universidades públicas y privadas muestra que la elasticidad de la producción científica respecto al gasto en I+D es mayor en las segundas.
- Al añadir a la estimación de la producción científica el número de estudiantes graduados, y estimar simultáneamente la producción de estos estudiantes, igualmente en función del gasto en I+D de años anteriores, se descubre que el gasto de I+D no sólo tiene un efecto directo sobre la producción científica sino también un efecto indirecto a través de la producción de estudiantes graduados.

Este tipo de estudios ha tenido especial eco en el análisis de la producción de patentes de las universidades.

Dentro de las ideas de la economía, la concepción heterodoxa, o la crítica al enfoque lineal, han ganado cierta aceptación desde principios de la década de 1980 han pasado a considerar la relación entre ciencia e innovación selectiva, dinámica, compleja, interactiva, retroactiva, indirecta para la ciencia privada y dependiente del contexto, si bien todavía directa para la ciencia pública. Todo ello ha venido a cuestionar también los modelos del empuje de la ciencia y del tirón del mercado y, por tanto, la perspectiva lineal en general.

Veamos cómo se ha configurado el pensamiento sobre cada uno de los rasgos mencionados.

### *Una relación selectiva y dinámica*

El modelo del empuje de la ciencia considera la innovación como el resultado de una decisión de inversión en la ciencia en general, e independiente de un momento en el tiempo a otro. Así, predice resultados no confirmados por la evidencia empírica, como que toda la ciencia se convierte en innovación o que se maximizará de forma racional la utilidad esperada de la inversión. Frente a ello, Nelson y Winter proponen interpretar la innovación como un proceso evolutivo, en el que a partir de un estado de la naturaleza dado, en el que existen y se reproducen un cierto número de individuos, se producen mutaciones que diversifican los tipos de individuos, desencadenando mecanismos de selección que conducen a la supervivencia de los individuos más aptos.

Se trata de una traslación del modelo interpretativo desde el campo de la biología al de la economía, según el cual el estado inicial, las mutaciones y la selección se asimilan a las formas tecnológicas y organizativas, la ciencia y la competición de mercado. Según este enfoque, llamado evolucionista, la ciencia sería un mecanismo de diversificación que produciría mutaciones o nuevas posibilidades tecnológicas, algunas de las cuales serían seleccionadas por mecanismos de mercado hasta convertirse en innovaciones. Esto quiere decir que, por un lado, habrá partes de la ciencia que no se transformen en innovaciones.

La ciencia más bien configura un espacio de búsqueda en el que los individuos pueden invertir parceladamente. De ese modo, la inversión en ciencia está sujeta a incertidumbres que dificultan la utilización de criterios de optimización independientes de un período a otro. Por el contrario, resulta más plausible aplicar reglas operativas en un primer momento que supongan incurrir en menores costes de cálculo, e ir variando período a período en función de las decisiones pasadas.

Esto introduce una inercia en la inversión en ciencia que configura una trayectoria de inversión en ciencia dependiente del tiempo. El argumento es extensible a otros ámbitos en los que la innovación debe afrontar la incertidumbre, y Nelson y Winter (NELSON et al., 1982) lo conceptúan con el nombre de “rutinas innovadoras”. La presencia de estas rutinas acota la racionalidad de las decisiones y puede conducir a decisiones por debajo del óptimo potencial, especialmente las que impliquen cambios más drásticos, por ejemplo, adoptar nuevos descubrimientos científicos, porque implican que las organizaciones están más preparadas para continuar que para adaptarse al cambio.

### Una relación compleja

La concepción lineal de la innovación presenta a esta como el resultado de una sola fuente, la ciencia o, alternativamente, el mercado, y de un solo tipo de conocimiento, el codificado, o información. En cambio, los estudios más recientes consideran que el fenómeno es más complejo, puesto que puede provenir de múltiples fuentes (la ciencia, el mercado, el interior de la empresa, etc.) y de los dos tipos de conocimiento, codificado y tácito.

Schmookler presentó una alternativa a la ciencia, tomando a los usuarios, como fuente de la innovación, pero de hecho lo que venía a decir es que bastaba la segunda para explicar el fenómeno. Freeman (FREEMAN, 1975), al estudiar varios casos de innovaciones, también le concedió más importancia, ya que comprobó que la mayoría de innovaciones exitosas se habían basado en los usuarios mientras que la mayoría de innovaciones no exitosas lo habían hecho en la ciencia. No obstante, también apreció que algunas innovaciones exitosas partían de otras no exitosas, por lo que de alguna manera la ciencia podía tener un carácter complementario del mercado y no tendrían que verse como fuentes excluyentes de la innovación. Ambas fuentes eran exógenas a los procesos productivos de la empresa.

Rosenberg, basándose en estudios de caso y encuestas, recalcó la relevancia de fuentes internas de la innovación, más vinculadas a los procesos productivos, como las actividades de diseño, la ingeniería de producción, el lanzamiento de fabricación, la comercialización experimental, etc. Todas ellas

son actividades en contacto directo con la tecnología que utiliza la empresa, permiten que los individuos que las realizan “aprendan haciendo” o “aprendan usando” y ese aprendizaje, por prueba y error más que siguiendo el método científico o las señales de los inversores, incide positivamente en la introducción de mejoras y novedades de la tecnología. El autor nunca presenta estas fuentes internas como excluyentes de la ciencia y el mercado, sino que las ve también complementarias, si bien matiza que en el caso de la ciencia, lo general es que las empresas sólo recurran a ella cuando no bastan los conocimientos existentes, frente a la visión de que la aparición de oportunidades científicas generará innovaciones per se (ROSENBERG, 1982).

Por otro lado, incorporando las ideas de la sociología de la ciencia, Nelson y Winter afirman que los resultados de la ciencia contienen un componente de conocimiento explícito, o información, que es codificable en forma de axiomas, etc., y otro componente de conocimiento tácito, incorporado a las personas, complejo y difícil de codificar. Se puede esperar que el componente explícito sea más difícil de apropiarse, pero el alcance de los efectos desbordamiento estará condicionado por el componente tácito, en contraste con lo que predecía la visión tradicional (NELSON et al., 1982). Patel y Pavitt explican que la dualidad de componentes del conocimiento, unida a la diversidad de sus fuentes, convierte la tecnología en un objeto complejo de aprehender. Por eso la ciencia, o creación y aplicación de conocimiento, tiene algo distinto que ofrecer a la tecnología del resto de fuentes de la innovación: mientras que la primera proporciona conocimiento codificado, las otras proporcionan un mayor grado de conocimiento tácito, a través del aprendizaje, más cercano a los procesos y productos de la empresa (PATEL, 1995).

Para los autores esto se manifiesta en que, como muestra la evidencia empírica, es difícil transferir e imitar tecnología, de nuevo frente a la visión tradicional, y en que la ciencia no encuentra una aplicación inmediata a la tecnología. Por otra parte, también se manifiesta en que el aprendizaje es un fenómeno acumulativo que sitúa a quien aprende primero en mejor posición de seguir aprendiendo, lo que se deriva en la constatación empírica de la estabilidad de los líderes en innovación, tanto al nivel de las empresas como al de los países.

### *Una relación interactiva y retroactiva*

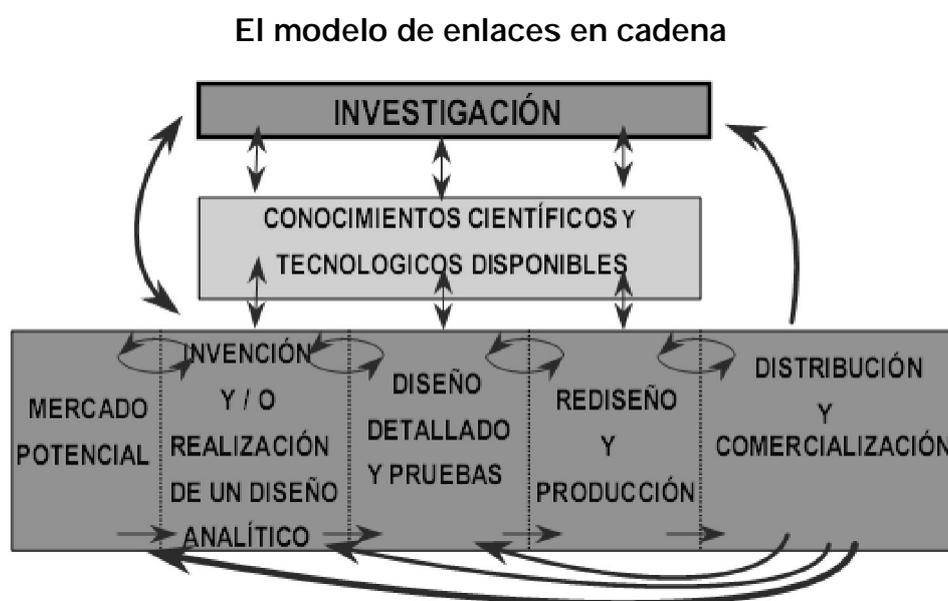
Kline y el mismo Rosenberg avanzan un paso más en la idea de la multiplicidad de fuentes de la innovación y señalan que no sólo se trata de que cada una de las fuentes pueda generar por separado invenciones, sino que a menudo deben interactuar para lograrlo. “Interactuar” significa poner en juego elementos comunicativos y organizativos que generan conocimiento tácito y propician que la transmisión de conocimiento sea más compleja de lo que la concebía el enfoque lineal, y más dependiente de la propia gestión empresarial que de la existencia de fuentes externas (ROSENBERG, 1994).

En palabras de Senker y Faulkner, *“la interacción entre los agentes en el proceso de innovación se deriva de la necesidad de conocimiento y técnicas en diferentes esferas”* (FAULKNER et al., 1992). Lo que es más, tal como siguen Kline y Rosenberg, la interacción puede proceder de que una vez se ha avanzado un paso en el proceso de innovación, se genere nuevo conocimiento que obligue a volver atrás, es decir, puede proceder de la retroalimentación.

Así, la ciencia puede proporcionar invenciones que sean mejoradas por las actividades de aprendizaje y que requieran de nuevo de la ciencia para llegar a explotar su potencial.

Estas actividades pueden incluso abrir nuevos caminos a la ciencia, invirtiendo la relación de causalidad tradicional de la ciencia a la innovación a otra que vaya de la innovación a la ciencia. Extendiendo el argumento a los procesos de difusión de innovaciones, también se aprecia la existencia de casos de retroalimentación desde la difusión hacia la innovación o hacia la invención.

Los autores plantean el modelo de *"enlaces en cadena"* (KLINE et al., 1986), esquematizado en la figura, para captar todas estas relaciones. La importancia del aspecto comunicativo-organizativo sirve también para matizar la forma en que se generan invenciones desde los ámbitos externos a la empresa, de la ciencia y el mercado, que pasan por el entendimiento mutuo con los usuarios y los proveedores y por la influencia de los clientes principales.



**Fuente: Kline y Rosenberg (1986)**

Esta concepción interactiva del proceso de innovación acentúan que quien innova es la empresa y esto tiene consecuencias sobre la concepción de la ciencia ya que la diferencia entre investigación básica e investigación aplicada se diluye, debido a que también se percibe retroalimentación mutua. La principal diferencia con el enfoque lineal, pues, es que ahora no hay ni primacía de la ciencia ni tan clara separación de fases. De hecho, Rosenberg insiste en la idea de que la ciencia y la tecnología están cada vez más entrelazadas. Aunque hay ejemplos tempranos de descubrimientos científicos que han conducido a avances tecnológicos (como el descubrimiento de la presión atmosférica, que dio lugar a la máquina de vapor), el autor no lo encuentra el caso más típico (ROSEMBERG, 1992).

Lo que ocurre es que después de 1860, aproximadamente, la ciencia comenzó a jugar un papel más importante. La química fue la primera ciencia que produjo nuevas técnicas industriales de forma sostenida y nuevos

materiales y productos. Una vez la física se convirtió en una ciencia aplicada, nacieron la electricidad y las TIC. Con el paso del tiempo, la ciencia ha crecido en importancia para la innovación y eso ha oscurecido la importancia más general de otras fuentes. Brooks insiste en la idea de que también la tecnología contribuye a la ciencia, de dos formas: creando tanto nuevos problemas como nueva instrumentación para la ciencia (BROOKS, 1994).

La tecnología es frecuentemente una fuente fértil de nuevas cuestiones científicas y por tanto ayuda a justificar la asignación de los recursos necesarios para solventar esas cuestiones. La tecnología es también una fuente de instrumentación de la que no se podría disponer de otro modo, necesaria para plantearse cuestiones científicas nuevas y más difíciles de forma más eficiente.

Todas estas aportaciones han servido para que Rosenberg haya afirmado que *"el modelo lineal está muerto"* (ROSEMBERG, 1994). Además, explica que la evidencia histórica sugiere que muchos de los avances espectaculares de la investigación básica están íntimamente ligados, y a menudo potenciado, por avances en los métodos y técnicas que está al alcance de los científicos.

La instrumentación física juega un papel importante para relajar las limitaciones naturales de la cognición humana, como la visualización de fenómenos o la manipulación de estructuras naturales. No obstante, algunos autores todavía consideran válido el modelo lineal en función del contexto.

### *Una relación indirecta*

Si la presencia de un componente tácito en el conocimiento ponía en cuestión la amplitud de sus efectos desbordamiento, Cohen y Levinthal ponen de manifiesto un segundo factor que los condiciona: la capacidad de absorción de las empresas, que definen como la habilidad que éstas tienen para reconocer nueva información, asimilarla y aplicarla con fines comerciales (COHEN, 1989). Es, dicho de otro modo, su habilidad para expandir sus fronteras de conocimiento más allá de sus fronteras de producción, de forma que potencien sus esfuerzos internos por innovar. La idea que encierra el concepto de capacidad de absorción es que las empresas no hacen I+D sólo para incorporar sus resultados de forma directa en su esfera productiva sino también para estar en mejor posición de adaptar la I+D de fuentes externas y, al hacerlo, transformarla igualmente en resultados comerciales. De ahí se desprende que el proceso de absorber conocimientos del exterior es costoso, puesto que requiere una inversión en capacidad de aprendizaje interno, no como se desprendía del enfoque lineal (COHEN, 1990). Rosenberg usa un argumento muy similar para explicar por qué las grandes empresas, a pesar de sus dificultades para proteger sus resultados, financian su propia investigación fundamental. Para apropiarse de los resultados de la investigación académica, incluso cuando están codificados, se ha de *"conocer el código"* (ROSEMBERG, 1990). La investigación fundamental de una empresa hace posible trasladar el conocimiento producido por la investigación académica en términos que sean utilizables por la investigación interna. Su papel es más el de actuar como una interfaz, para potenciar la capacidad de absorción, que el de producir conocimiento original.

### Una relación dependiente del contexto

Además de la dependencia del tiempo que implica el enfoque evolucionista, la relación entre ciencia e innovación depende de hasta otros tres factores contextuales, que podemos reseñar:

- *En primer lugar*, es dependiente de la estrategia de la empresa. El ya citado estudio de Freeman distinguía seis tipos: la estrategia ofensiva de las empresas líderes en tecnología, que realizan los mayores gastos en I+D; la estrategia defensiva de las empresas que se siguen las pautas de los líderes y realizan un menor gasto de I+D, típica de oligopolios; la estrategia imitativa de las empresas que, básicamente, adoptan maquinaria; la estrategia dependiente de las empresas que sólo innovan a raíz de las necesidades de mercado; la estrategia tradicional de las empresas que no innovan y se dirigen a nichos de mercado consolidados; y la estrategia oportunista de las empresas que invierten en I+D y de forma no sistemática.
- *En segundo lugar*, la relación entre ciencia e innovación es dependiente del sector económico. Las diferencias que habían encontrado los estudios econométricos encuentran una sistematización teórica en la taxonomía de Pavitt. El autor distingue las diferentes pautas de innovación de los sectores económicos, que clasifica en tres grandes grupos: sectores dominados por los proveedores, o sectores tradicionales (textiles, madera, papel, impresión), en los que las fuentes principales de tecnología son los proveedores de equipo y materiales, aunque en algunos casos también contribuyan los clientes principales y los servicios exteriores de investigación financiados públicamente; los sectores intensivos en producción, entre los que se distinguen los intensivos en escala (p. ej. alimentos, metalurgia, automóviles), en los que las fuentes principales de tecnología son la ingeniería de producción y los proveedores, y los sectores de proveedores especializados (p. ej. maquinaria e instrumental), que abastecen a los anteriores, en los que las fuentes principales de tecnología son la ingeniería de producción y sus usuarios; y los sectores basados en la ciencia, como la electrónica, la electricidad y la química, en los que las fuentes principales de tecnología son la I+D pública y privada (PAVITT, 1984). *“Aunque todos los sectores son susceptibles de recibir algún influjo de la ciencia, sólo en este último grupo la ciencia adquiere un papel habitual. En estos sectores dependientes de la ciencia, el modelo lineal, y en concreto el del empuje de la ciencia, parece explicar todavía el proceso de innovación”* (VANDENDORPE, 1997)
- *En tercer lugar*, la relación entre ciencia e innovación es dependiente del ámbito geográfico, definido por un marco institucional concreto. Edquist recoge las diferentes aproximaciones al concepto de “instituciones” en dos grandes

grupos, a los que se puede hacer referencia simultáneamente: por un lado, se trata de organizaciones como empresas, gobiernos, universidades y CPI, etc. Por otro lado, se trata de *"cosas que imprimen carácter"* (EDQUIST, 1997) como el marco legal, la cultura, la religión, etc. Por ello se entra en un terreno en el que la economía de la innovación se nutre bebe de los aportes de la sociología de la ciencia.

### **3.1.2.4.- El siglo XXI. Enfoque de la Economía y sociología, las instituciones en la producción del conocimiento**

La economía de la innovación ha comenzado recientemente una fase en la que se ha desplazado el estudio de la producción de conocimiento desde el punto de vista del individuo aislado al del marco más amplio de su interacción con otros agentes económicos y sociales.

Diversos enfoques se han encargado de ello: los sistemas de innovación, las redes tecnoeconómicas, el modo 2 de producción del conocimiento, la triple hélice y la economía como sociedad del conocimiento o el aprendizaje.

#### *Los sistemas de innovación*

Freeman y Lundvall (1988) introdujeron el concepto de *"sistemas nacionales de innovación"*. El primero los define como *"la red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías"* (FREEMAN, 1987). Lo hace casualmente, al tratar cómo en el caso japonés se ha obtenido altas tasas de innovación a partir de un esfuerzo comparativamente moderado de inversión en tecnología, gracias a la rápida circulación de conocimiento promovida por las instituciones.

Lundvall lo define como *"todas las partes y aspectos de la estructura económica y la base institucional que afectan el aprendizaje, así como la búsqueda y la exploración -el sistema de producción, el sistema de mercado y el sistema financiero se presentan en sí mismos como subsistemas en que el aprendizaje tiene lugar."* (LUNDVALL, 1988) Este autor preocupado por dotar de contenido a la definición, introduce un concepto proveniente del paradigma clásico de oferta y demanda, es decir, las fuerzas de mercado, no basta para determinar la tasa y dirección del proceso de innovación.

Haciendo suyo el lenguaje evolucionista, el autor reclama considerar un sistema de referencia adicional al mercado que contemple la variedad emergente de la interacción entre productores y consumidores y el entorno de selección que procura un marco legal e institucional concreto, y propone la noción de *"sistema nacional de innovación"* como referencia. Asimismo, recomienda no considerarlo como un sistema cerrado, ya que *"el grado y la forma específicos de apertura determina la dinámica de cada sistema nacional de innovación"* (LUNDVALL, 1988).

Lundvall y Nelson han contribuido a popularizar el concepto compilando estudios empíricos, descriptivos de las distintas partes que compondrían un

sistema nacional de innovación, en los casos escandinavo y estadounidense, respectivamente. Las dos obras acentúan la idea de que el grado de innovación de un país y, por tanto, su crecimiento potencial, dependen del desarrollo de un sistema equilibrado de producción y distribución de conocimiento. Este tipo de estudios se ha replicado frecuentemente en numerosos países, a menudo a instancias de las administraciones públicas.

Edquist ha proporcionado un soporte adicional al enfoque de sistemas, al vincularlo a los discursos evolucionista e interactivo de la innovación, a los que aporta el papel de las instituciones, y al exponer sus ventajas y limitaciones. Entre las primeras, se cuenta recalcar la centralidad de la innovación y el aprendizaje en la economía, la amplitud y multidisciplinariedad que incluye no sólo factores económicos, la perspectiva histórica, la heterogeneidad de casos y la inexistencia de decisiones óptimas, la interdependencia y la no-linealidad de los procesos de innovación, la co-evolución de innovaciones tecnológicas y organizativas y la centralidad de las instituciones. Entre las desventajas figura la dispersión conceptual derivada de las diferentes definiciones utilizadas por los autores y los límites borrosos de lo que es un sistema, así como que se trata de un marco conceptual, no de una teoría formal.

El reconocimiento de estas limitaciones ha servido para que el enfoque de sistemas se traslade a otras dimensiones: las geográficas, como son los sistemas regionales de innovación y los sectoriales, como los sistemas sectoriales de innovación.

### *Las redes tecnoeconómicas*

Al igual que las citas incluidas en las patentes, las citas de las publicaciones han dado lugar a un amplio número de estudios. Callon las ha utilizado para medir la existencia de interconexiones entre los agentes que ha acabado llamando "*redes socioeconómicas*". Para él, la distinción entre bien público y bien privado no está clara y encuentra más condicionantes de los efectos desbordamiento del conocimiento el hecho de que se genere en redes "locales" o "extensas", en función del número de agentes entre los que circule ese conocimiento.

Además, Callon sugirió que el apoyo público a la investigación académica se puede justificar porque permite que se mantenga un grado necesario de variedad y flexibilidad y no porque la ciencia sea un bien público (CALLON, 1991). El mercado, en cambio, tiende a agotar las fuentes de variedad existentes, lo que conduce a la irreversibilidad y a que la sociedad se encierre en opciones tecnológicas concretas. El gobierno puede romper este ciclo, crear nuevas opciones y contrarrestar estas tendencias del mercado a dejar exhausto el stock existente de ideas y relaciones. A través de la financiación pública, es posible crear nuevos enfoques para dirigirse y resolver problemas técnicos, incrementando la variedad de opciones científicas disponibles para las empresas.

### *El modo 2 de producción del conocimiento*

La combinación de la globalización, la masificación de la investigación y de la enseñanza y la revolución de las TIC ha provocado un cambio en la forma

de producir conocimiento, o lo que Gibbons llama el paso del modo 1 al modo 2 de la producción de conocimiento. Mientras que el primero opera en un contexto unidisciplinar o multidisciplinar, jerárquico, homogéneo y estable, el último lo hace en un contexto transdisciplinar, no jerárquico, heterogéneo y transitorio (GIBBONS, 1994).

El enfoque del modo 2 de producción del conocimiento proporciona consideraciones interesantes sobre la necesidad de apoyo público a la investigación de las universidades, como juzgar que tanto otros centros públicos de investigación como las empresas se vuelven más importantes en el proceso de producción de conocimiento y que, aunque las universidades continúan produciendo capital humano de calidad, ya no gozan de una posición privilegiada en dicho proceso.

En cambio, el enfoque del modo 2 subraya los beneficios sociales derivados de las relaciones entre las universidades y las empresas, que incrementan la relevancia de la investigación científica.

### La triple hélice

Etzkowitz y Leydesdorff consideran que las actividades emprendedoras de las universidades son el reflejo de haber adoptado la meta del desarrollo económico entre sus misiones, ya que esas actividades contribuyen a impulsar la economía regional y nacional y permiten obtener ventajas financieras para los profesores.

Los dos autores presentan un enfoque que capta la producción de conocimiento entre tres actores (universidades, gobierno y empresas), que llaman modelo de la *"triple hélice"*. Su rasgo distintivo es que no concede un protagonismo principal a ninguno de los actores, considerados como hélices de una misma cadena, sino al solapamiento de comunicaciones, redes y organizaciones que se genera entre ellos. Este solapamiento de relaciones da lugar a *"subdinámicas reflexivas de intenciones, estrategias y proyectos que crean valor añadido al reorganizar y armonizar continuamente la infraestructura subyacente"* (ETZKOWITZ, 1996) de forma que se alcanza al menos una aproximación a las metas iniciales.

La capacidad de control de estas sub-dinámicas es relativa, lo que no significa que el gobierno deje de tener un papel, sino que debe intervenir para promover la variedad de oportunidades y sincronizarse con las otras dos hélices, la universidad y las empresas. A su vez, la universidad adquiere tanta importancia como las otras hélices, al depender la innovación también de las relaciones que genere con ellas. Luego los autores recomiendan una "elaboración deliberada" de relaciones entre las universidades y las otras hélices.

Etzkowitz y Leydesdorff comparan su modelo de la triple hélice con otras concepciones sobre la producción de conocimiento. En primer lugar, frente a otros posibles modos de relación entre universidad, empresa y estado, la triple hélice no concede la primacía al estado, como los autores estiman que hiciera el triángulo de Sábato, ni a una política de *laissez faire*. Para ellos, la triple hélice *"genera una infraestructura de conocimiento en términos de esferas institucionales que se solapan, cada una adoptando el papel de la otra y con organizaciones híbridas que emergen en las interfaces"* (ETZKOWITZ et al., 2000) y la identifican con lo que predomina actualmente en la mayoría de

países y regiones. Detallan que tal modelo incluye una explicación de las dinámicas de relaciones en términos de inestabilidad y continua reorganización y armonización en diferentes niveles, como los organizativos, locales, regionales, nacionales y multinacionales, y unidades: como: mercados o sectores.

Los autores sitúan la triple hélice en la línea del pensamiento evolucionista y no lineal de la innovación y consideran que el enfoque de sistemas es una forma de interpretar la triple hélice. Respecto al Modo 2, consideran que no es nuevo sino “el formato original de la ciencia antes de su institucionalización académica en el siglo XIX” y que se transformó en el Modo 1 tras los miedos de una excesiva dependencia de la financiación privada, creciente al final del siglo XIX, el auge de la ideología de Merton y del modelo lineal. El retorno al Modo 2 se debe a las necesidades de una distribución más amplia de los fondos públicos de financiación y a la creciente competencia por ellos. De acuerdo con los autores, la justificación futura de la investigación académica depende de reconocer su contribución al desarrollo empresarial y regional, a los objetivos culturales, militares y sanitarios, a la necesidad de multidisciplinariedad y al papel prevaeciente de las universidades en la producción del conocimiento, debido a la combinación de investigación y enseñanza y a sus mayores ventajas derivadas de la experiencia acumulada.

### *La economía en la sociedad del conocimiento o del aprendizaje*

Al emplear los anteriores términos según distintas combinaciones, todos resaltan que el énfasis sobre el papel del conocimiento en el proceso de innovación y el crecimiento económico ha cobrado incluso más importancia desde la aparición del enfoque de las *“economías basadas en el conocimiento”* y que se basa en *“la idea de que la ventaja competitiva de las empresas depende cada vez más de la intensidad de capital intangible, especialmente conocimiento, al mismo tiempo que las TIC experimentan una difusión espectacular”* (FORAY, 2000). Esto último reduce el coste de experimentación de la investigación, por ejemplo en el diseño de productos, las pruebas y el desarrollo y disminuye la importancia de la distancia, si bien no sustituye completamente el contacto cara a cara.

Para la OCDE, estos cambios aceleran la forma y la rapidez con que se produce, se reconfigura y se disemina el conocimiento. En esa situación las universidades se encuentran bajo una presión constante para adaptar sus sistemas de enseñanza e investigación, ya que deben producir el conocimiento apropiado, capacitar a los estudiantes titulados para afrontar los nuevos requerimientos y enfrentarse a otras fuentes de conocimiento como los centros públicos de investigación y las empresas (OCDE, 2000).

Lundvall explica que en la economía del aprendizaje la aceleración del cambio tecnológico ha llevado a que el acceso al conocimiento resulte menos importante para las empresas y los individuos que su habilidad para adquirir nuevas competencias, dado que se enfrentan a nuevos tipos de problemas. Para las universidades eso significa no sólo intensificar la formación continua, sino vencer el creciente riesgo de que quede obsoleta.

Lundvall explica que la economía del aprendizaje es otro marco para considerar que las mayores demandas a la universidad de investigación

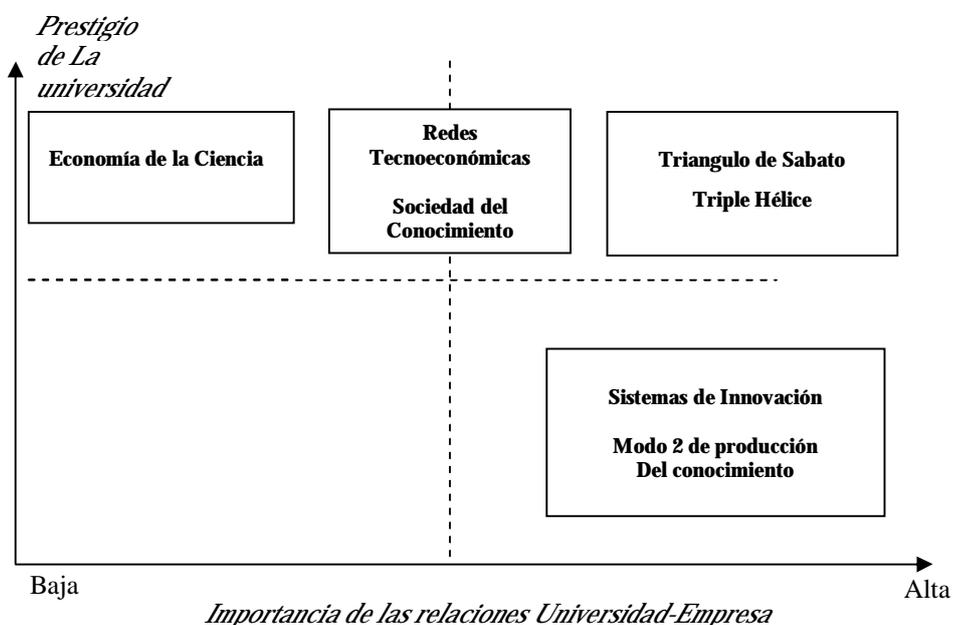
aplicada y desarrollo despiertan tensiones entre rapidez o profundidad, publicar o interactuar y curiosidad u orientación. Desde esta perspectiva, propone una solución basada en la diferenciación académica, pero no entre universidades de elite y el resto, ni entre especialistas en investigación, enseñanza e interacción, sino entre el tiempo de cada individuo dedicado a una cosa u otra. Esta última opción, la preferida, implicaría que los académicos se turnaran sus funciones a lo largo de su vida profesional. Esta práctica, que el autor detecta entre el personal de algunas empresas, estimula la capacidad de adaptación y la obtención de una visión de conjunto. Por otro lado, el autor teme que la economía del aprendizaje acentúe la polarización social, en función de la capacidad de aprendizaje de los individuos (LUNDVALL, 2002).

Así, plantea que el papel de la universidad debe, en primer lugar, asumir una dimensión ética, a través de una enseñanza que redistribuya esa capacidad de aprendizaje, y que lleve a cabo investigación útil socialmente. En segundo lugar, racionalizar la interacción con empresas, considerando que en algunas disciplinas científicas se producen mayores oportunidades para interactuar que en otras, y que sólo parte de las empresas interactúan con parte de las universidades.

Por último, el autor recomienda el recurso a infraestructuras de apoyo a la innovación, como los institutos tecnológicos, como puente entre las universidades y las empresas, como alternativa a la interacción directa, así como el recurso a la movilidad de personal como clave de la interacción.

### Una visión de síntesis

Los modelos reseñados sobre producción del conocimiento admiten una comparación en términos de la importancia que otorgan al papel directo de las universidades en la innovación y a la interacción universidad-empresa para incrementar la anterior.



Azagra propone este esquema, en el que se puede apreciar lo siguiente:

- En el cuadrante inferior derecho, los enfoques de los sistemas de innovación y el modo 2 de producción del conocimiento dan primacía a la empresa, por lo que las universidades, como el resto de agentes, ganan importancia en función de lo que interactúen con las empresas.
- En el cuadrante superior derecho, el enfoque, anterior a los demás, del triángulo de Sábato, y el de la triple hélice dan una importancia alta a la universidad en el desarrollo económico regional y consideran la interacción con la empresa una forma de valorizar y potenciar esa misión.
- El enfoque de las redes tecnoeconómicas considera la universidad central en la formación de redes y el enfoque de la economía/sociedad del conocimiento/del aprendizaje considera la universidad importante para cubrir las nuevas necesidades de la sociedad. Ninguno de los dos se pronuncia sobre la importancia de la interacción con la empresa, si bien el segundo reconoce sus riesgos.

Hasta ahora, todos estos enfoques han dado primacía, dentro del concepto de instituciones, a su dimensión como organizaciones más que a la de las “cosas que imprimen carácter”. Existe un enfoque más, el de la economía de la ciencia, que hace hincapié en esta segunda dirección, considera la ciencia pública y la tecnología privada como instituciones per se y, al hacerlo, reinterpreta la relación entre ambas en términos de su carácter indirecto.

### **3.1.3.- Análisis del papel difusor de las Universidades**

El enfoque de la economía de la ciencia comparte con las consideraciones sobre las instituciones, el ser una teoría apreciativa sobre producción del conocimiento en las sociedades modernas, así como el conceder importancia al papel de las instituciones. Su mayor diferencia, sin embargo, enfatizar el papel de los incentivos de cada institución, lo que le hace aproximarse a sus interacciones en términos más críticos. Las ideas derivadas de esta perspectiva han influido en la revisión de la literatura ortodoxa sobre los beneficios de la investigación académica, por lo tanto una revisión de estas teorías incluiría:

#### *La economía de la ciencia y la institución de la ciencia abierta*

Dasgupta y David han tratado de desarrollar una nueva “economía de la ciencia” incorporando la teoría de los agentes y de los contratos óptimos a los argumentos de Merton. Distinguen que la ciencia tiene dos modos de operar, el de la “ciencia abierta” y el de la “ciencia privada” (DASGUPTA et al., 1994), cada uno con su propia lógica de funcionamiento. El primero incrementa la reserva de conocimiento mientras que el segundo hace circular el conocimiento.

La ciencia abierta se basa en un sistema de recompensas a través de la revisión por los pares. Dicho sistema premia la prioridad de un descubrimiento. Para que su descubridor pueda probar la prioridad, debe revelar su descubrimiento. Cuanto antes lo haga, antes obtendrá la prueba. Para revelarlo, necesitar publicarlo, ello se realiza a través de la validación o el *"escepticismo organizado"*, por parte de sus colegas. Al mismo tiempo, se consigue que el conocimiento se haga alcanzable por una comunidad de científicos más amplia y se convierta así en conocimiento público fiable. De hecho, cuanto más popular devenga más prestigio obtendrá el investigador. Eso proporciona un incentivo para realizar una investigación con mayores efectos desbordamiento.

El análisis de estos autores demuestra que este modo de operar satisface los requerimientos de eficiencia económica en la producción de conocimiento, si bien matizan que la ciencia abierta también puede dar lugar a "carreras de prioridad" en las que no se publique los descubrimientos parciales antes de un gran descubrimiento final para no señalar a otros investigadores el curso de la investigación. Esto significa que puede haber duplicación de esfuerzos y exceso de inversión.

Asimismo, alegan que si para la eficiencia de un sistema conviene la coexistencia de la ciencia abierta y la ciencia privada, también conviene que cada una opere de forma independiente, porque la transferencia de conocimiento de una a otra puede verse perjudicada en caso contrario. Parte de esta ineficiencia al entrar en contacto las dos esferas proviene de la fricción constante entre las instituciones académicas, que desean publicar y asegurar la prioridad, y los inversores privados, que desean retrasar la publicación de los descubrimientos hasta que se pueda emplear mecanismos apropiados, como por ejemplo las patentes, para proteger los beneficios económicos de una innovación.

Según el paradigma de la ciencia abierta, a pesar de los enfoques en contra de la naturaleza de bien público de los resultados de la investigación, ésta todavía ser considerada como útil si se la entiende como portadora de información. La revolución de las TIC posibilita una expansión del componente codificado del conocimiento científico. La información puede circular cada vez más libremente entre los agentes, aun separados por grandes distancias geográficas, con un coste de reproducción cercano a cero. Consecuentemente, la política científica debería promover los sistemas de información a través de nuevos accesos a la información, como las librerías electrónicas.

Siguiendo este esquema de análisis, David y otros investigadores plantean que la contribución directa de la investigación básica a la innovación, a través de productos tangibles, es menos relevante de lo que pueda serlo la contribución indirecta, a través de resultados intangibles, como el aumento del stock de conocimientos fundamentales y la facilitación de la investigación aplicada (DAVID, 2000).

Para estos autores, la investigación básica se constituye como una actividad de muestreo que explora y acota el espacio de búsqueda de las aplicaciones comerciales del conocimiento, abriendo nuevas posibilidades y descartando otras. Así, se incrementa el ingreso marginal de la investigación aplicada y se permite que el sistema científico y el tecnológico actúen como bienes complementarios.

Un ejemplo claro es lo que ocurre en la industria farmacéutica. Sin embargo, David indica que si eso es así, se debe a que cada sistema cuenta con diferentes instituciones participantes. En cambio, cuando se intenta que ambos coexistan dentro de una misma institución, sólo se consigue que se comporten como bienes sustitutivos.

En el caso concreto de las universidades, su compromiso con la investigación comercial provoca conflictos sobre cómo acomodar el sistema de recompensas. Y dichos conflictos hacen que la administración universitaria adquiera una complejidad sujeta a múltiples ineficacias. Por ejemplo, las empresas suelen operar en un contexto multidisciplinar y encuentran problemas para interactuar con las universidades, donde los departamentos suelen operar en un contexto unidisciplinar y a aquéllas les es demasiado difícil que éstos cooperen entre sí. La universidad no es tan flexible como las empresas necesitan.

Los autores argumentan que quizás eso no sea necesariamente malo. El hecho de que la universidad sea una institución que ha sobrevivido tanto tiempo da cuenta de ello. Se sustenta en comunidades autoorganizadas que obedecen ciertas normas de orden y control y producen eficientemente. Resulta difícil esperar introducir presiones externas y que se mantenga esta eficiencia. Las universidades orientan su investigación a largo plazo y es más arriesgada, no pueden anticipar todos los resultados esperados y se acomodan peor a las fechas de entrega y plazos.

La cuestión es, si la universidad es la organización adecuada para transferir y comercializar el conocimiento, no porque esa función no sea compatible con la de crear conocimiento, sino porque esto tiene un cierto coste, que puede resultar excesivo.

### *La revisión de las ideas ortodoxas: los beneficios de la investigación académica*

El hecho de que los trabajos sobre la cuantificación de los beneficios de la investigación básica partan de una concepción lineal del proceso de innovación ha motivado que los autores que comparten las críticas a dicho enfoque hayan dedicado atención a su reinterpretación.

Por ejemplo, Steinmueller acepta que la literatura econométrica ha proporcionado buenas herramientas para aproximarse a comprender el papel de la investigación básica, pero advierte que modelos más complejos de producción del conocimiento, especialmente el de la ciencia abierta, pueden completar los aspectos que quedan fuera del anterior (STEINMUELLER, 1994).

Salter y Martin reconocen igualmente que la economía ha llegado a conclusiones interesantes, pero le reprochan basarse en una concepción simplista de los procesos innovadores y tratar únicamente de justificar la razón tradicional del apoyo público a la investigación básica: que la ciencia es un bien público y la inversión de las empresas en ciencia no alcanzaría el óptimo social.

Revisando exhaustivamente la bibliografía, los autores muestran que hay bastantes otras formas de contribución de la investigación básica a la innovación, por medios indirectos (SALTER et al., 2001):

- El incremento de la reserva de conocimientos útiles, y no sólo del conocimiento codificado, que sería el considerado tradicionalmente, sino también el conocimiento tácito, a través de

intereses comunes, afiliaciones institucionales y vínculos personales, o de la disminución del coste de exploración de las alternativas científicas (en el sentido de la economía de la ciencia).

- La formación de egresados cualificados, que contribuyen a la innovación no necesariamente a través su “transporte” de conocimientos científicos a la empresa sino a través de su capacidad para resolver problemas complejos, realizar investigación y desarrollar ideas.
- La creación de nuevos instrumentos y metodología, que diluyen la frontera entre ciencia y tecnología pública y que eventualmente son adoptados por las empresas a las que se licencia. La OTA cita como ejemplos el difractor de electrones, el escáner microscópico de electrones, el implantador de iones, las fuentes de radiación de sincrotrones, la litografía de fase alterna y las magnetos superconductores (OTA, 1995).
- La formación de redes y el estímulo de la interacción social, que fomentan la innovación a través del aprendizaje y puesta al día de conocimientos científicos por vías informales.
- El incremento de la capacidad de resolución de problemas científicos y tecnológicos, consecuencia de que la investigación básica, guiada por la curiosidad, tiende a aunar elementos de distintas tecnologías que la empresa necesita de forma genérica, y que de hecho valora más que la investigación orientada para empresas.
- La creación de nuevas empresas, derivadas de la investigación básica, de lo que son ejemplos las aglomeraciones empresariales en torno al MIT y la Universidad de Stanford.

La importancia de cada una de estas formas varía según áreas científicas, tecnologías y sectores económicos. Esta heterogeneidad implica que no es posible construir un modelo simple de la naturaleza de los beneficios económicos de los sistemas nacionales de investigación básica y de investigación e innovación para hacer el uso más efectivo de los mismos.

Una mayor racionalidad de la financiación pública de la investigación básica exigiría trascender la justificación tradicional para pasar a reconocer la variada gama de beneficios que dicha investigación reporta, de forma que se asegurara la continuidad de la financiación pública.

Scott y otros investigadores insisten en las limitaciones del modelo lineal y revisan la literatura que, bajo dicho enfoque, cuantifica los rendimientos de la investigación básica, enfatizando las dificultades de medir los recursos, los resultados y otros factores como los desfases de aplicación. También revisan la literatura sobre la interacción universidad-empresa centrándose en tres puntos (SCOTT, 2002).

Los beneficios indirectos de la relación entre ciencia e innovación, añade a la lista de Salter y Martin los dos siguientes:

- La provisión de conocimiento social, o conocimiento sobre los condicionamientos legales e institucionales que determinan en parte el éxito de la innovación, por ejemplo sobre la regulación medioambiental.
- El acceso a facilidades únicas, como laboratorios e instrumentación lista para su uso, de importancia para empresas pequeñas y empresas derivadas de la universidad.

Revisan el más intangible valor estratégico de la ciencia, a través de la mejora de la capacidad y variedad del sistema. Y en tercer lugar, los canales que permiten que surjan todos esos beneficios: la codificación y los artefactos (publicaciones, patentes, prototipos), la cooperación (alianzas estratégicas, intercambio de personal), los contactos (redes e interacción, parques científicos, OTRI) y los contratos (licencias, investigación contratada, consultoría). Esta segunda revisión sigue un enfoque menos intuitivo y más complejo que el lineal, y abunda en la idea de que la investigación contribuye a la economía de formas mucho más variadas de lo que el enfoque lineal predeciría, y que sus beneficios son mayores que los que han sido cuantificados.

Así, la clave no es que los beneficios “estén ahí”, sino cómo organizar los sistemas, conscientes de la multiplicidad de formas, directas e indirectas, en las que la universidad contribuye a *“la generación, el uso, la aplicación y la explotación del conocimiento”* (MOLAS, 2002) fuera del entorno académico proponen una serie de indicadores para medir lo que llaman el “tercer flujo” de la universidad, en adición a la docencia y la investigación. Su punto de partida un marco conceptual que relaciona el stock de la universidad (conocimiento y facilidades físicas) con las actividades de la universidad (docencia, investigación y comunicación), dando lugar a doce “actividades del tercer flujo” que van más allá de las actividades de comercialización (licencia de tecnología, actividades emprendedoras, consultoría, licencia de uso de facilidades, investigación contratada) para incluir las actividades de colaboración, el intercambio de personal, las prácticas de estudiantes, la docencia de postgrado, la adecuación de planes docentes, la creación de redes sociales y la difusión en medios divulgativos y de comunicación de masas. Basan sus indicadores en el asesoramiento del nivel de actividad y no de su impacto, justificándolo porque es difícil identificar la aportación adicional de una actividad en concreto, el momento en que ocurre y aislar el “efecto San Mateo”, el éxito por azar y la influencia de factores fuera del control de la universidad. Asimismo, reconociendo la diversidad de la excelencia de las universidades, recomiendan que ellas mismas establezcan ponderaciones para valorar cada uno de los indicadores.

Por otro lado, Meyer se ha centrado en el análisis de citas en las patentes y critica los estudios tradicionales porque asumen que la conexión entre ciencia y tecnología es directa y unidireccional, es decir, que implícitamente están bajo la concepción del enfoque lineal.

Frente a esto, una revisión de la literatura podría generar un cuestionamiento sobre la fiabilidad de los indicadores de citas en las patentes (MEYER, 2000b):

- Hay muchas estrategias a la hora de patentar y eso influye sobre cómo se escriben las patentes y cómo se seleccionan las citas.
- Los solicitantes eligen las citas estratégicamente, en función de los requisitos legales de describir el estado del arte, la utilidad y la novedad. Por su parte, los examinadores pueden no ser expertos en el campo de cada invención en concreto.
- Las referencias citadas en las patentes son de diferentes tipos y cada uno tiene un grado diferente de vínculo con la patente examinada. Se estima que sólo un 15% de las referencias pertenecen al tipo que indica un vínculo mayor.
- Los estudios de citas se basan en las citas de los examinadores, que son las únicas disponibles en bases de datos informatizadas. Se estima que menos del 10% coinciden con las citas del inventor.
- De entre las citas de referencias que no son de patentes, sólo las de publicaciones científicas reflejan inequívocamente un vínculo entre ciencia y tecnología. Si no se distinguen del resto, el indicador resultante debe interpretarse con cautela.

Azagra, estudió diez casos de patentes, obteniendo información adicional a través de entrevistas con sus inventores, para concluir que, en efecto, las citas en las patentes indican ciertos vínculos entre ciencia y tecnología, pero de manera mucho más difusa que la pretendida, puesto que la ciencia viene a constituirse como un fondo de conocimientos tácitos y generales que influyen de manera indirecta sobre los inventores, y en ningún caso unidireccional, puesto que se da el caso de que primero se patente y a raíz de eso se publique (AZAGRA, 2001).

Frente al uso actual de los datos sobre citas de patentes para justificar las inversiones públicas en investigación básica, Meyer recomienda otras aplicaciones potenciales que podrían ser utilizadas en la planificación de programas y seminarios: seguimiento en el tiempo de la orientación general de los campos científicos, medida de la intensidad de la interacción ciencia-tecnología, detección de los flujos potenciales de conocimiento entre los campos y subcampos científicos, tecnológicos o industriales y entre organismos dentro de un área científica y tecnológica e identificación de los actores clave potenciales, es decir, aquellos que son capaces de desarrollar tanto investigación universitaria como tecnología en un área (MEYER, 2000a).

### **3.1.4.- La interacción Universidad Empresa**

La literatura sobre interacción universidad-empresa se inserta en el marco de la transferencia de tecnología desde el entorno científico público al entorno productivo.

El término *"transferencia de tecnología"* es frecuentemente puesto en entredicho. En primer lugar, la palabra "transferencia" induce pensar en una relación unívoca, cuando a menudo es biunívoca. En segundo lugar, lo que se transfiere en el caso del entorno científico público no es tanto "tecnología" como conocimiento. Meyer-Krahmer y Schmoch proponen el término alternativo

*"intercambio de conocimiento científico"*, al comprobar que éste es el elemento central de la interacción universidad-empresa (MEYER-KRAHMER et al., 1998).

Bozeman propone una metodología para analizar la bibliografía sobre el tema atendiendo a cinco aspectos, según el énfasis sobre un aspecto u otro del fenómeno de transferencia: el agente emisor, los canales empleados, el objeto intercambiado, el agente receptor o el contexto en que tiene lugar. El presente estudio entronca con aquellos que se centran en el agente emisor, y más concretamente en la universidad como agente emisor, si bien la revisión bibliográfica siguiente incluirá también el punto de vista de las empresas como agente receptor (BOZEMAN, 2000).

Una pregunta que nos podemos hacer es: ¿cuáles son los rasgos de la interacción universidad-empresa? Y analizar como es la actitud institucional, la actitud personal, la actitud de las empresas que interactúan y el apoyo público.

El fenómeno de la interacción universidad-empresa está estrechamente ligado con los cambios en la actitud de la institución universitaria y sus integrantes, que ratifican su acuerdo con la dirección por la que les conducen los incentivos reseñados. Así, Zucker y Darby mostraron el papel crítico de los científicos *"estrella"* en el momento y lugar en que aparecieron las primeras empresas de biotecnología, y en cómo esas empresas resultaron exitosas (ZUCKER et al., 1996).

La mayoría de los análisis existentes sobre cambios en la actitud del profesorado universitario se basan en la evidencia que se desprende de encuestas realizadas al efecto, como la del estudio de Lee. En 1994, este autor realiza una encuesta a unos 1000 profesores universitarios de 115 universidades y nueve disciplinas académicas y concluye que los académicos estadounidenses de la década de 1990 están más dispuestos que los de la década de 1980 a relacionarse más estrechamente con las empresas. Una mayoría de los entrevistados apoya la idea de que sus universidades participen activamente en el desarrollo económico local y regional, faciliten la comercialización de la investigación académica y favorezcan el asesoramiento de los universitarios a las empresas privadas. También una mayoría, sin embargo, rechaza apoyar la idea de que sus universidades se impliquen en relaciones comerciales estrechas con la empresa privada por medio de, por ejemplo, la ayuda para la puesta en marcha de negocios o la inversión en acciones (LEE, 1996).

De las varias tendencias de organización y motivación analizadas, dos factores aparecen como centrales para el debate actual sobre transferencia en las universidades estadounidenses: una es la percepción del declive del apoyo federal a la I+D, que amenaza la vitalidad de su empresa investigadora, y la otra es el impacto de una interacción universidad-empresa estrecha, que parece interferir con la libertad académica para perseguir investigación a largo plazo, desinteresada y fundamental. Es decir, el debate está en buscar las fronteras de la interacción universidad-empresa y encontrar el balance entre estas dos preocupaciones contrapuestas.

Etzkowitz detecta cambios similares en la actitud del profesorado y busca las causas de este cambio. Realiza 150 entrevistas semiestructuradas a principios de los 80 en cuatro disciplinas de dos universidades, las repite a mediados de los 80 en una disciplina y seis universidades más y de nuevo a principios de los 90, siempre sobre el caso estadounidense. Detecta que la

relación con las empresas ha pasado de la provisión de capital humano y conocimientos útiles por vías informales a la proporción de recursos más tangibles por vías intensivas y formales. A ello ha contribuido, según el autor, la externalización de la I+D por parte de las empresas, así como el paso de la investigación al desarrollo y la implantación de metas de investigación y prácticas de trabajo empresariales por parte de las universidades, el aumento de la competencia entre ellas para obtener fondos y la búsqueda de fuentes de financiación alternativas, y el acercamiento entre ciencia y tecnología que han procurado los cambios cognitivos en los investigadores (ETZKOWITZ et al., 2000).

Esta última razón de cambio parece especialmente interesante de cara a la cuestión abordada: los científicos más emprendedores en la actualidad observan los resultados de su investigación desde una perspectiva dual: la tradicional, es decir, la de conseguir contribuciones al acervo del conocimiento científico, mediante la publicación de los resultados de su investigación y la actitud empresarial de lograr resultados potencialmente comerciales. Una integración de la perspectiva dual se da en los científicos que fundan sus propias empresas. Ello depende de que sus colegas lo hayan hecho ya y les sirvan como modelo, de que el sistema de fondos públicos no sea suficiente o no esté dispuesto a expandir la capacidad de un laboratorio para atender la demanda que sus productos han creado, que no existan ya empresas para desarrollar y comercializar el producto o de que haya empresas dispuestas a pagar un coste elevado por el producto y así se pueda distribuir entre los académicos a un coste menor.

Etzkowitz detecta como temas controvertidos que algunas empresas ven a las universidades como competidores potenciales, a través de su papel en la creación de nuevas empresas. Y al mismo tiempo, Lee detecta que algunos académicos también preferirían que las universidades retornaran a su papel tradicional de formar a los estudiantes y publicar sus descubrimientos, y que la financiación fuera sólo pública.

Como eso no parece posible, el autor resuelve que el debate ya no está en si la universidad debería perseguir el conocimiento para beneficiarse de él, sino del perfil que deberían tomar las innovaciones de organización para adaptarse a las relaciones con las empresas.

El volumen, mecanismos y efectos de la interacción universidad-empresa varían en función de las disciplinas académicas. De hecho, Nelson mencionó las dificultades para analizar la interacción universidad-empresa a causa de la heterogeneidad de la población de instituciones de enseñanza superior (NELSON et al., 1986). Más tarde, Nelson trató de identificar los principales recursos de la investigación privada desde el punto de vista de 650 responsables de I+D de 130 sectores económicos. Se les solicitó que calificaran en una escala de 1 a 7 la relevancia de varias disciplinas científicas en su sector. Distinguiendo entre la relevancia general de la disciplina científica y la relevancia de la investigación académica en esa disciplina, los resultados fueron que la jerarquía en ambas categorías difiere significativamente. Por ejemplo, 45 sectores calificaron la relevancia de la física con 5 o más puntos, pero sólo 4 le dieron una puntuación alta a la investigación académica en física. Del mismo modo, química fue considerada importante para 75 sectores, mientras que sólo 19 sectores consideraban la investigación académica en química así de importante (NELSON et al., 1988).

Por su parte, Meyer-Krahmer y Schmoch hacen una encuesta en 1995 en cuatro áreas tecnológicas (biotecnología, tecnologías de la producción, microelectrónica y software) a profesores de varias universidades alemanas, ampliada en 1997 con una encuesta en el área de química. Las cinco áreas son representativas de un nivel elevado de relación universidad-empresa en Alemania. Los autores obtienen 433 respuestas válidas. De ellas deducen que si bien las áreas de orientación más aplicada y menos basadas en la ciencia (tecnologías de la producción) gozan de una mayor financiación empresarial por medio de contratos, las áreas de orientación más básica y más basadas en la ciencia (las otras cuatro consideradas) se relacionan por medio de otros mecanismos, como la investigación en colaboración y los contactos informales (MEYER-KRAHMER et al., 1998). También que, junto a la adquisición de financiación adicional para investigar, se valora como una ventaja de la relación universidad-empresa el intercambio de conocimientos.

Todo esto lleva a concluir que el concepto del *"puente de una sola vía"* desde la investigación pública hasta la investigación industrial, que responde a una concepción lineal del proceso de innovación, no es válido, a pesar de que está todavía extendido. Por el contrario, reivindican el empleo de un enfoque de un *"puente de doble vía"* que tenga en cuenta que el elemento central de las relaciones entre universidades y empresas es el intercambio de conocimientos en ambas direcciones.

El único estudio que se conoce, y que pretende ofrecer una explicación cuantitativa de la relación entre interacción universidad-empresa y sus posibles determinantes es el de Schartinger. El autor realiza una encuesta a todos los departamentos universitarios austriacos para que sus directores contesten cuál es el número de "interacciones" que han llevado a cabo durante el período 1995-1998, entendiendo como tales el número de veces que han recurrido a los siguientes instrumentos de interacción: investigación colaborativa, investigación contratada, movilidad de personal y formación y seminarios. Agrupa los departamentos en 46 disciplinas científicas y se pide que se distinga el número de interacciones con cada una de las 49 ramas de actividad económica propuestas, confeccionando así un panel de 2254 observaciones. Divide el número de interacciones de una disciplina científica con una rama de actividad por el número total de interacciones y construyen así una medida de frecuencia relativa de interacción, acotada entre 0 y 1. Hace una estimación tobit de esta medida en función de una serie de posibles determinantes, entre los que encuentran significativas y positivas ciertas medidas del "tamaño" de la disciplina científica y de la rama de actividad. No encuentra significativas las características estructurales de la disciplina científica (excepto la experiencia en contratos de investigación) ni de la rama de actividad (excepto la intensidad de investigación y la dinámica de empleo). Encuentra una mayor propensión a interactuar en algunas disciplinas científicas como son: ciencias naturales, técnicas, agropecuarias y económicas, pero no en determinadas ramas de actividad. Concluye que la interacción no está restringida a disciplinas científicas ni a ramas de actividad concretas, que tampoco está condicionada por la orientación aplicada de las disciplinas científicas ni por los recursos de las ramas de actividad, y que hay que tener en cuenta la variedad de instrumentos empleados para interactuar, especialmente a la hora de evaluar la actuación de la universidad (SCHARTINGER, 2002).

### **3.1.4.1.- La interacción Universidad Empresa. Los debates normativos**

Un resumen de las numerosas cuestiones normativas sobre la Interacción Universidad Empresa (IUE) abarcaría tres grandes grupos: cuáles deberían ser sus objetivos, cuáles son sus repercusiones sobre la calidad de la ciencia y qué repercusión efectiva tienen sobre ella los esfuerzos por promocionarla.

#### ¿Cuáles deberían ser los objetivos de la interacción universidad-empresa?

El intento más sistemático por estudiar los objetivos de la IUE fue el ya referido de Lee. Una de las preguntas de su encuesta trataba del apoyo que los académicos estadounidenses concedían a siete objetivos atribuidos a la IUE (LEE, 1996):

- favorecer en la universidad la investigación orientada.
- promocionar las invenciones patentables.
- participar en el desarrollo económico de la región.
- intensificar la comercialización de los resultados de la investigación académica.
- incentivar las actividades de consultoría de la universidad para la empresa.
- ofrecer ayuda para el despegue de nuevas empresas de base tecnológica.
- estimular la inversión de capital en las empresas basadas en la investigación académica.

Los resultados mostraban que una mayoría de los entrevistados apoyaba los cinco primeros objetivos enumerados y que también una mayoría, sin embargo, rechazaba apoyar los dos últimos objetivos. El autor lo atribuía a que aquéllos representaban una forma pragmática de adaptarse a las nuevas tendencias de transmisión del conocimiento, mientras que la ayuda para la puesta en marcha de negocios o la inversión en acciones de capital implican relaciones comerciales demasiado estrechas con la empresa privada, que entre otras cosas, incrementan el tiempo dedicado a gestión y disminuyen el dedicado a investigación básica.

El autor exploró la distribución del apoyo a estos objetivos según diversas variables, recurriendo a tests de Pearson para justificar la significatividad de las diferencias: el tipo de universidad, según el prestigio, que encontraba inversamente relacionado con el apoyo, y el régimen de propiedad (público o privado), que no encontraba relacionado con el apoyo; la disciplina académica, encontrando que las ciencias de ingeniería o “aplicadas” mostraban un mayor apoyo; el gasto en I+D, que en conjunto encontraba relacionado positiva y débilmente con el apoyo, si bien al distinguir las partes correspondientes a subvenciones públicas y a financiación empresarial la primera resultaba más fuertemente relacionada y la segunda nada relacionada;

el soporte institucional percibido, que estaba positivamente relacionado con el apoyo a los objetivos de la IUE; y los miedos relacionados a cuatro efectos que las IUE podían provocar sobre la vida académica:

- afectar la vida académica.
- exigir investigación a corto plazo.
- afectar la investigación a largo plazo y causar conflicto de intereses.

Aunque no la llega a formalizar, Lee establecía una relación causal entre las anteriores variables y los objetivos atribuidos a la interacción universidad-empresa. En concreto, llegó a hacer una estimación econométrica para explicar los objetivos de favorecer la investigación orientada y la comercialización de los resultados de la investigación académica y extendió las conclusiones al resto de objetivos de la interacción. Dichas conclusiones venían a confirmar la mayor propensión a apoyar la IUE de las ciencias aplicadas, la no significatividad del volumen de gasto de I+D, el impacto positivo, significativo, del soporte institucional y negativo, significativo, del miedo al único efecto incluido en la regresión, la posible pérdida de libertad académica (LEE, 1996). El autor hacía especial hincapié en este último resultado, al recomendar, en primer lugar, la reversión del declive del apoyo federal a la investigación básica en EEUU, que acrecienta el miedo a la IUE y por tanto disminuye su apoyo, y, en segundo lugar, la necesidad de una mejor comprensión de la justificación de ese miedo.

### ¿Reduce la interacción universidad-empresa la calidad de la ciencia?

Una división clásica de la I+D es la que, en función de su naturaleza, distingue entre investigación básica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Las dos primeras se caracterizan por la creación de nuevos conocimientos, motivada por la curiosidad en el primer caso y por la resolución de problemas concretos en el segundo. La tercera se caracteriza por la aplicación de conocimientos ya existentes.

Mientras que en las empresas, que necesitan un uso del conocimiento menos incierto y que permita más fácilmente “aprender haciendo”, predomina el desarrollo (PATEL, 1995), en las universidades, como instituciones productoras de conocimiento, predomina la investigación. Durante el período de promoción de la IUE, los gestores de política entienden que la investigación aplicada puede servir de puente entre los dos mundos y se premia que ésta, e incluso el desarrollo tecnológico, sustituyan a la investigación básica dentro de la universidad.

El fenómeno, junto al paralelo crecimiento de la financiación empresarial de la I+D académica, plantea dudas sobre la repercusión que los cambios organizativos y culturales aparejados tienen sobre la calidad de la ciencia, por lo que ha recibido tanto aprobación como crítica por parte de los diversos análisis de sus consecuencias.

Algunos trabajos que tenían este sentido aprobatorio son:

- Giamatti muestra una visión optimista sobre la habilidad de los académicos para equilibrar las demandas de la ciencia y de la contribución al desarrollo: *"Deberíamos negociar acuerdos apropiados, a los que se llegue libremente, que puedan llevar adelante nuestra misión. El reto constante para la universidad es conocer en términos claros y con principios cómo cuidar el aprendizaje y su búsqueda como un fin en sí mismo; y cómo ayudar a conducir los resultados de la investigación libre al resto de la sociedad para el bien del público"*(GIAMATTI, 1982).
- Crow y Bozeman proponen una ruptura con la concepción tradicional de que los laboratorios públicos realizan investigación fundamental y los laboratorios privados investigación aplicada. A partir de un estudio de 32 laboratorios, muestran que la naturaleza de los productos de la investigación (productos genéricos con las características de un bien público o productos apropiables concebidos para el uso privado) depende más del modo de financiar la investigación que de su adscripción institucional. Algunos laboratorios públicos funcionan con fondos privados y por tanto centran su investigación en productos mayormente apropiables, mientras que algunos laboratorios privados dependen de los fondos públicos para su supervivencia (CROWN, 1987).
- Allen y Norling llevaron a cabo una encuesta a cerca de unos 400 profesores de enseñanza superior en Pennsylvania, la mayoría con cargos en programas de ciencia y tecnología. Su estudio trata de determinar si la implicación con las empresas por medio de la consultoría, la investigación financiada privadamente y la puesta en marcha de empresas o alguna combinación de estas tres actividades afectaría las prioridades institucionales, la enseñanza y otras actividades académicas, y daría incentivos para dejar la universidad. Aunque sus resultados no incluían un análisis estadístico de sus datos, su estudio arrojaba algo de luz sobre estas cuestiones y demostraba la posibilidad de llevar a cabo investigación sobre esta materia. Primero, los profesores *"supercomerciales"*, involucrados en actividades de consultoría y puesta en marcha de empresas parecían dedicar tanto tiempo como otros profesores al resto de actividades académicas. Segundo, la mayoría de los profesores envueltos en actividades comerciales consideraban de la misma importancia que otros profesores metas tradicionales como publicar, generar conocimiento puro, etc. Finalmente, cuanto más implicados estaban los profesores en actividades comerciales, más propensos eran a declarar que el potencial comercial de su investigación podía motivarles a dejar la academia. Por lo tanto, aunque limitado en alcance y metodología, este estudio sugería que los profesores que colaboraban más activamente con las empresas continuaban estando comprometidos con las actividades y metas académicas tradicionales (ALLEN et al., 1990).
- Schumacher apunta una serie de factores, como el reducido volumen de fondos proporcionados por las empresas, el poder del

imperativo de publicar, la heterogeneidad de las fuentes de financiación, la similitud de las metas de las empresas a las de las instituciones gubernamentales con misiones específicas o de defensa, más los esfuerzos de las universidades para asumir distintas presiones, mitigan las consecuencias imprevistas de la interacción con empresas (SCHUMACHER, 1992).

- Brooks recomienda trascender las etiquetas de investigación básica y aplicada y tratar de comprender si la influencia es interna o externa, centralizada o descentralizada. El mismo autor (BROOKS, 1994) subraya los beneficios sociales que reporta la interacción universidad-empresa al incrementar la relevancia económica de la producción de conocimiento científico (BROOKS, 1993).

Entre las posturas reprobatorias del desplazamiento de la investigación básica hacia la aplicada y el desarrollo tecnológico, y de los cambios aparejados, se cuentan análisis como los siguientes:

- Blumenthal y otros investigadores señalan posibles conflictos de interés en la interacción, como la exigencia por parte de las empresas de confidencialidad sobre los resultados de la investigación. Los autores encuentran que los conflictos se producen especialmente en el caso de la interacción con empresas pequeñas (BLUMENTHAL, 1986).
- Kenny expone la controversia sobre la ciencia al servicio de la competitividad y más específicamente del control de la investigación académica por las empresas en el campo de la biotecnología. Más adelante expresa su preocupación por impacto de la investigación cooperativa en la estructura de valores de la universidad, que incluye la universalidad, el comunismo (hacer el conocimiento disponible libremente para todos), la búsqueda desinteresada y el escepticismo organizado (KENNY, 1987). También se preocupa sobre una disminución potencial del volumen de investigación básica y de la posibilidad de que los científicos sean atraídos fuera del mundo académico. Todo ello puede socavar el proceso de innovación.
- El estudio de Gluck proveyó evidencia de que algunos estudiantes con apoyo directo de las empresas (por ejemplo mediante becas, salarios o fondos para su investigación) producían menos publicaciones, eran más proclives a mostrar reticencias para discutir su trabajo y a creer que su sponsor privado imponía restricciones sobre ellos (GLUCK, 1987).
- En su estudio sobre el caso estadounidense, Rosenberg y Nelson llegan a la conclusión de que a pesar de la efectiva hibridación de cierta investigación, es necesario respetar la división de trabajo entre la universidad y las empresas.
- Cohen et al. (1994) muestran que aproximadamente un 35 por ciento de los centros mixtos entre universidades y empresas concede a las empresas la opción de suprimir información de los

informes científicos y un 50 por ciento les concede el derecho de retrasar la publicación de los resultados.

- Blumenthal y otros destacan lo complicadas que son las relaciones entre la fuente de financiación y el tipo de resultados. Basándose en una encuesta de una muestra de 2167 profesores de ciencias naturales, descubren que, en general, aquéllos que reciben más fondos de la empresa dan lugar a más publicaciones, más participación en actividades de servicios y una tendencia mayor a publicar. Sin embargo, un análisis más detallado indica que a los profesores que reciben por encima de dos tercios de sus fondos de la empresa les ocurre lo contrario, y que el resultado general se debe a los profesores con apoyo bajo o moderado de la empresa. De todas formas, los profesores con un apoyo alto de la empresa aún generan tantos resultados como los que no cuentan con apoyo de la empresa. Los autores también encuentran que los profesores que reciben apoyo de la empresa tienden a elegir sus temas de investigación de acuerdo con su potencial comercial (BLUMENTHAL, 1986).
- Más adelante, Blumenthal y otros, a partir de la misma muestra, encuentran que el retraso de las publicaciones más de seis meses depende significativamente de recibir fondos de la empresa y de estar involucrado en actividades de comercialización. El negarse a ofrecer a otros investigadores resultados o materiales de investigación también depende de estar involucrado en actividades de comercialización y, además, de realizar investigación en genética y, curiosamente, contar con tasas de publicación mayores (BLUMENTHAL, 1997). No se ofrece una explicación clara para esto último, sino que se insiste en la complejidad de los vínculos entre financiación y resultados.
- Campbell muestra que los profesores que están más involucrados en actividades de colaboración son más propensos a apoyar prácticas que pueden generar conflictos, como la licencia exclusiva de tecnología (CAMPBELL, 1997).
- Feller sugiere que la reducción del volumen de investigación básica y el secretismo resultante de la creciente cooperación pueden dañar el proceso de innovación (FELLER, 1997).
- Geuna ha detectado que en Europa se ha producido, imprevistamente, una polarización de universidades entre aquéllas que conservan su prestigio histórico, atraen subvenciones y también un volumen absoluto de financiación empresarial considerable y otras más jóvenes, nacidas en la ola de la IUE, que no cuentan con tantos recursos públicos, dependen de la financiación empresarial en un porcentaje mayor que las anteriores y no pueden realizar investigación de prestigio (GEUMA, 1999).
- En un caso de estudio, el de la Universidad Louis Pasteur (Estrasburgo, Francia), Geuna traslada esta idea de la polarización al nivel de los laboratorios. Centrados en la disciplina de química, encuentran que algunos laboratorios (18 de 55) han establecido

relaciones duraderas con las empresas. Estos laboratorios tienen la mayoría de contratos y dichos contratos suelen estar orientados a más corto plazo, ser del mismo presupuesto y contar con una mayor proporción de becas y servicios que en el caso de los laboratorios con relaciones no persistentes (GEUNA, 2001).

- David enfatiza los riesgos y costes de la interacción en términos de modificaciones inoportunas de las agendas de investigación. Un ejemplo de la preocupación política internacional por algunos de estos riesgos es que la OCDE (2000) constata los cambios experimentados por las universidades en los últimos años (disminución y orientación más comercial de la investigación financiada públicamente, aumento de la investigación financiada por empresas, etc.) y recomienda y advierte la necesidad de mantener un cierto nivel de investigación básica a largo plazo y encontrar un equilibrio entre la enseñanza, la investigación y la transferencia de conocimiento (DAVID, 2000).

Sin embargo, una idea reciente ha ganado peso en la literatura, y parece llevar el debate en otra dirección: se trata de negar que la IUE dependa de la investigación aplicada, y sí de la investigación básica. Los siguientes estudios que van en este sentido, son:

- Koumpis y Pavitt cuentan la historia de la aparición y difusión de las tecnologías de reconocimiento de voz y proceso de lenguaje natural. Estudian datos de patentes, publicaciones científicas y una encuesta por Internet sobre estas tecnologías. Entre otros resultados, encuentran que el número de patentes ha crecido de forma espectacular, precedido de un crecimiento previo de las publicaciones científicas, lo que les lleva a clasificar estas tecnologías como basadas en la ciencia. Además, muchas de las empresas que las han difundido han sido derivadas de las universidades (KOUMPIS, 1999). Los autores recuerdan que ese fue también el caso de la biotecnología. Así, llegan, entre otras, a las dos reflexiones siguientes:
  - La emergencia de pequeñas empresas especializadas en tecnologías de reconocimiento de voz y proceso de lenguaje natural en EE.UU. ha dependido fuertemente de la fortaleza de universidades y CPI en las ciencias de base, más que en la presencia de empresas grandes en la misma región. El papel de la financiación pública inicial fue muy influyente sobre el desarrollo y la difusión de esas ciencias. El liderazgo mundial por parte de las empresas estadounidenses en las tecnologías citadas puede deberse, pues, al todavía mayor liderazgo de sus universidades en las ciencias de base. De ese modo, los autores insinúan que las políticas nacionales y europeas para emular la capacidad empresarial de la ciencia (basada en promocionar el capital-riesgo, los parques científicos y los llamados "*cambios culturales*") pueden estar perdiendo de vista que lo

fundamental es mejorar la calidad de la ciencia europea, especialmente en campos emergentes.

- La explicación intuitiva de la importancia de la ciencia pública y las empresas derivadas de la universidad es que, a medida que la producción de conocimiento sustituye a la producción material como motor de la innovación, la universidad contribuye a ella de forma más directa, a través del conocimiento.

Pero, según los autores, esa no es la clave, ya que la universidad siempre ha contribuido a la innovación radical en forma indirecta, a través de la investigación y el entendimiento de fondo. Lo que verdaderamente ha cambiado es que los avances recientes tanto en biología molecular como en tecnologías de la información han reducido los costes de búsqueda y experimentación de problemas técnicos específicos y sus soluciones, y han facilitado consecuentemente que las universidades contribuyan en algunas áreas tanto mediante el desarrollo como mediante la investigación.

- Mahdi y Pavitt llegan a conclusiones similares en el caso de la química computacional, que también califican como tecnología de base científica (MAHDI, 1997).
- Hicks y otros analizan casi 7000 artículos fechados entre 1993 y 1995 citados por las patentes y los comparan con el nivel de citas dentro de la comunidad científica. Encuentran una correlación entre los artículos citados por otros artículos y por las patentes, lo que les permite concluir que la investigación pública de calidad alta tiende a producir una base de conocimiento aplicado a la tecnología. Adicionalmente, encuentran que la tecnología viene basándose cada vez más en la ciencia.
- Behrens y Gray apuntan a examinar “si la fuente y tipo de la financiación de la investigación de estudiantes graduados está relacionada con diferencias en las experiencias y resultado de la investigación”. Llevaron a cabo una encuesta en 1988 y 1989 a 482 estudiantes graduados en los departamentos de ingeniería química y eléctrica de 6 universidades punteras de EE.UU. que participaron en un programa público de investigación determinado. Encontraron una tasa de apoyo empresarial alta (la mitad de los estudiantes trabajaba en proyectos financiados por empresas, tres de cada cuatro supervisores recibían fondos privados) y que ello podía implicar diferencias menores con los proyectos públicos en términos de involucrarse en la investigación (por ejemplo, ser supervisados por catedráticos y profesores titulares o por académicos jóvenes y gente de la empresa). Sin embargo, destacaban las similitudes en términos de resultados y clima de libertad percibido (por ejemplo, a la hora de realizar investigación de calidad). Más diferencias surgen entre estar financiado por una fuente externa (tanto por el gobierno como por las empresas) y no estarlo (BEHRENS, 2001). Esto último va asociado a investigación más a corto plazo y menos productiva). Los autores no encuentran,

por lo tanto, apoyo al miedo de que la interacción pueda condicionar la libertad.

- Carayol ofrece una investigación empírica que resalta la diversidad de tipos de interacción universidad-empresa y proporciona ciertas explicaciones sobre sus causas. Construye una tipología a partir de datos recogidos en varios países y encuentra cinco tipos coherentes de interacción universidad-empresa. Subraya la importancia de la compatibilidad de agendas de investigación, propone fundamentos microeconómicos de los procesos de emparejamiento y comprueba que dos formas polares de colaboración pueden ocurrir con más probabilidad (CARAYOL, 2001). Extrapola estas dos formas exponiendo dos modelos de interacción que exhiben, tanto el uno como el otro, mejores prácticas específicas y resultados valiosos socialmente.

Básicamente, estas ideas están defendiendo que existe una relación de complementariedad entre ciencia pública y ciencia privada de calidad. A escala macroeconómica, tal hipótesis ha sido comprobada en un cuerpo extenso de la literatura, del que dan cuenta David, que además señalan lo aparentemente contradictorio de muchos resultados. David y Hall proponen un modelo teórico que explica que a corto plazo puedan producirse efectos de sustitución y a largo plazo efectos de complementariedad, lo que justificaría la evidencia dispar.

*¿Consigue la promoción de la interacción universidad-empresa estimularla efectivamente?*

Otra de las cuestiones que se plantea en torno al debate de la IUE es si el estímulo a la transferencia de resultados tangibles desde la universidad a la empresa es, de hecho, efectivo, porque conlleva la formalización de las relaciones, quizás sobrevalore la calidad comercial de los resultados tangibles y no comprenda con precisión los requerimientos científicos de las empresas.

Faulkner y Senker han mostrado cómo el marcado énfasis sobre los proyectos formales no implica que las colaboraciones informales no sean importantes, y que aquéllos sólo representen la punta del iceberg. Más que ver las interacciones formales e informales como sustitutos, se debe entender que los proyectos formales suelen ser precedidos o iniciados por relaciones informales. Para ellos, la relación entre universidades y empresas está mediada a través de contactos formales e informales en forma de consultoría, financiación e intercambio de ideas, instrumentos y prácticas y resultados de investigación (FAULKNER et al., 1995).

En este sentido, Rappert y otros, a través de entrevistas a una serie de empresas derivadas de las universidades en sectores de tecnología punta, encuentran que éstas opinan que las universidades carecen de habilidades empresariales, que organizan su trabajo de forma difícil de gestionar y que no están interesadas en desarrollar tecnología o en evaluarla con propiedad. Aun así las empresas aprecian que se producen cambios en las universidades y que éstas adoptan una orientación más contractual y comercial. Los vínculos informales no parecen salir afectados de ello porque las empresas que antes los mantenían siguen manteniéndolos, aunque a veces aprecien que los

universitarios negocian en términos de mercado que no dominan, porque *"el deseo de ser comercial no hace automáticamente comercial"* (RAPPERT, 1999). Los vínculos formales sí que resultan afectados porque las empresas advierten que los universitarios sobrestiman su propiedad industrial y que los acuerdos contractuales en esa materia pueden ser muy difíciles.

Respecto al último punto, de una encuesta a 2300 empresas alemanas, Beise y Stahl extraen que las universidades son citadas por las empresas con innovaciones apoyadas públicamente como la fuente más importante, por delante de otras instituciones de contenido más aplicado o tecnológico, por lo que distinguen entre una orientación aplicada de la investigación y una transferencia de conocimiento exitosa. Lo atribuyen a que, frente a la concepción habitual, las empresas demandan de las universidades conocimientos generales y una puesta al día sobre el estado del arte más que resultados tangibles.

En este sentido, como observa Pavitt, no está claro que la presión política por la aplicación tenga de hecho repercusión en las empresas. El autor se pregunta por qué los directivos, por ejemplo, esperarían de las instituciones de investigación básica que fueran activas en perseguir las mismas metas de investigación en las que de todos modos trabajan sus empleados de I+D (PAVITT, 2000).

Meyer-Krahmer y Schmoch proponen un marco teórico sobre la interacción universidad-empresa en términos de que la interacción puede permitir la evolución hacia nuevos paradigmas tecnológicos, pero también puede provocar el estancamiento en los viejos paradigmas, de forma irreversible, debido a la *"dependencia de la senda"* (MEYER-KRAHMER et al., 1998). En Alemania, por ejemplo, intuyen que así como la interacción en las áreas de base científica está abierta a la adopción de nuevas tecnologías, en tecnologías de la producción, una industria representativa de la industria de ingeniería mecánica en general, donde existen relaciones tradicionales, ocurre lo contrario y la integración de nuevas tecnologías es insuficiente.

### **3.1.5.- Las patentes universitarias**

Dos tipos de debate han tenido lugar a raíz del auge de la solicitud de patentes por parte de las universidades: el primero, enfocado hacia cuestiones normativas, sobre la conveniencia de esta tendencia; y el segundo, centrado en cuestiones positivas sobre la forma en que tiene lugar la generación de las patentes universitarias.

#### **3.1.5.1.- Las patentes universitarias: Los debates normativos**

Las opiniones sobre las patentes universitarias reflejan las existentes sobre las implicaciones de la creciente interacción universidad-empresa. Por lo tanto, dos preguntas principales dominan el discurso normativo. En primer lugar, considerando las patentes universitarias como un indicador de resultados de la investigación académica, si el énfasis por patentar tiene alguna consecuencia sobre la calidad de dicha investigación y sus resultados. En segundo lugar, considerando las patentes universitarias como un indicador de

recursos de la interacción universidad-empresa, si aquel mismo énfasis fomenta de hecho la interacción con la empresa.

*Las patentes universitarias como indicador de resultados: ¿proviene de la ciencia menos útil?*

Con respecto a la cuestión de si la generación de patentes universitarias afecta al tipo de investigación académica, por ejemplo, una serie de entrevistas con profesores universitarios condujeron a Etzkowitz a afirmar que las patentes universitarias son un resultado natural puesto que la *"investigación de los científicos emprendedores está habitualmente en las fronteras de la ciencia y conduce al avance teórico y metodológico, así como a la invención de artilugios"*. En el mismo sentido, para Etzkowitz y Leydesdorff, la aceptación de dualismos tales como patentes o publicaciones y metas de investigación básica o aplicada son expresiones obsoletas y superficiales de una teoría del conocimiento basada en una dicotomía subyacente que sitúa el avance científico, es decir, el desarrollo de la teoría, como algo opuesto al avance tecnológico (ETZKOWITZ et al., 2000).

En un número al parecer creciente de disciplinas científicas, este dualismo ya no es una imagen válida de lo que sucede.

Una perspectiva menos optimista es sostenida por otros autores. Sin llegar a introducir una metodología analítica, Pavitt hace notar que las patentes universitarias representan una proporción muy pequeña del total de patentes (entre el 3 y el 5%, según países), mucho menor que la correspondiente a su contribución al gasto de I+D total (del 17% en la OCDE). Asimismo, se vale de una revisión de encuestas a empresarios en las que éstos valoran más la contribución indirecta de las universidades a la tecnología empresarial que su contribución directa, como productoras de tecnología, para afirmar que las patentes universitarias ofrecen una visión muy restringida de la utilidad de la investigación académica. Así, concluye que no representan una aportación económica significativa y que apenas están siendo rentables para las propias universidades (PAVIT, 1998). Asimismo, incide en que proceden de un tipo de investigación aplicada cuya contribución a la innovación no genera efectos desbordamiento de tanto alcance como otras actividades académicas, como la investigación fundamental, y además desvía recursos que podrían ir destinados a éstas.

Con respecto a efectos sobre los resultados de la investigación universitaria, Henderson y otros, se plantean que la medida en que el crecimiento de las patentes universitarias se puede interpretar como un aumento de la contribución de las universidades al desarrollo de tecnologías comerciales depende del grado en que sea representativo de invenciones más útiles comercialmente y no de invenciones marginales. Para estudiarlo, escogen cuatro series temporales de EE.UU.: todas las patentes universitarias, una muestra aleatoria de un 1% del total de patentes, todas las patentes que citan la primera serie y todas las patentes que citan la segunda. Proponen dos medidas basadas en las citas de patentes (HENDERSON et al., 1998), una de importancia y otra de generalidad:

$$\text{importancia}_i = N^\circ \text{ citas}_i + \lambda \sum_{j=1}^{N^\circ \text{ citas}_i} N^\circ \text{ citas}_{i+j} \text{ con } 0 < \lambda < 1$$
$$\text{generalidad}_i = 1 - \sum_{k=1}^{N_i} \left( \frac{N^\circ \text{ citas}_{ik}}{N^\circ \text{ citas}_i} \right)^2$$

La primera identidad expresa la importancia de una patente como la suma de las citas recibidas en el año actual más la sumatoria de las citas de “segunda generación” en años posteriores, aplicando un factor de descuento arbitrario. La segunda identidad asume que las patentes procedentes de la investigación básica serán citadas en un espectro más amplio de clases tecnológicas. Así,  $k$  es el índice de dichas clases y  $N_i$  el número de clases a las que pertenecen las patentes citantes. Como 0 generalidad 1, a mayores valores de la medida, menor concentración y más generalidad de la patente.

Se demuestra que, en promedio, las patentes universitarias son más importantes y más generales que la patente típica, pero que esa diferencia ha disminuido con el tiempo, de tal modo que a finales de la década de 1980 la diferencia deja de ser significativa. Se sugiere que el aumento observado refleja un incremento en la “propensión a patentar” y posiblemente un incremento asociado de la tasa de transferencia de conocimientos al sector privado, más que un aumento en la producción de invenciones “importantes”.

Se podría proponer dos explicaciones:

- La proporción creciente de patentes universitarias provenientes de instituciones pequeñas, que siempre han producido patentes menos citadas.
- Una caída general de la calidad media que incluye incluso a las mejores instituciones: los datos muestran que las patentes “ganadoras” crecieron más que el total hasta los 80 y desde 1981 no crecieron; y que las patentes “perdedoras” apenas crecieron hasta los 80 pero desde 1981 crecen vertiginosamente, de modo que en 1987 casi la mitad de las patentes universitarias no reciben citas.

Los autores concluyen que los cambios legislativos y el incremento de la financiación empresarial producen incentivos en dos direcciones: por un lado, orientar la investigación hacia la obtención de invenciones comercialmente importantes; por otro, patentar y licenciar toda invención. El segundo objetivo se ha conseguido: el número de patentes ha aumentado, algunas de ellas se licencian y generan beneficios para la universidad, las empresas y la sociedad. Pero el primer objetivo, no: las patentes universitarias obtienen pocas citas, por lo que o las universidades no orientaron la investigación hacia áreas de invenciones comerciales o lo hicieron sin éxito. No está claro que conseguirlo fuera socialmente deseable. Los beneficios económicos de la investigación universitaria proceden de invenciones en el sector privado derivadas de la base científica y tecnológica desarrollada por la investigación universitaria.

La comercialización de las invenciones es sólo un producto secundario de la investigación académica. La política de ciencia y tecnología puede intentar que esas invenciones que no aparecen sean transferidas al sector

privado, pero no pueden esperar incrementar la tasa de generación de invenciones comerciales.

Mowery y Ziedonis utilizan la misma muestra de los anteriores autores y atribuyen la caída de importancia de las patentes universitarias a las universidades que comenzaron a patentar después del estímulo legal que supuso el Acta Bayh-Dole (MOWERY, 2002). Es decir, aquéllas activas en actividades de patentes antes del Acta continuaron patentando invenciones tan importantes como antes, mientras que las nuevas universidades partícipes hicieron que cayera su importancia en conjunto.

*Las patentes universitarias como indicador de recursos: ¿estimulan efectivamente la interacción universidad-empresa?*

Sobre esta pregunta, hay dos dimensiones que permiten considerar las patentes universitarias como un recurso para la obtención de resultados concretos: contratos de licencias y contratos de I+D, ambos empleados como medidas de interacción universidad-empresa.

La primera conexión, la existente entre las patentes universitarias y los contratos para su licencia a la empresa, se ha estudiado extensamente. La justificación tradicional para las patentes universitarias es que ofrecen protección a las empresas y visibilidad a las universidades, y esta fue la lógica subyacente bajo la aprobación del Acta Bayh-Dole en EE.UU. (NELSON et al., 2001). Schmiemann y Durvy, miembros de la Unidad de Política de Innovación de la Dirección General de Empresa, ilustran la posición de la Comisión Europea: para ellos, los esfuerzos de las universidades de EE.UU. hacia la comercialización, con el mantenimiento de una cartera de patentes como punto de referencia, han estimulado la transferencia de tecnología y el desarrollo económico, así que es un modelo a seguir para superar el desfase de productividad con EE.UU. Por lo tanto, la misión de la Comisión Europea debe ser hacer cumplir los derechos de patentes y otros mecanismos de protección de la propiedad industrial en las universidades, y conceder un período de gracia para publicar antes de patentar.

Desde un punto de vista apreciativo, Etzkowitz y Leydesdorff, ante aquellos autores que argumentan que los mecanismos académicos de transferencia de tecnología pueden crear costes de transacción innecesarios al encapsular en patentes conocimiento que de otra manera podría fluir libremente a la empresa, se preguntan si *"sería el conocimiento transferido eficientemente a la empresa sin la serie de mecanismos para identificar y realzar la aplicabilidad de los resultados de la investigación"* (ETZKOWTIZ, 2001).

Para Meyer-Krahmer y Schmoch, *"una patente sólo tiene sentido en una institución científica si ésta está interesada en la explotación comercial de un nuevo descubrimiento y se pretende conseguir o existe ya una colaboración con un socio empresarial. Una proporción grande de patentes por parte de las instituciones científicas se puede considerar un buen indicador de una relación estrecha entre laboratorios científicos y empresariales en un campo tecnológico concreto"* (MEYER-KRAHMER et al., 1998). Consecuentemente, estos autores utilizan el número de solicitudes de patentes universitarias para identificar qué disciplinas científicas interactúan más con la empresa.

Wallmark recuerda que las patentes también se consideran como un mérito en el currículum de los investigadores y las considera valiosas, dado que su licencia ayuda a la creación del empleo, especialmente entre los titulados si son explotadas por las empresas derivadas de las universidades. Una metodología para calcular el valor de las patentes universitarias según las ventas de la empresa que las explota y realiza una estimación del valor económico de las 400 patentes de la Universidad Tecnológica de Chalmers, en Suecia, de las que cerca del 50% se han usado para comenzar empresas spin-off. El empleo en ellas ha crecido de forma constante a 70 trabajadores por año, lo que se corresponde con un crecimiento de las ventas de unos 35 millones de coronas suecas, por lo que a cada patente se le puede atribuir un valor igual a unos 4 millones de coronas suecas, a los que hay que sumarles el valor de las subcontrataciones. Para el autor, esto justificaría el apoyo de las universidades a las patentes y de los gobiernos a la investigación. Del otro 50% de patentes, que son vendidas o licenciadas a empresas existentes, el valor es difícil de calcular (WALLMARK, 1998).

En cambio, en su estudio sobre el caso inglés, Rappert y otros, demuestran que los vínculos formales resultan afectados por la formalización de la interacción mediante las patentes y otras formas de protección de la propiedad industrial, porque las empresas advierten que los universitarios sobrestiman su propiedad industrial y que los acuerdos contractuales en esa materia pueden ser muy difíciles. La cuestión de fondo es que pocas empresas consideran la protección intelectual esencial, ni siquiera las de sectores de tecnología alta: ni ofrece una protección efectiva contra las infracciones ni asegura los derechos de licencia. Sí se considera importante una serie de funciones secundarias de la propiedad industrial, como señalar ámbitos de actuación a otras empresas y proporcionar un instrumento (menor) de negociación con las empresas grandes (RAPPERT, 1999).

Para las empresas derivadas de las universidades estas funciones secundarias ganan importancia porque les dan cierta credibilidad que contrapesa su origen no comercial y delimitan qué posee la empresa y qué la universidad. En todo caso se considera una mejor fuente de protección el control de los empleados mediante prácticas restrictivas y cláusulas de confidencialidad.

Los motivos de las empresas para relacionarse con las universidades, los canales elegidos y la poca importancia prestada a la protección intelectual, llevan a Rappert a recordar el papel de la confianza en la interacción universidad-empresa. El uso de contratos no implica necesariamente una forma inferior de confianza en comparación con relaciones más abiertas, ya que las dos pueden coexistir. Los contratos formalizados pueden ser una señal de una relación anterior basada en la confianza. La confianza que se construye actúa como una manera informal de protección intelectual. Esto es especialmente relevante dada la importancia del saber hacer y del conocimiento tácito para las empresas. La publicidad de la ciencia depende de lo que se pueda extender por una red más que de quién la posea. La difusión del conocimiento no depende sólo del tamaño de la red sino de las características de la misma, como las relaciones de confianza que existan. Dada la importancia de formas de conocimiento codificadas y tácitas, la confianza es un elemento clave para asegurar el intercambio de conocimiento esencial mediante los vínculos. Según Rappert, dos de las lógicas de las universidades emprendedoras (ser relevante

comercialmente y proteger la propiedad industrial propia) no casan fácilmente entre sí y pueden crear dificultades para construir relaciones informales basadas en la confianza entre universidades y empresas. Por lo tanto las patentes pueden incluso causar tensiones, aliviadas solamente si aquéllas son explotadas por empresas derivadas de las universidades, que tienden a guardar vínculos más estrechos con la universidad.

Mowery y otros investigadores se muestran escépticos respecto al papel del marco legislativo para fomentarlas, así como de la escasa base teórica para sustentar que puedan facilitar la interacción universidad-empresa. A través del estudio de datos estadísticos de tres universidades estadounidenses punteras sugieren que el auge de las patentes experimentado a partir de la década de 1980 representó una aceleración de una tendencia anterior y no se puede achacar al Acta Bayh-Dole. Durante la década de 1970 ya hubo crecimiento de las patentes, dominado por el de las patentes biomédicas y explicado en parte por la aparición de universidades que antes no patentaban. Al mismo tiempo las universidades estadounidenses aumentaron sus esfuerzos para licenciar y comercializar sus invenciones en los 70: creció el número de oficinas de transferencia de tecnología y el número de empleados en actividades de transferencia de tecnología (MOWERY et al., 2001).

Por otro lado, para Mowery, no está claro que una mejor consecución de los objetivos del Acta Bayh-Dole hubiera sido socialmente deseable. No parece que la explosión de patentes y licencias haya desplazado la investigación universitaria hacia cuestiones más aplicadas y menos básicas, sino que, simplemente, se ha explotado áreas ricas en resultados con posibilidades comerciales. Sin embargo, mucho de lo que las universidades anteriormente habrían hecho de dominio público ahora es patentado y sujeto a procesos administrativos que podrían restringir su difusión, aumentando su coste de uso. En las tres universidades estudiadas, las "herramientas" de investigación biotecnológica han sido licenciadas rápidamente y los costes de transacción aparentan ser bajos. Pero esto no quiere decir que se estimule la transferencia tecnológica. Por el contrario, se minusvalora la efectividad de la publicación y de otros canales más abiertos de diseminación de la información, reconocidos por los empresarios como más útiles. Por otra parte, patentar mucho e imponer términos restrictivos para licenciar puede dañar la transferencia de tecnología, así como un excesivo énfasis en patentar y licenciar puede interferir otros canales a través de los que las invenciones universitarias alcanzan una aplicación comercial.

Basándose en el mismo análisis, Nelson añade que la visibilidad que proporcionan las patentes no es suficiente para atraer a las empresas sin esfuerzos adicionales por parte de las oficinas de transferencia de tecnología (NELSON et al., 2001). Por otro lado, Mowery y Sampat encuentran en el caso histórico de la desmantelada Research Corporation estadounidense, que estaba a cargo de la licencia de patentes universitarias, un buen ejemplo de cómo esta actividad está destinada a fracasar, si se lleva a cabo solamente con el objeto de obtener beneficios monetarios (MOWERY et al., 2001). Mowery y Ziedonis, especifican que el declive de las patentes importantes encontrado por Henderson, se puede atribuir a las universidades que comenzaron a patentar después del estímulo legal que supuso el Acta Bayh-Dole. Finalmente, Mowery y Sampat desaconsejan tomarla como modelo a imitar en otros países de la OCDE, a pesar de que atisban indicios de que ya se ha adoptado o está en

proceso de adopción en algunos, como Italia, Japón, Reino Unido, Canadá, Suecia y Alemania. Argumentan que de este modo pueden descuidar el fomento de canales más importantes de transferencia como la competencia y autonomía institucionales, o la búsqueda de apoyos para crear empresas derivadas de las universidades.

La segunda conexión, las patentes como medios de atraer contratación de I+D, ha recibido menos atención, pero es innegable. Son una señal para obtener proyectos de I+D financiados públicamente, puesto que pueden aparecer como un mérito en el currículum de los investigadores (WALLMARK, 1998). Además, son una señal para obtener contratos privados, de dos maneras. En primer lugar, las empresas que realizan vigilancia tecnológica interpretan las patentes como una señal de las competencias dominadas por los inventores, por ejemplo el grupo de investigación académico, al que las empresas pueden contactar para realizar I+D en el campo señalado, más que para negociar la licencia de su patente. En segundo lugar, los acuerdos de licencia de la patente son acompañados generalmente por contratos adicionales para transmisión de competencias y saber hacer.

### **3.1.5.2.- Las patentes universitarias: El debate positivo: factores determinantes de la generación de patentes universitarias**

Este debate se ha abordado desde dos puntos de vista: el de los estudios apreciativos y estadísticos que tratan de establecer una relación imprecisa entre las patentes y otras variables y los estudios econométricos que, originados por ciertas fuentes de inspiración, tratan de establecer una relación causal entre unas y otras.

#### *Estudios apreciativos y estadísticos*

Aunque en muchos casos no se trata de establecer relaciones de causalidad, los estudios sobre patentes universitarias suelen relacionarlas con una serie de variables que se constituyen tanto como medidas para expresarlas en términos relativos, o como criterios de clasificación. Así, en una revisión bibliográfica, se aprecia las siguientes variables, que se pueden clasificar como fuerzas internas o fuerzas externas a las unidades de investigación en que se organice la universidad, en función de que intervengan en su generación endógena o no.

Entre las fuerzas internas a las unidades de investigación de la universidad figuran las siguientes:

- *Gastos de investigación y desarrollo (I+D) universitarios*: resulta inmediato pensar que los departamentos que más investigan son los que más resultados pueden ofrecer. Que estos resultados se concreten en realizaciones tecnológicas como las patentes es una de las hipótesis que tratará de analizar este estudio. La construcción de la relación entre el número de patentes por el valor del gasto en investigación y desarrollo para comparar la propensión a patentar entre empresas y universidades o entre departamentos universitarios, por parte de Henderson y Wallmark, parece indicar que debe existir una relación entre patentes e I+D universitarias.

Esa apreciación es especialmente relevante a la hora de plantear un modelo de factores determinantes de las patentes universitarias, puesto que remite inmediatamente a la relación entre patentes e I+D empresariales, que cuenta con cierta tradición en la literatura especializada desde los trabajos de Griliches y su equipo en la década de 1980 (GRILICHES, 1990).

- Financiación empresarial de las actividades de I+D universitarias: probablemente como respuesta al interés creciente de las universidades por la investigación aplicada, que aumenta los recursos para estas actividades y por tanto contribuye al aumento de patentes (HENDERSON et al., 1998).
- Meyer-Krahmer y Schmoch parecen estar a favor de esta hipótesis, ya que asumen que las patentes universitarias indican colaboración con la empresa.
- Tamaño: se puede asumir que las unidades de investigación más grandes patentan más, simplemente porque cuentan con más personal dedicado a ello. En el caso de las empresas, se puede encontrar el número de empleados como variable de control en trabajos como el de Bound (BOUND, 1984). En el caso de las universidades, Wallmark (1998) compara las solicitudes de patentes con el número de profesores de cada disciplina. Henderson y otros, realizan un ejercicio semejante, aunque utilizan de nuevo el gasto en I+D como variable aproximativa de la dimensión de las universidades (HENDERSON et al., 1998).
- Disciplina científica: Se encuentran diferencias entre varios autores:
  - Meyer-Krahmer y Schmoch estudian las patentes universitarias alemanas solicitadas entre 1974 y 1994. En cabeza aparece, curiosamente, ingeniería mecánica, a pesar de no emplear tecnología intensiva en conocimientos científicos. Esto sirve a los autores para afirmar que un escaso vínculo con la ciencia no implica una baja interacción con la empresa, sino que entran en juego otros factores. A continuación, están ya disciplinas correspondientes a biotecnología, medicina y tecnologías de la información y las comunicaciones; es decir, aquéllas en las que se presentan especiales oportunidades tecnológicas por operar en campos fuertemente basados en la ciencia (biotecnología, medicina, tecnologías de la información y telecomunicaciones), donde la innovación tiende a seguir un proceso más secuencial (MEYER-KRAHMER et al., 1998).
  - Henderson y otros, sin embargo, encuentran, para el caso de EE.UU., que las universidades patentan en farmacia y medicina, mientras que las empresas lo hacen en mecánica;

diferencia que, además, se incrementa con el tiempo (HENDERSON et al., 1998). Jaffe recalca que el crecimiento de las patentes universitarias estadounidenses es un fenómeno propio de la biotecnología y el software informático (JAFJE, 2000).

- Wallmark difiere de los anteriores en que la distribución de las patentes entre las diferentes facultades, teniendo en cuenta el tamaño de éstas, es bastante uniforme. Así, encuentra que, en la Universidad Tecnológica de Chalmers la Facultad de Ingeniería Química patenta el doble que la de Ingeniería Eléctrica e Informática; ésta, a su vez, patenta el doble que Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil o Ingeniería Física. Sin embargo, el autor sí coincide con los anteriores en que la distribución de las patentes universitarias no guarda relación con la de las patentes empresariales, con Ingeniería Mecánica y de Automóviles en cabeza (WALLMARK, 1998). Los propios Meyer-Krahmer y Schmoch ofrecen una explicación al indicar que las oportunidades tecnológicas en la forma de la base científica pueden inducir a las universidades a patentar con independencia de las necesidades del mercado (MEYER-KRAHMER et al., 1998).
- Pavitt compara algunos estudios de distintos países y concluye que en todos ellos la química (incluyendo productos farmacéuticos) y la medicina cuentan con la mayor proporción de las patentes universitarias (PAVITT, 1998). Electricidad, electrónica e instrumentos de precisión son otras áreas principales, e ingeniería mecánica tiene mucho más peso en Alemania que en RU y EE.UU.
- Presencia de inventores estrella: en una universidad típica, la productividad de los investigadores sigue una distribución de Lotka en la que el 2% de los investigadores genera el 25% de los resultados, el 10% genera el 50%; y un 75% genera sólo un 25% (SCHOCKLEY, 1957). En la Universidad Tecnológica de Chalmers, los resultados son semejantes. Eso subraya la importancia, en esa universidad, de los profesores estrella en forma de inventores prolíficos -(WALLMARK, 1998).
- Otras características individuales: en cuanto a quiénes patentan, Wallmark identifica los siguientes rasgos de la Universidad Tecnológica de Chalmers (WALLMARK, 1998):
  - Por categoría universitaria: los profesores inventores son el 22%. Los eméritos son interesantes porque son más representativos del potencial de patentes universitarias, y son un 26%. Los estudiantes titulados son el 6% y los no titulados el 0,4%, pero representan el principio de un cambio. Los últimos suelen tener una experiencia y un tiempo limitados para contribuir a las patentes.

- Por género: la proporción de mujeres inventoras es del 6%. Sólo una mujer está entre los 67 primeros inventores y ninguno entre los 48 primeros. Luego, a pesar de la proporción creciente de mujeres entre los estudiantes y el profesorado, todavía no han crecido las inventoras. Eso sí, todas se concentran en 1978-95, así que también hay crecimiento.
- Por edad: el máximo está entre los 30 y 35 años, lo que corresponde a recién titulados que hacen estudios de doctorado y participan en proyectos de investigación que conducen a la invención (aunque es un promedio menor que el de Suecia en general, que oscila entre 35 y 40 años). El mayor grupo de edad está dominado por inventores que repiten. Entre 25 y 30 años, casi todas las patentes son las primeras de su inventor; de 30 a 40, cerca del 50 por ciento son primerizas; tras los 40, casi todas son de repetidores. De nuevo, esto refuerza la importancia de la docencia en el primer grupo.

Entre las fuerzas externas a las unidades de investigación de la universidad figuran las siguientes:

- Universidad: las patentes están bastante concentradas. En EE.UU. las 20 primeras universidades poseen el 70% del total, y sólo la primera, el MIT, un 8% (HENDERSON et al., 1998). Si esto no se debe únicamente a una conjunción de las fuerzas internas reseñadas antes, podría indicar una cultura proclive a patentar o una ventaja generada a partir de las economías de escala.
- Fuerza de las oficinas de transferencia de resultados de la investigación: el incremento sustancial del número de estas entidades de interfaz de las universidades y de su dotación en personal técnico y administrativo fomenta la protección de los derechos de propiedad de los resultados de la I+D como modo idóneo de incrementar la interacción con la empresa (HENDERSON et al., 1998). Sin embargo, ello puede tener también efectos contraproducentes. Siegel y otros, usando los resultados de una encuesta a gestores y científicos universitarios, informan que uno de los principales objetivos de las OTRI es la protección de los derechos de propiedad, aunque tienden a ser "inflexibles y conservadoras" cuando negocian acuerdos y licencias (SIEGEL, 1999).
- Marco legal e institucional: para Henderson, el crecimiento que observan surge a raíz de que en 1980 y 1984 los grandes cambios de la ley federal, plasmados en el Acta Bayh-Dole hicieron más fácil para las universidades el retener los derechos de propiedad derivados de la investigación financiada por fondos federales (HENDERSON et al., 1998). Sin embargo, para Mowery achacar a estos cambios el grueso del aumento de las patentes universitarias estadounidenses está injustificado, ya que entienden que aquél comenzó con anterioridad a 1980, que fue debido a factores más

decisivos y que en ausencia del Acta Bayh-Dole hubiera tenido lugar igualmente (MOWERY et al., 2001). Por su parte, enlazándolo con el enfoque de sistemas de innovación, Meyer-Krahmer y Schmoch y Pavitt aducen que el marco legal e institucional puede ser una justificación de las diferencias nacionales en el grado de patentes universitarias. Pavitt además sugiere que unos países pueden ofrecer más protección a determinadas áreas tecnológicas que otros. A este nivel de análisis apreciativo y descriptivo, uno de los mayores esfuerzos cuantitativos es el de Henderson, que trata de relacionar el crecimiento de las patentes universitarias con el de la financiación empresarial, con el de la fuerza de las OTRI y con los cambios legislativos. Sin embargo, los propios autores reconocen que es muy difícil determinar cuáles de estos fenómenos son causas y cuáles resultados. Utilizan diferentes variables como medidas aproximadas y, tras calcular la correlación que existe entre ellas, que resulta entre el 0,5 y el 0,9, sólo pueden decir que las tasas de patentes están menos correlacionadas con los niveles de financiación empresarial que con otras variables. Por otro lado, Rogers y otros, también mediante correlaciones entre variables y centrados en el papel de las OTRI, encontraron que el volumen de personal de la OTRI y los fondos empresariales de I+D, entre otras variables (como los mayores salarios de los profesores, mayor cuantía de los contratos y subsidios privados y un mayor volumen de los fondos federales) caracterizan la eficiencia de la interacción (medida mediante una variable compuesta que incluye las solicitudes de patentes) en las universidades de investigación de EE.UU. (ROGERS, 2000).

### Estudios econométricos: fuentes de inspiración

Los estudios econométricos proponen una relación causal entre una variable expresiva de un resultado y una serie de variables expresivas de los recursos que pueden resultar significativos para dar lugar a aquel resultado. En el caso de las patentes, más concretamente de las patentes empresariales, existe una tradición de considerarlas un indicador de resultados de la innovación, y expresarlas en función de un indicador de recursos de la innovación, tradicionalmente las actividades de I+D, medidas a través del gasto o del personal de I+D.

Así, se puede plantear una función de producción de patentes análoga a la propuesta por Griliches del tipo siguiente (GRILICHES, 1984):

$$pat_t = f(id_{i,t}, z_t), \quad t=0, \dots, T$$

La variable  $pat$  representa las patentes y la variable  $id$ , los gastos de investigación y desarrollo (I+D). El subíndice  $i$  corresponde al individuo observado, el subíndice  $t$  al año y el subíndice  $a$  a los sucesivos desfases con que, a priori, la I+D puede afectar a las patentes. La variable  $z$  es un conjunto de otras variables que influyen sobre  $pat$ .

Hausman y otros, por ejemplo, distinguen las siguientes (HAUSMAN, 1984):

- El tamaño de los individuos observados, variable de control con la que se espera aislar el efecto de las diferencias de tamaño, de manera que el impacto de la I+D exprese una influencia real sobre las patentes y no sea producto de que los individuos de mayor tamaño manejen un mayor volumen de recursos y patenten más, simplemente porque tengan más personal dedicado a ello.
- Una variable ficticia que exprese la mayor oportunidad tecnológica de las áreas tecnológicas fuertemente dependientes de la ciencia. Alternativamente, Bound y otros, emplean distintas variables ficticias para cada sector económico (BOUND, 1984).
- Una tendencia que capte un posible crecimiento o disminución exógenos de las patentes.

Bound y otros investigadores, incluyen:

- Gastos de I+D al cuadrado, que muestran si existe una relación no lineal con las patentes y, a través de su signo, el tipo de rendimientos a escala de la I+D.
- Variables ficticias para las observaciones con patentes igual a cero y para las observaciones con I+D igual a cero.

Más recientemente, Hall y Ziedonis incluyen (HALL et al., 2001):

- Gastos de I+D normalizados por el tamaño, cuando incluyen la variable de tamaño aparte, para evitar la autocorrelación en una muestra en la que los gastos de I+D y el tamaño de las empresas están muy correlacionados.
- Intensidad de capital.
- Variables ficticias que toman valor uno a partir de los años en que se produce un cambio en el marco legal.
- Variables ficticias para controlar la presencia de observaciones aberrantes.
- Tipos de empresa: manufacturera o de diseño.

Este tipo de estudios ha servido de inspiración para los que han tratado de estimar el impacto de los determinantes de las patentes universitarias, al tratarse una aplicación del modelo anterior en el contexto de la universidad en vez del de la empresa, adaptando las variables independientes de forma adecuada. Pero por otra parte, también el trabajo de Adams y Griliches, sobre funciones de producción de resultados de la investigación académica que usan los artículos y sus citas como resultados, han sido un punto de partida para otros estudios (GRILICHES, 1996).

### *Estudios econométricos: determinantes de las patentes universitarias*

Cinco trabajos aplican técnicas econométricas para estimar la relación entre las patentes universitarias y lo que consideran recursos de las universidades para su obtención: se trata de Payne y Siow, Foltz y otros, Coupé y Carlsson y Fridh. Veremos, en primer lugar, su metodología y sus conclusiones principales y detallamos, a continuación, los impactos encontrados para cada variable. Payne y Siow se concentran en el efecto de la financiación federal en cuatro tipos de resultados de la investigación, incluyendo las patentes concedidas. Utilizan un panel de más de 1000 observaciones a partir de 74 universidades de investigación de EE.UU. (53 en el caso de las patentes) en el período 1972-1998 (1975-1994 en el caso de las patentes). Aplican los modelos de regresión por MCO y VI (más un tobit en el caso de las patentes), controlando los efectos fijos por cada universidad y los efectos temporales. Encuentran un impacto significativo positivo de la I+D sobre el número de artículos y los sueldos de los profesores y no significativo sobre el número de citas por artículo. El impacto sobre las patentes es positivo pero la significación varía según la especificación. Los autores concluyen, sin embargo, que los rendimientos de la I+D universitaria son decrecientes, de forma similar al caso de las empresas. Controlan el tamaño de la universidad, pero no lo encuentran significativo (PAYNE, 1999).

Foltz y otros, se centran en el caso de las patentes universitarias en biotecnología agrícola, pero empiezan construyendo un modelo para las patentes universitarias de todas las disciplinas, que llamaremos modelo A. Con un corte transversal de 142 universidades de EE.UU., aplican un modelo binomial negativo inflado con ceros. Su aportación principal es distinguir varios tipos de fuentes de financiación, y no sólo la federal. A continuación se restringen a las patentes universitarias, estimando lo que llamaremos modelo B, y su principal aportación es que el marco institucional regional (medido mediante la infraestructura de escuelas universitarias de agricultura y la importancia de la agricultura en la economía local) ayuda a explicar el modelo (FOLTZ, 2000).

En un trabajo posterior, Foltz y sus colegas agregan algunas variables dinámicas, sólo para el caso de las patentes en biotecnología agrícola. Utilizan datos de 127 universidades durante el período 1991-1998, formando un panel de 561 observaciones, y ejecutan una regresión binomial negativa de efectos aleatorios. Encuentran que la experiencia en patentar produce más patentes, lo que retrasa el proceso de alcance de las universidades rezagadas (FOLTZ, 2001).

La preocupación principal de Coupé es el tipo de rendimientos a escala de la I+D en relación con las patentes universitarias. Aplica regresiones de Poisson y binomiales negativas en un corte transversal de alrededor de 500 universidades de EE.UU. en 1994 y en un panel de 212 universidades por 22 años (de 1972 a 1994). No utiliza solamente recuentos de patentes como output sino también citas de las patentes. Su conclusión principal es la presencia de rendimientos constantes o decrecientes a escala, como en el caso de empresas, lo que le lleva a afirmar que las universidades se comportan en cierto modo como ellas. El resultado se mantiene aun al experimentar con diversos desfases de la I+D, diferencias entre universidades públicas y

privadas, clases tecnológicas, y efectos fijos individuales y temporales (COUPE, 2001).

Carlsson y Fridh realizan una encuesta en 12 universidades de EE.UU. para entender profundamente el funcionamiento de las TTO y de su papel en las actividades de patentes y licencias, la creación de empresas y la obtención de fondos empresariales. Eso permite que construyan un modelo conceptual del proceso de la transferencia de tecnología que los autores dividen en varios modelos econométricos contrastables, en función de las diversas fases y resultados de la actividad de la TTO. Así, contrastan los modelos con la muestra de la encuesta y con una muestra más grande de 170 universidades en el período 1991-1996, procedente de la encuesta de la Asociación de Gestores de Tecnología Universitaria (AUTM). Sus resultados incluyen que las invenciones dependen del año de creación de la TTO, de los gastos totales de investigación y del número de empleados de la TTO y que los ingresos por licencias vienen explicados casi en su totalidad por el número acumulado de licencias. No comentan nada específicamente sobre la solicitud de patentes pero en sus regresiones se aprecia que dependen del número de invenciones. La variable dependiente para la cual encuentran menos explicación es la creación de empresas, como si las TTO tuvieran menos influencia sobre ello, que dependería más de factores culturales y ambientales no incluidos en los modelos. Los autores concluyen con una reflexión sobre el papel en la difusión del conocimiento jugado por las TTO, el éxito del cual no es captado completamente por el volumen de ingresos o el número de empresas generadas (CARLSSON, 2002).

Pasando al análisis detallado de las variables incluidas en las diferentes regresiones, y distinguiendo, entre fuerzas internas y externas, entre las fuerzas internas a las unidades de investigación de la universidad figuran las siguientes:

- Gastos de I+D: Carlsson y Fridh son los únicos que utilizan una medida agregada, que no descomponen, de los gastos de I+D, y encuentran su impacto significativo y positivo sobre el número de invenciones, de las que depende el número de solicitudes de patente (CARLSSON, 2002). Payne y Siow y Coupé se han centrado en los gastos de I+D públicos federales y sólo Foltz presenta resultados de una medida descompuesta por fuentes de financiación:
  - Financiación pública: respecto a la federal, Payne y Siow encuentran que el impacto sobre las patentes es positivo pero la significación varía según la especificación (PAYNE, 1999). Los autores concluyen, sin embargo, que los rendimientos de la I+D universitaria a las patentes son decrecientes, de forma similar al caso de las empresas. A una conclusión similar llega Coupé. Foltz y otros, utilizan la suma de la financiación federal y la estatal y la encuentran positiva y significativa en su modelo A pero no en su modelo B. (FOLTZ, 2001) descomponen la suma de ambos tipos de financiación y encuentran que la estatal ejerce una influencia

positiva y significativa, mientras que la de la federal no es significativa.

- Financiación empresarial: Foltz y otros, no la encuentran significativa ni en su modelo A ni en su modelo B (FOLTZ, 2001).
- Financiación propia y de otras fuentes: Foltz y otros, no la encuentran significativa en su modelo A pero sí en su posterior modelo B. (FOLTZ, 2001) descomponen la suma de ambos tipos de financiación y encuentran que la financiación propia es significativa, positiva, mientras que la de otras fuentes no es significativa.
- Tamaño: Payne y Siow lo miden mediante el número de profesores y no lo encuentran significativo. Lo mismo le ocurre a Foltz. En cambio, Coupé lo encuentra significativo. Por otra parte, el mismo autor utiliza como medida el número de alumnos, que no encuentra significativo (COUPE, 2001).
- Características personales: Foltz y otros, incluyen una variable de calidad del profesorado que miden mediante el salario medio de los profesores y la encuentran significativamente positiva. Lo mismo le ocurre a Coupé (COUPE, 2001).
- Experiencia en patentar: Foltz la mide mediante el número de patentes acumuladas de años previos y encuentran un impacto significativo, positivo, lo que les lleva a predecir retrasos en el proceso de alcance de las universidades rezagadas (FOLTZ, 2001).

Entre las fuerzas externas a las unidades de investigación de la universidad figuran las siguientes:

- Universidad: Foltz utiliza una escala del rango académico de la universidad y obtienen un impacto positivo y significativo en sus modelos A y B. Coupé establece una distinción entre universidades públicas y privadas pero no encuentra diferencias significativas.
- Tendencia: Coupé la encuentra positiva y significativa, lo que implica la existencia de shocks temporales exógenos, que se pueden atribuir a las siguientes variables.
- Fuerza de las TTO: Foltz la mide a través del número de empleados de la TTO y encuentran que importa positiva y significativamente (aunque con rendimientos decrecientes a escala) en sus modelos A y B. En cambio, Foltz encuentra que esa misma medida no resulta significativa, mientras que una medida alternativa, el cociente del número de solicitudes de patentes y el número de invenciones, que ellos interpretan como más expresiva de la calidad de la TTO, sí es positiva y significativa. Por otra parte, Coupé incluye simplemente una variable ficticia indicando el año de establecimiento de la TTO en la universidad, cuya influencia encuentra positiva y significativa. Lo mismo les ocurre a Carlsson y Fridh con el número de invenciones, del que depende el número de

solicitudes de patente. Igualmente, encuentran la influencia del número de empleados de la TTO significativa y positiva.

- Efectos desbordamiento de la I+D universitaria: Coupé incluye una medida de la I+D agregada de universidades distintas de la propia y encuentra su impacto positivo y significativo, lo que achaca a externalidades del conocimiento.
- Marco legal e institucional: Foltz encuentra en su modelo B que la dotación de instituciones como escuelas universitarias de agricultura y la importancia de la agricultura en la economía local ayudan a explicar el modelo. Por el contrario, Coupé, mediante una variable ficticia que indica el cambio legal representado por el Acta Bayh-Dole, muestra que no parece haber tenido un efecto significativo.

Conviene señalar el análisis de Thursby y Kemp, que estudian los determinantes no de la generación sino de la eficiencia de las actividades comerciales. No se incluyó entre los anteriores porque utiliza una metodología econométrica diferente, el análisis de eficiencia, y porque no trata la solicitud de patentes como variable diferenciada sino como parte de una medida compuesta, pero su concepción de los recursos y los resultados de la investigación académica es similar a lo de los anteriores (THURSBY, 2002).

Así, estos autores, basándose en la encuesta de la AUTM sobre las licencias universitarias de 112 universidades de EE.UU. entre 1991 y 1996, realizan un análisis de la envolvente de los datos que clasifica las universidades en eficientes e ineficientes. Con estos resultados, construyen una variable dicotómica y ejecutan una regresión logit para expresarla en función de lo que consideran resultados comerciales de la universidad (licencias, fondos privados, solicitudes de patente, descubrimientos y royalties), y de lo que consideran recursos de la universidad (fondos federales, número de profesores, una jerarquía de la calidad de las universidades y dos variables de control (presencia de una escuela de medicina y estatus de universidad privada). Sus resultados concluyen que algunas disciplinas (biología e ingeniería) obtienen más licencias que otras (física) debido a su naturaleza más aplicada o a la existencia de mayores oportunidades de mercado, que las universidades privadas tienen más probabilidad de ser eficientes y que las universidades con escuela médica tienen una probabilidad menor de serlo.

Finalmente realizan comparaciones de la eficiencia año tras año que les permite afirmar que el crecimiento de las actividades comerciales es el resultado de un crecimiento de la comercialización por parte del conjunto de las universidades más que de un proceso de alcance por parte de las instituciones ineficientes.

### *Una síntesis entre los estudios descriptivos, los econométricos y entre los debates normativo y positivo*

El siguiente cuadro esquematiza, de manera simplificadora, las variables determinantes de las patentes universitarias según los estudios apreciativos y estadísticos y su contraste con los estudios econométricos. Como se puede apreciar, ambos coinciden en señalar una mayoría de variables comunes, pero

sus efectos esperados varían en algunos casos, y además hay variables no comunes. Además, hay limitaciones derivadas de la omisión de variables relevantes, y, en el caso de los estudios econométricos, de eludir el debate normativo y de centrarse en el caso estadounidense. Reconsideramos todo ello a continuación.

### Determinantes de las patentes universitarias en la literatura

Grupo de variables	Variable	Estudios apreciativos y estadísticos	Medida	Estudios econométricos
Fuerzas internas	Actividades de I+D	✓	Fondos agregados de I+D	+ ✓
	Financiación empresarial	✓	Financiación pública	+ ✓
			Financiación empresarial	x
			Financiación propia y de otras fuentes	x
	Tamaño	✓	Número de profesores	x (2) vs. + ✓ (1)
			Número de alumnos	x
	Disciplina	✓		
	Tipo de unidad de investigación	✓ (1)		
	Inventores estrella	✓		
	Características personales	✓ (1)	Licencias	Salario promedio
Experiencia de patentar				Patentes acumuladas
Fuerzas externas	Shocks temporales exógenos		Tendencia	+ ✓
	Efectos desbordamiento de la I+D		Fondos de otras unidades de observación	+ ✓
	Fuerza de la TTD	✓	Número de empleados	+ ✓ (3) o x (1)
	Marco legal	✓ o x	Variable ficticia a partir del año de un cambio en el marco legal	x

En primer lugar, la financiación empresarial, que según los estudios apreciativos debería ejercer un impacto significativo, no lo ejerce de hecho según Foltz. Esto se puede deber a que los primeros no tienen en cuenta que los resultados de la I+D financiada por empresas serán normalmente retenidos, incluso en forma de patentes, por las propias empresas, y no darían lugar a patentes en las universidades. Sin embargo, se puede considerar un tipo de influencia más indirecta, que es la que ejerce el conocimiento empresarial que penetra en la universidad por medio de la financiación privada, al promover una cultura más proclive a proteger los descubrimientos.

Se consideraría la interacción como un puente de doble vía, en el sentido de Meyer-Krahmer y Schmoch. El problema es que el gasto de I+D financiado por la empresa puede no ser una medida suficiente para captar esta relación difusa, ya que en numerosas ocasiones la interacción se basará en la transmisión de conocimientos ya presentes en la universidad, que impliquen

poca penetración de conocimiento empresarial, y no en la generación de conocimiento conjunto.

En segundo lugar, los estudios econométricos aportan a los apreciativos una variable que no habían tenido en cuenta, como los efectos desbordamiento de la I+D, que no obstante encuentra justificación si pensamos, por ejemplo, en la tendencia a la multidisciplinariedad propia de la ciencia moderna. Pero, lo que es más importante, a la inversa, los estudios econométricos no llegan a incorporar algunas de las variables indicadas por los estudios apreciativos, como la disciplina o la presencia de investigadores estrella por el hecho de que los primeros son estudios macroeconómicos del conjunto agregado de universidades en los que no tiene cabida estas variables propias de las unidades de investigación que componen una universidad.

Al respecto, cabe preguntarse si la universidad es la mejor unidad de observación. Las universidades se componen de unidades de investigación heterogéneas que varían en cuanto a tipos de producción científica, estructura de financiación, homogeneidad de los temas de la investigación, modos de coordinación, papel otorgado a la confianza, etc. Más básicamente, varían en cuanto a disciplina y reconocimiento institucional, y los modelos macroeconómicos no tienen en cuenta estas diferencias al estimar el impacto de la inversión en I+D sobre las patentes. Por ello, se hace necesaria la aplicación de los modelos a casos de estudio que permitan incorporar estas variables.

En tercer lugar, la literatura existente ha obviado dos variables relevantes a la hora de explicar la generación de patentes universitarias. Por un lado, la diversidad institucional, es decir, los tipos de unidades de investigación, dentro de las universidades debe ser tomada en cuenta, puesto que, por ejemplo, en el caso de España, los centros de investigación sin responsabilidades docentes tienden a patentar más que los departamentos con responsabilidades docentes. O, en el caso de Francia, donde unos laboratorios tienen más prestigio institucional que otros, lo que puede condicionar que patenten a través de la universidad o no. Falta como variable la licencia de patentes previas, ya que el haber obtenido ingresos de este modo en el pasado puede constituir un incentivo para seguir solicitando patentes en el futuro. Foltz mencionan este hecho en sus conclusiones, pero no disponen de datos para comprobarlo. Todo ello refuerza la necesidad de un análisis basado en el estudio de caso para permitir la inclusión de estas fuerzas microeconómicas que tampoco pueden incorporar los estudios macroeconómicos. Asimismo, los cambios legales internos para promover las patentes deben ser otro factor relevante, puesto que pueden ser más eficaces que los externos.

En cuarto lugar, en los estudios econométricos reseñados, hay que decir que se centran en la especificación apropiada de la relación entre las patentes y la I+D universitarias, en el tipo de rendimientos a escala y en la semejanza entre las universidades y las empresas. Así, eluden de alguna manera el debate sobre la interacción universidad-empresa, puesto que no intentan extraer ninguna conclusión normativa. Sin embargo, al menos Foltz y sus colaboradores, contienen una vía de confluencia entre ambos debates. Descomponen la I+D según la fuente de financiación y encuentran que los fondos del gobierno para I+D tienen una influencia mayor para patentar que los fondos de la empresa para I+D. Si asumimos que los primeros tienden a financiar una investigación orientada a más largo plazo y más costosa, ello

implicaría que el miedo a que las patentes universitarias amenacen la calidad de la investigación no está justificado.

En quinto lugar, este conjunto de estudios se centra en la evidencia estadounidense. Sin embargo, el fenómeno es tan importante en Europa como en EE.UU., y es necesario aplicar un método riguroso de cuantificar su relación con algunas variables de recursos. Esto puede sacar a relucir algunas idiosincrasias de Europa en contraste con EE.UU., de relevancia para la gestión política. Además, y eso es un rasgo que comparten con los estudios apreciativos, su foco se sitúa en los países líderes en tecnología. Aunque no lo hemos destacado, un segundo e incipiente debate normativo es si países más débiles tecnológicamente reproducen la tendencia del aumento de las patentes universitarias. Piccaluga realizó uno de los pocos análisis existentes sobre un país tecnológico más débil, Italia. Concluyó que el número de patentes universitarias en ese país es reducido debido a un mayor interés por la ciencia abierta, una escasez de resultados patentables de la investigación académica italiana y una carencia de instituciones que faciliten la difusión de resultados. Avisa, además, de los riesgos de un énfasis pronunciado en la generación de patentes universitarias (PICCALUGA, 2001).

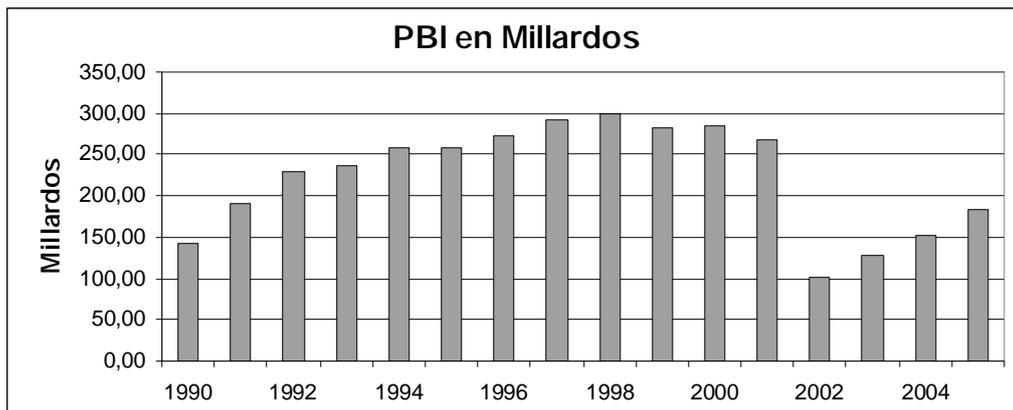
Cabe mencionar que Balconi y otros, han sugerido el uso de la participación de inventores académicos en las patentes en propiedad de empresas y universidades para describir el grado y las características de las redes de inventores. Algunos de sus resultados son que, en el caso italiano, los inventores académicos son más persistentes y centrales dentro de las redes que sus socios no académicos, y que sus vínculos se extienden por más organizaciones y a lo largo de un ámbito geográfico más amplio (BALCONI, 2003).

## Capítulo 4 La situación de la Universidad Argentina

### 4.1.- El contexto Económico y Tecnológico de Argentina

#### 4.1.1.- Contexto Económico argentino en números

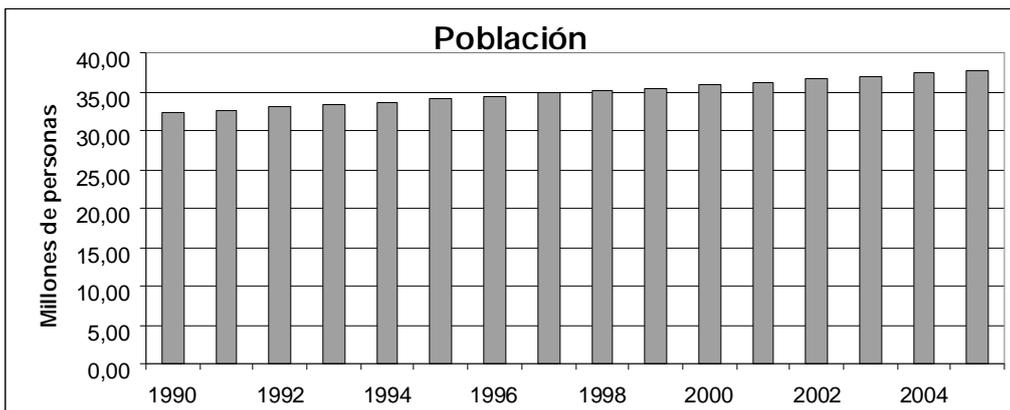
La evolución de la situación económica de la Argentina puede verse a través de la evolución del PBI.



Fuente: RICYT

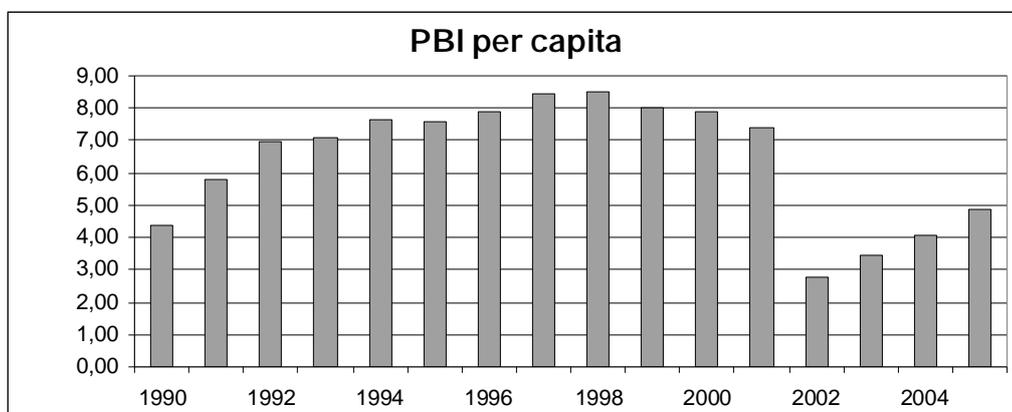
Puede verse en el gráfico, que se distinguen 2 períodos de crecimiento, el primero entre 1990 y 1998 en donde se puede ver el impacto de la crisis llamada “efecto tequila” en 1994 que altera la tendencia de los 4 primeros años, el fracaso de las políticas que se aplicaron de las recomendaciones del Consenso de Washington, puede apreciarse desde 1999 hasta a la crisis de 2001, a partir de donde ha comenzado una nueva etapa con una mayor tasa de crecimiento.

En este período la población no registró ningún aumento significativo como puede verse del siguiente gráfico



Fuente: RICYT

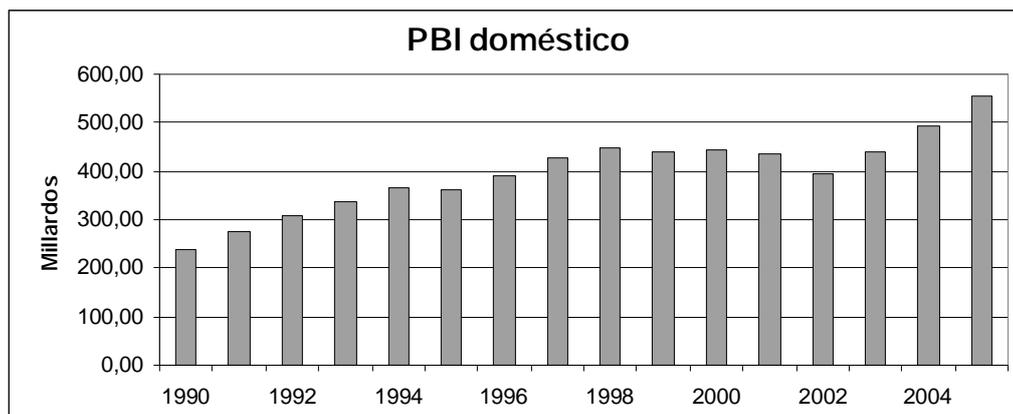
Por lo tanto el PBI per cápita no arroja mucha mayor información que el PBI, como se puede apreciar en el gráfico.



Fuente: RICYT

Alguna consideraciones que se deben hacer respecto de las aplicaciones de estos parámetros, es que su uso generalizado puede no reflejar ciertos aspectos particulares del país, sobre todo en como influye ciertos parámetros que se usan para comparar políticas económicas en la tendencias que son propias a un país, en particular la influencia de usar el PBI o el PBI per cápita para explicar conductas de personas, ya que las decisiones o la influencia de ciertos montos de dinero, están más influidos por lo que puede hacerse con cierto monto de dinero y no con el monto mismo. Por ello en este capítulo se usará también el PBI doméstico, que refleja el poder adquisitivo del dinero y que como se verá mas adelante puede explicar mejor ciertas conductas. La segunda consideración es sobre la población, ya que si se producen alteraciones en la pirámide poblacional, esta también influye en como se reflejan cierta mediciones referidas conductas de cantidad de personas.

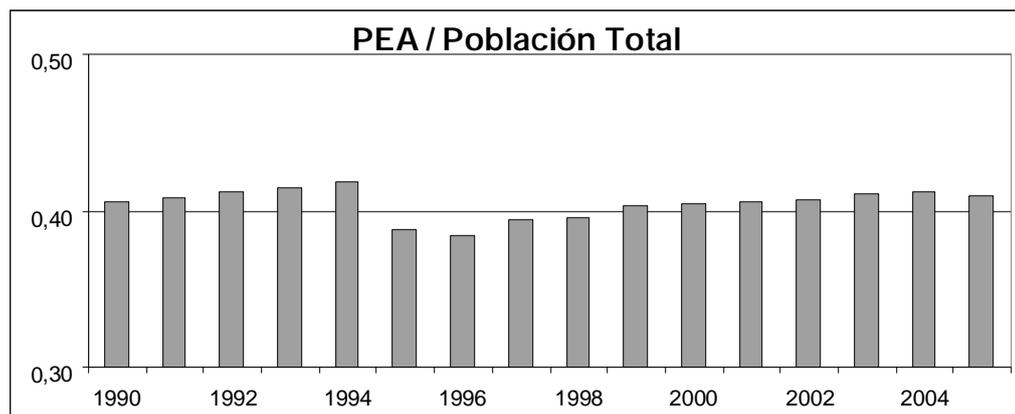
El PBI doméstico para el período considerado es:



Fuente: RICYT

Se ve que si bien se pueden reconocer las crisis de 1994 y 2001 y la falta de crecimiento entre 1998 y la crisis del 2001, los efectos en términos del poder adquisitivo interno, no son tan pronunciados. Puede postularse que para evaluar conductas condicionadas por montos de salarios, algunos montos pueden resultar poco significativos en valores absolutos, pero pueden ser importantes en función de su poder adquisitivo.

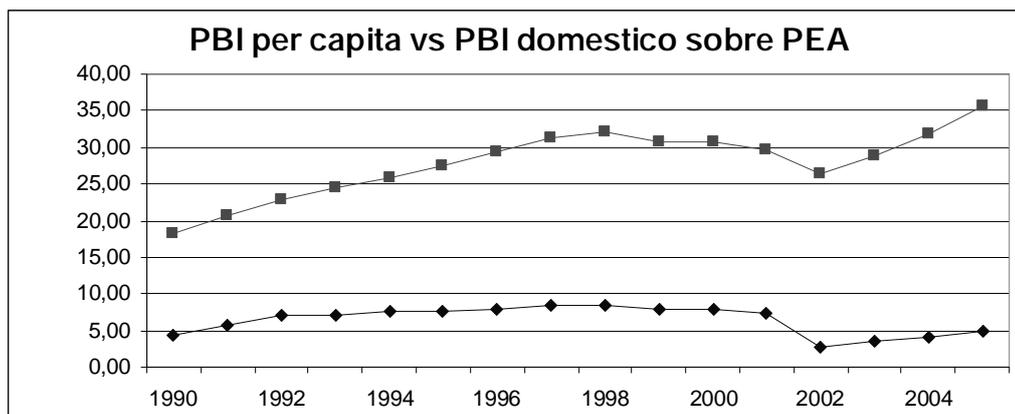
La segunda consideración que se plantea es la diferencia entre población total y población económicamente activa, donde se pone de manifiesto alteraciones de la pirámide poblacional o como en el caso de la Argentina, situaciones de exclusión social pueden alterar la interpretación de algunos valores. La relación entre la Población Económicamente activa y la población total, da el siguiente gráfico:



Fuente: RICYT

Se ve que la población económicamente activa permanece relativamente constante, salvo durante la crisis de 1994, debido a una fuerte corriente emigratoria, produciéndose una disminución de la PEA, situación que no se produce en la crisis de 2001.

Por lo tanto la evolución del PBI per cápita y el PBI doméstico por PEA, daría distinto en cada caso.

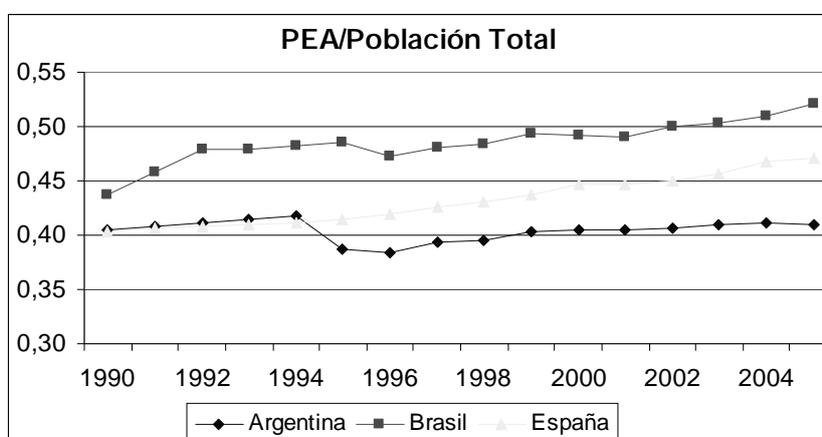


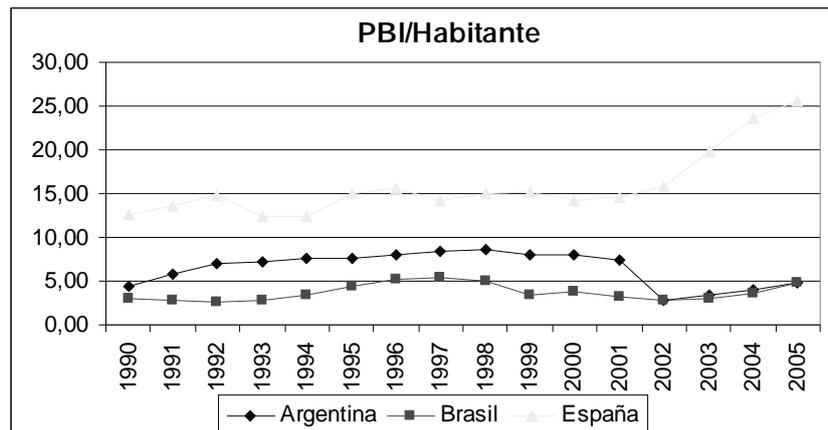
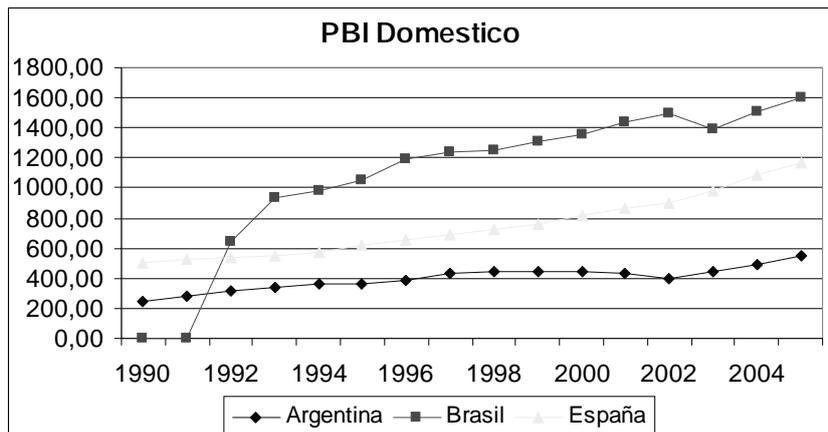
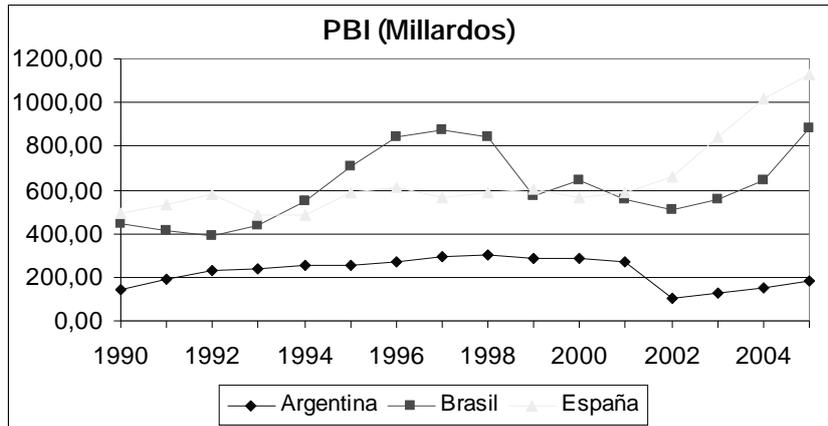
Fuente: Elaboración Propia

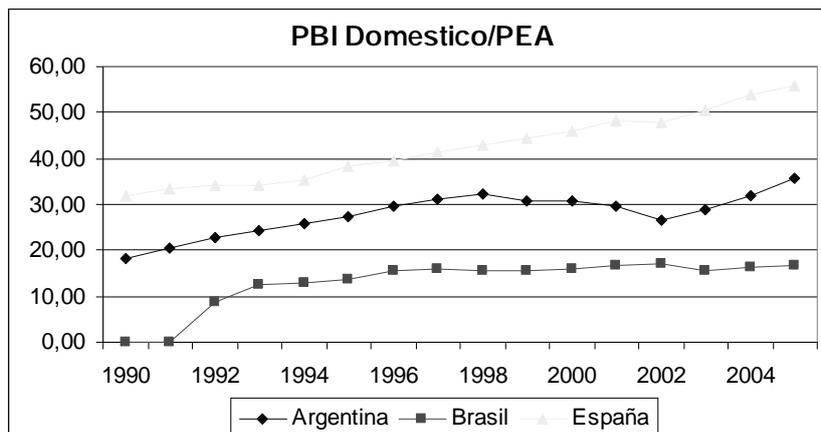
Se ve que al considerar el PBI doméstico respecto de la PEA, no aparece reflejada la crisis de 1994, pero si el efecto del decaimiento de la economía provocado por la aplicación de las medidas del Consenso de Washington a partir de 1998 y la crisis de 2001.

A partir de estos parámetros se puede intentar una comparación con otros países, para establecer si los resultados que arrojan nuestras estadísticas son similares a países que por algunas razones pueden compararse con Argentina. En principio se descarta EEUU por la gran diferencia de tamaño de las economías y las poblaciones. También se descarta a países fuera del ámbito iberoamericano ya que existen distintas raíces ideosincráticas. En virtud de estas consideraciones se establecerán, a Brasil y España, como países para comparar a la Argentina. El primero en virtud de la proximidad geográfica, el comercio mutuo y la posición de ambos en cuanto al liderazgo del MERCOSUR. El segundo por razones históricas y de similitudes de sus poblaciones.

Desde el punto de vista de los parámetros antes analizados la situación de Argentina respecto a Brasil y España, puede verse en los siguientes gráficos:







Fuente: Elaboración Propia

Se ve que los valores relativos difieren en un orden de 2 a 4 y son siempre menores a un orden de magnitud. En todos los países se ve un crecimiento sostenido durante los últimos años, en Brasil se nota a partir de 1997 la misma crisis ocurrida en Argentina a partir de 1998. También se aprecia como la crisis de 1994 ha influido en la PEA en la Argentina, a diferencia de Brasil y España.

#### 4.1.2.- Contexto histórico-político de la situación económica

Argentina ha basado su producción en la explotación de sus recursos naturales y la producción primaria hasta los primeros años de del siglo XX. Anteriormente, Argentina surge como parte del Virreinato del Río de la Plata, donde su interés era solo como puerto de acceso hacia las zonas de extracción de metales provenientes del Alto Perú.

El puerto de Buenos Aires representaba un acceso desde el mar, al camino que conducía hacia el Perú y desde allí se enviaban metales a España y recibía las mercaderías que se introducían en el Virreinato. La necesidad de ejercer el control sobre el comercio hace que el puerto cobre importancia hasta hacerlo capitania primero y sede del Virreinato posteriormente.

La producción nacional consistía en la fabricación de utensilios, enseres y alimentos, toda la producción no artesanal provenía de España que ejercía el monopolio comercial de sus colonias o del contrabando proveniente de Inglaterra, Francia o Brasil. Las economías regionales tenían un fuerte sesgo artesanal y su nivel de actividad económica, escasamente superaba al de la propia subsistencia. Se destacaban la producción de vinos en cuyo, de telares en el norte y de maderas en el litoral norte del Paraná. Los emprendimientos económicos del sector comprendido por Santa Fe, Entre Ríos y el norte de la actual provincia de Buenos Aires se limitaban a la explotación del ganado cimarrón para la producción de cueros y sebo, hacia principios del siglo XIX, comienza al salado de carnes para su explotación comercial, aprovechando el acceso a las salinas del sur de la provincia de Buenos Aires.

Inglaterra y Francia, tenían interés comercial en Buenos Aires, ya que desde allí podían acceder a la comercialización de sus productos elaborados en cantidad, dado que se encontraban en una incipiente etapa pre-industrial, y la producción en serie por medio de la división del trabajo le permitía contar con importantes excedentes de stock de mercaderías, también desde Buenos Aires

podían incrementar el comercio de esclavos con destinos a las minas del Alto Perú y los cueros y sebo eran requeridos en Europa, por el crecimiento de la demanda de los mismos.

El período que transcurre desde la independencia hasta la consolidación institucional del país en 1860, marca un período de intermediación comercial del Puerto de Buenos Aires quien a pesar de los distintos vaivenes políticos imponía su condición de puerta de acceso de las mercaderías extranjeras y salida de los escasos productos provenientes de las regiones del interior.

A partir de 1860 comienza un período de expansión de la ganadería, se capitaliza el sector y se realizan las primeras mejoras técnicas, como ser la cría sistemática de ganado, la delimitación de las explotaciones comerciales y el aseguramiento de la frontera interior con las tribus indígenas mediante campañas de sometimiento y exterminio de los mismos. Este modelo agropecuario exportador persiste hasta fines de la Primera Guerra Mundial, potenciado por la instalación de frigoríficos que permitían la exportación de carne sin salar.

Hacia fines del siglo XIX se producen importantes migraciones desde Europa, que se asientan en zonas cernas a poblados rurales y dan comienzo a un sistema de arriendos destinados a la agricultura, que promovidos por los más importantes terratenientes ganaderos tenían como propósito la mejora de sus tierras para la ganadería a costa de la explotación de la actividad agrícola.

El nuevo ordenamiento económico provoca la migración de importantes grupos de trabajadores rurales, que no encuentran cabida en las nuevas actividades rurales ya que no se realizaban vaquerías y rodeos debido a las técnicas de crianza y uso de parcelas alambradas, no había arrees importantes por la aparición del ferrocarril, las tareas rurales habituales no requerían mucha mano de obra y la agricultura era ejercida mayoritariamente por extranjeros, mas habituados a esas tareas. Esta mano de obra es inicialmente ocupada por los frigoríficos y ocupa sectores cercanos a los mismos, generándose una periferia urbana formada por esta migración.

La aparición de una segunda inmigración proveniente de Europa antes y después de la Primera Guerra Mundial, provoca la aparición de oficios que antes no se conocían y que eran requeridos por el creciente aumento de la población urbana y la difusión de elementos provenientes de la revolución industrial europea, esto da origen a los primeros talleres y pequeñas industrias, basados en el conocimiento que traían esos inmigrantes.

Las mejoras que se lograron en la agricultura principalmente en el sector de la pampa húmeda generaron una nueva actividad que proporcionó saldos exportables. La crisis europea de post guerra demandó alimentos y materias primas entre ellas tanino, que se obtuvo por la tala indiscriminada en las provincias de Santiago del Estero y Chaco. También se expandió la explotación de la caña de azúcar en Tucumán emplazándose diversos ingenios de procesamiento de la misma.

Este período esta fuertemente marcado por la influencia británica en distintos sectores de la actividad económica, como los ferrocarriles, el transporte de mercaderías, los servicios públicos, frigoríficos, comienza a manifestarse también la presencia de intereses económicos Estadounidenses y Alemanes, los primeros comienzan su disputa de la hegemonía mundial británica y los segundos buscan recursos naturales para sus industrial pesadas, química y eléctrica.

Al comenzar la Segunda Guerra Mundial, comienza el decaimiento de la influencia británica ya que esta trata de influir en el mantenimiento de la neutralidad argentina para asegurarse el aprovisionamiento de alimentos. La declaración de guerra por parte de Argentina a las potencias del eje fortalece la posición de EEUU y debilita a las empresas británicas jaqueadas por la guerra. Algunas empresas alemanas mantienen su presencia a pesar de estar vinculadas a tratativas bélicas como es el caso de la empresa Siemens.

Con el primer gobierno del General Perón, comienza un periodo de sustitución de importaciones y de desarrollo de la industria liviana, que era mano de obra intensiva y permite absorber nuevas migraciones interiores. Este período que dura hasta mediados de la década del 50, genera la aparición de una incipiente industria nacional, se nacionalizan los ferrocarriles y las empresas de servicios públicos, se producen autos y tractores argentinos, se crea la marina mercante y se nacionalizan los seguros de las exportaciones argentinas, se inicia el desarrollo de una industria aeronáutica nacional y se generaliza la educación técnica mediante un sistema que se iniciaba en las escuelas de artes y oficios, continuaba en las escuelas técnicas y terminaba en la Universidad Obrera.

La caída de Perón da origen a una alternancia de gobiernos civiles y militares, en donde se intentan estrategias nacionalistas, desarrollistas, creando un clima de constante inestabilidad económica, ciclos inflacionarios y recesivos, que van consolidando la presencia de empresas extranjeras que desarrollan políticas de enclave aprovechando las ventajas de la debilidad de la moneda argentina, las industrias nacionales que no tenían una dimensión tal que les permitiera sobrevivir a estas inestabilidades económicas, trataban de generar lobbies para obtener concesiones del estado dando origen a la llamada "patria contratista" y vendían sus instalaciones invirtiendo en actividades rentísticas.

La vuelta de Perón al gobierno en 1973 y su muerte en 1974 genera una profunda división en la sociedad y surge de allí el peor régimen dictatorial de la historia reciente argentina, causando la desaparición de 30.000 personas, pero simultáneamente se produce la irrupción de políticas monetaristas que entre otras medidas aumentan los costos de producción nacional y liberan la importación de bienes provocando la quiebra de la mayoría de las empresas nacionales y el endeudamiento del país. Esta deuda marca hasta nuestros días un condicionante del desarrollo, ya que la deuda que se generó no produjo obras de infraestructura o creación de empresas nacionales como fue el caso de Brasil.

Los 80 se llamó la década pérdida, ya que la restitución del régimen democrático no interrumpido hasta nuestros días no pudo solucionar los problemas económicos causados por la falta de producción, un elevado déficit fiscal y el peso de la deuda externa. Durante los años 90 se aplicaron las recetas dadas por el Consenso de Washington, donde se privatizaron las empresas del estado que quedaron en manos de empresas extranjeras, se permitió el ingreso indiscriminado de la inversión extranjera directa, se dolarizó la economía, y continuó el endeudamiento externo. La crisis de este modelo provocó elevadas tasas de desocupación apareciendo en la Argentina el fenómeno de la exclusión social que no se había presentado antes, también el cierre de más empresas nacionales, resultando viables solamente aquellas que

podían colocar sus productos en el exterior o que, por razones de costos de transporte, no competían con productos extranjeros.

La crisis final del modelo se produjo en 2001, produciendo la caída del gobierno de De la Rúa y una crisis institucional a partir de la cual se abandonó la convertibilidad peso-dólar y se ajustó el déficit fiscal logrando, merced a una situación internacional con altos precios de productos agropecuarios exportables, un crecimiento sostenido en los últimos años.

### **4.1.3.- Contexto Científico-tecnológico argentino, la actualidad y su historia**

#### **4.1.3.1.- La evolución histórica de la ciencia argentina**

El período colonial no tiene prácticamente actividad científica alguna. Solo pueden señalarse publicaciones y observaciones aportadas por viajeros, misioneros y cronistas sobre ciencias naturales y etnografía, cierta preocupación colectiva por la difusión de la enseñanza y un incipiente ambiente científico en los albores del siglo XIX que desaparecen con el absolutismo político y las invasiones inglesas.

Las primeras manifestaciones culturales y científicas en el actual territorio argentino se deben a las órdenes religiosas, en especial la de los jesuitas, que en el siglo XVII fundó la primera universidad en Córdoba, que dictaba enseñanza en arte, teología y, a fines del siglo XVIII, jurisprudencia. También fundaron en Córdoba, en 1687, el Colegio de Monserrat. En su afán evangelizador realizaron expediciones exploratorias de importancia geográfica durante los siglos XVII y XVIII, y realizaron los primeros trabajos etnográficos y los primeros diccionarios y gramáticas de las lenguas araucana, guaraní y toba. Además fueron los constructores de la primera imprenta que funcionó en el país, la cual era manejada por los nativos que vivían en sus reducciones. El primer libro que se imprimió en ella data de 1700. También de ellos fue la segunda imprenta, que funcionó en el mencionado Colegio de Monserrat, con impresos de 1766. Dejó de funcionar en 1781 debido a la expulsión de la orden, pero reapareció en Buenos Aires al año siguiente como Real Imprenta de los Niños Expósitos y fue durante más de 30 años la única imprenta que funcionara regularmente en el país. Pocos fueron los trabajos de relevancia científica impresos por los jesuitas. Algunos de ellos fueron Los candelarios y las Tablas astronómicas del padre Buenaventura Suárez que realizó las primeras observaciones astronómicas en 1706, publicando en 1744 su trabajo *Lunario de un Siglo*. En 1787 el fraile dominico Manuel Torres desentierro del río Luján el primer esqueleto completo de megaterio. Después de dibujarlo lo envía a Madrid donde fue estudiado entre otros por Georges Cuvier.

La más importante expedición científica a las costas argentinas fue la llamada *expedición Malaspina* en 1789, propuesta y comandada por el italiano Alejandro Malaspina, que realizó trabajos hidrográficos, reunió material para el Jardín Botánico de España e investigó la historia y geografía de la zona.

En 1776 se crea el Virreinato del Río de La Plata y su segundo virrey Vértiz (1778-1783) tomó medidas para mejorar la cultura de la colonia. En esta época influyó la penetración de las ideas *iluministas* de Europa traídas principalmente por los jóvenes criollos que iban a estudiar a España. La

expulsión de los jesuitas en 1767 contribuyó a la difusión de las nuevas ideas, ya que esa orden era contraria a ellas y monopolizaba hasta ese entonces la educación. El Real Colegio Convictorio de San Carlos fundado en Buenos Aires en 1783 por Vértiz fue una institución surgida por obra de las nuevas corrientes, como así también el Protomedicato del Río de la Plata creado en 1779. Este último se encargaba del arte de curar y de formar y enseñar a profesionales. Dependía de España y su primer protomédico fue el irlandés Miguel O’Gorman. En 1793 se facultó a la institución para organizar estudios médicos y nace, en 1801, la primera escuela de medicina. Cosme Argerich, examinador del protomedicato, sería el mentor del Instituto Médico Militar que luego pasaría a formar parte del Departamento de Medicina de la Universidad de Buenos Aires.

Manuel Belgrano, como secretario del Consulado de Comercio de Buenos Aires, creó una *Escuela de geometría, arquitectura, perspectiva y toda especie de dibujo*, que inmediatamente formó parte de la Escuela de Náutica, creada en 1799 también por el Consulado con asesoramiento del marino español Félix de Azara. El objetivo de la academia no era sólo formar pilotos sino también proporcionar la enseñanza de las principales ramas de las matemáticas. Éstas, hasta ese entonces, solo tenían una función práctica y su desarrollo se limitaba a la concreción de simples estudios informales. Belgrano realizó esfuerzos para fomentar el estudio de las ellas de manera sistemática. Gracias a la academia llegan a nuestro país destacados matemáticos como Carlos O’Donnell, Pedro Cerviño y Juan Alsina. Félix de Azara emprendió una serie de viajes en misión oficial por la región del virreinato publicando las descripciones biológicas de las especies vertebradas conocidas, mientras que en su *Voyage dans l’Amerique meridionale* (1809) se ocupa de los insectos, peces, reptiles, *vegetales silvestres, de cultivo y sales minerales*.

Con respecto al periodismo, el Telégrafo Mercantil que se publicó a partir de 1801 y aparece en este último año el segundo periódico, *Semanario de Agricultura, Industria y Comercio*, dirigido por Hipólito Vieytes. Este semanario trataba temas vinculados con ciencia aplicada, en especial de agricultura. Así se publicaron *lecciones científicas de química, memorias de mineralogía, lecciones de agricultura mediante preguntas y respuestas, temas acerca de la vacunación antivariolosa*, una entusiasta descripción de los certámenes públicos en la Academia de Náutica, así como una serie de memorias, recetas, noticias y misceláneas referentes a cuestiones particulares.

El último periódico de la colonia, fue el *Correo de Comercio* de Manuel Belgrano, que contribuyó al despertar revolucionario.

Los acontecimientos políticos y militares de la primera década del siglo XIX llevan a decaer a las instituciones vinculadas con la enseñanza y con los estudios matemáticos y médicos que se habían creado durante el virreinato. Sin embargo, a partir de la Revolución de Mayo, existe un decidido apoyo y protección a las ciencias. Bernardino Rivadavia impulsó la creación de la Universidad de Buenos Aires y gestionó la llegada al país de científicos europeos. Así, se inicia una nueva etapa con la creación de la Universidad de Buenos Aires.

Durante los primeros años posteriores a la Revolución de Mayo merece solo destacarse la breve actuación de Juan Crisóstomo Lafinur que obtiene en 1819, por oposición pública, la cátedra de filosofía, que en aquel entonces incluía física, en el Colegio de San Carlos, ahora llamado Unión del Sud, su

enseñanza sin la clásica sotana secularizó el aula y los fundamentos de la enseñanza. En sus cursos difundió las ideas de Galileo Galilei, Isaac Newton y René Descartes dejando de lado lo religioso. En cuanto a los estudios matemáticos estos fueron formulados con idea de formar a los militares necesarios para la revolución independentista. En 1810 Belgrano, como vocal de la Junta de gobierno, instaló una escuela de matemática costeadada por el Consulado con esa finalidad. También estableció una escuela similar en Tucumán. El Directorio trató de restablecer los estudios matemáticos en Buenos Aires fundando en 1816 la *Academia de Matemáticas*, que se incorporó a la Universidad en 1821. La academia fue dirigida por destacados directores como el científico mejicano José Lanz traído por Bernardino Rivadavia, o quien lo suplantó: el español Felipe Senillosa. En 1818 hizo conocer un breve tratado de aritmética elemental y en 1825 un importante trabajo de índole metodológica: *Programa de un curso de geometría*, que evidencia los progresos que se habían realizado en materia de la enseñanza matemática.

Los estudios médicos, del Protomedicato que habían desaparecido en 1812, se restablecieron en 1815 al cerrarse el Instituto médico-militar que dirigía Cosme Argerich y funcionó precariamente hasta 1821 cuando pasó a depender de la Universidad de Buenos Aires. Este instituto estaba vinculado con el naturalista francés Aimé Bonpland.

En 1810 Mariano Moreno impulsó la creación de una Casa de Libros en Buenos Aires que se abre en 1812. Rivadavia creó varias escuelas, proyectó la confección de un plano topográfico de la provincia de Buenos Aires y la formación de un museo de historia natural, que recién comenzó a funcionar en 1823. El 12 de agosto de 1821 se inauguró oficialmente la Universidad de Buenos Aires. En ella se buscó enseñar y hacer ciencia de una manera organizada. Al inaugurarse ya tenía rector, el doctor Antonio Sáenz, y sus trabajos estaban ya tan adelantados que al día siguiente ya pudo conferir cinco grados de medicina y uno de derecho. En sus comienzos incorporó las instituciones docentes que ya existían: los cursos de matemática dependientes del consulado, los del Instituto médico-militar y los del colegio de la Unión. También asumió la parte teórica de la Academia de jurisprudencia y se hizo cargo de la enseñanza primaria.

En 1822 sus Departamentos eran los de: Primeras letras, Estudios preparatorios, Ciencias Exactas, Medicina, Jurisprudencia y Ciencias sagradas. La cátedra de materia médica y farmacia y la de física experimental creada en 1827 fueron desempeñadas por el médico italiano Pedro Carta Molino, le sucedió el astrónomo Octavio Fabricio Mossotti, también italiano. Se lo llamó para instalar un observatorio astronómico y fue, junto con Bonpland, el más importante formador de científicos de la Argentina de la primera mitad del siglo XIX. Sus cursos sobre dielectricidad influyeron, medio siglo después, en la atmósfera intelectual que permitió la primera electroestimulación prolongada (durante ocho meses) de un cerebro humano consciente, llevada a cabo desde el 15 de septiembre de 1883 en San Nicolás, y en la escuela neurobiológica argentino-germana en la que entroncan esos trabajos, a través de Richard Sudnik (1844-1915) y sus discípulos Frank Soler y Mariano Alurralde. Mossotti instaló un pequeño observatorio en el convento de Santo Domingo, junto con un gabinete meteorológico. Allí mismo instaló un aula de física experimental donde dictó cátedra entre 1828 y 1834, fecha en que se volvió a su país dejando vacante la cátedra por veinte años. Sus registros meteorológicos,

algunos de los cuales fueron utilizados por Humboldt y terminaron en el Instituto de Francia y los registros astronómicos sobre un eclipse de sol y sobre el cometa Encke fueron publicadas por la Real Sociedad Astronómica de Londres.

En el Convento de Santo Domingo se instaló, al crearse el Museo Público de Buenos Aires en 1823, un gabinete de historia natural. En 1833 el Museo contenía 800 piezas del reino animal, 1500 del mineral y un número desconocido del vegetal. También existía una colección numismática de más de 1500 piezas. El encargado del museo fue un ayudante de Pedro Carta, el italiano Carlos Ferraris. Con el retiro de ambos el museo cayó en el olvido no volviendo a resurgir por casi 30 años. En el Departamento de medicina los cursos estuvieron a cargo de los doctores Francisco de Paula Rivero y Francisco Cosme Argerich. En 1822 se creó la Academia de Medicina, que reunió a destacados facultativos nacionales y extranjeros, y que en 1823 publicó el primer volumen de sus Anales, iniciando la prensa periódica científica. Los primeros profesores de estudios jurídicos fueron el rector de la Universidad, Antonio Sáenz, en derecho natural y de gentes, y Pedro Antonio Somellera en derecho civil. En 1823 se incorporó al Departamento de Jurisprudencia la economía política. Esta materia fue dictada en 1824 por Pedro José Agrelo y a partir de 1826 por Dalmacio Vélez Sársfield. Este curso seguía la teoría de James Mill publicada en *Elementos de economía*, traducido en 1823 en Buenos Aires, y en la parte práctica enseñaba la aplicación de los principios a la economía doméstica, a la comercial y social, y a la estadística y administración de la hacienda pública. También se incorporó al Departamento de Jurisprudencia en 1826 la cátedra de Derecho público eclesiástico, cuyo primer profesor fue el presbítero Eusebio Agüero.

Urquiza se preocupó por crear instituciones en Entre Ríos, como el *Colegio de Concepción del Uruguay* en 1849 que más tarde se llamaría *Histórico Colegio del Uruguay*.

Francisco Javier Muñoz inicia los primeros trabajos en paleontología argentina, médico, llegó a ser decano de la Facultad de Medicina de Buenos Aires. En 1832 le había sido conferido el grado de socio en la Real Sociedad Jenneriana de Londres por sus estudios sobre la vacuna. En Chascomús en 1825, y en Luján entre 1828 y 1848, realizó una fructífera tarea removiendo y sacando a luz mamíferos fósiles, muchos de ellos desconocidos hasta el momento. Luego amplió la colección de fósiles del Museo de Buenos Aires, entre ellos con su más importante descubrimiento el *Tigre fósil*. Sus más destacados trabajos escritos son una monografía sobre los hábitos del ñandú en la que además describe la vida del gaucho, y sus *Apuntes topográficos del territorio y adyacencias del Departamento del Centro de la Provincia de Buenos Aires*. Sus obras pasarían inadvertidas dada la escasa importancia que se le daba a la ciencia.

Los dos viajes científicos más importantes de esta época fueron el de Alcides D'Orbigny y el de Charles Darwin. D'Orbigny visitó las regiones del Litoral, Corrientes, las antiguas Misiones y la Patagonia. Darwin estuvo dos veces en territorio argentino: en 1833 después de haber navegado por las zonas australes con el *Beagle* se dirigió por la vía terrestre a Buenos Aires y luego a la provincia de Santa Fe para regresar por el río Paraná hasta el Río de La Plata donde volvió al *Beagle*; en 1835 cruzaría dos veces la Cordillera de los Andes al venir del lado de Chile. Los resultados de sus observaciones, que

fueron la base de la teoría que lo haría famoso, se publicaron en su *Viaje de un naturalista alrededor del mundo* 1849. Prácticamente la mitad de esta obra se refiere a su visita al país.

Hacia 1860, tanto en la Argentina como en América Latina prevalecía el positivismo, consagrada más a los problemas científicos y sociales que a la especulación metafísica pura, llegó al país cuando ya en Europa había concluido su misión, pero debido a su influencia en las ciencias, la educación y la sociología, los frutos del positivismo argentino, más allá de sus limitaciones, pueden juzgarse generosos, y nutrió a la generación que gobernaba el país hacia 1880 y 1910. Entre los positivistas más destacados se hallaban Florentino Ameghino y Francisco P. Moreno.

Nacen en ese período varias instituciones de enseñanza superior que darían lugar a la fundación de universidades nacionales. Una de ellas fue la Universidad de la Plata, que en principio pertenecía a la Provincia de Buenos Aires y había sido creada por una ley de 1889 que se concretó recién en 1897. Esta se componía de cuatro facultades: Medicina, Derecho, Ingeniería, Química y Farmacia; esta última que aún no existía en Buenos Aires. Esta universidad se nacionalizó y organizó en forma definitiva en 1905 gracias al ministro Joaquín V. González. A su vez el gobierno de la provincia de Buenos Aires le cedió el Observatorio Astronómico, instituido en 1882; el Museo de Ciencias Naturales, creado en 1884, la Biblioteca Pública, la Escuela práctica de agricultura y ganadería de Santa Catalina, fundada en 1872, y la Facultad de Agronomía y Veterinaria que era la primera en su género en el país, creada por ley de 1889, independientemente de la universidad provincial.

Los estudios de astronomía y física que se iniciaron en la Argentina en la Universidad Nacional de la Plata y sus físicos adquirieron una elevada jerarquía científica internacional, en gran parte gracias a contar con un Instituto de Física instalado científicamente y dirigido por expertos como Emil Hermann Bosc (1874-1911) y su sucesor Richard Gans (1880-1954).

Otras instituciones universitarias de importancia creadas en este período son: la Universidad provincial de Santa Fe (1889), la de Tucumán (1912), y la Escuela de Ingenieros de San Juan (1876). Por un decreto de 1852, la Universidad de Buenos Aires se reorganizó. En 1858 se instauró el régimen de concursos docentes y se crearon nuevas carreras. La cátedra de física estuvo a cargo de uno de los educadores de más prestigio de la época, Amadeo Jacques. Sin embargo el Departamento de Ciencias Exactas se reorganizó recién en 1863, por obra de Juan María Gutiérrez, quien fue rector de la UBA desde 1861 hasta 1874. Sus *Noticias históricas sobre el origen y desarrollo de la Enseñanza Superior en Buenos Aires* (1868) constituyen un clásico en el cual volcó todos sus conocimientos sobre el tema. Vinieron Bernardino Speluzzi de la universidad de Pavia, Emilio Rossetti de la universidad de Turín, ambos profesores de matemáticas y Pelegrino Strohel de Parma, en historia natural. En 1866 comenzó a funcionar el departamento comprendiendo la enseñanza de las matemáticas puras, aplicadas y de la historia natural con la finalidad de "*formar en su seno ingenieros y profesores, fomentando la inclinación a estas carreras de tanto porvenir e importancia para el país*". Algunos de los primeros en recibirse fueron destacados ingenieros y científicos como Luis A. Huergo, Guillermo White y Francisco Lavalle. En 1865 presidió una comisión que presentó el "*proyecto de un plan de instrucción general y universitaria*" cuyo informe constituyó un documento valioso tanto desde el

punto de vista histórico como también por sus concepciones didácticas y científicas.

Del Departamento de Exactas egresaron en 1869 los primeros doce ingenieros argentinos, a quienes se denominó "*los doce apóstoles*". Entre ellos estaban Luis A. Huergo y Valentín Balbín, que fueron presidentes de la Sociedad Científica Argentina. En 1891 el Departamento adoptó el nombre de *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, apareciendo en sus planes de 1896 el doctorado en química. La Facultad incluía las carreras de Ingeniería y Arquitectura. En 1909 se crearon las facultades de Agronomía y Veterinaria, del Instituto de Altos Estudios Comerciales y de Ciencias Económicas. En 1881, al convertirse la Ciudad de Buenos Aires en Capital Federal, la Universidad pasó a depender del Estado nacional. En 1883 la Universidad se hizo cargo de la dirección técnica del Hospital de Clínicas, que se convirtió así en hospital escuela.

La Universidad de Córdoba se nacionalizó en 1856. Durante la presidencia de Sarmiento tendrían cabida por primera vez las ciencias exactas y naturales. Sarmiento encomendó a Burmeister las gestiones para incorporar a un grupo de profesores europeos para dictar clases de dichas ciencias. Estos trabajaron bajo la dirección de Burmeister en la Academia de Ciencias de Córdoba y dictaban clases en la Universidad. Dicha academia se convirtió en la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas que en realidad sólo formó ingenieros pero se enseñaba y cultivaba las ciencias exactas y naturales. Algunos de los profesores destacados que enseñaron en la Academia fueron el botánico Paul G. Lorente y Federico Kurtz que integró una importante expedición científica al Chaco que dirigió Holmberg y en la que también figuraban los dos Ameghinos. También se destacaron los zoólogos H. Weyembergh, holandés que en 1878 fundó el Periódico Zoológico Argentino, y Adolfo Doering, que junto con Lorente participó de la expedición del general Julio Argentino Roca al Río Negro.

Al mismo tiempo que en Córdoba se iniciaban actividades científicas en Buenos Aires se creaba en 1872 la Sociedad Científica Argentina gracias a la iniciativa de profesores, graduados y alumnos del Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad. Su objetivo era fomentar el estudio de las ciencias y de sus aplicaciones. Su primer presidente fue Luis A. Huergo y durante mucho tiempo fue el único centro de consulta de los gobiernos. Contribuyó en las exploraciones geográficas a la Patagonia de Francisco P. Moreno en 1875 y de Ramón Lista en 1877. Organizó los congresos científico latinoamericano que se iniciaron en 1898 y en 1908 se convirtieron en los *Congresos Panamericanos* y en 1921 en *los Americanos*. También el certamen internacional organizado durante el centenario de la Revolución de Mayo. Uno de los fundadores y principales promotores de la Sociedad fue el futuro jurisconsulto Estanislao Zeballos que fundó el periódico Anales Científicos Argentinos que en 1876 se convirtió en la publicación oficial de la Sociedad Científica Argentina.

Las ciencias naturales y la astronomía fueron las primeras en organizarse después de Caseros. El desmantelado Museo de Buenos Aires se reorganizó gracias a la Asociación Amigos de la historia natural del Río de la Plata, creada en 1854. En este año Urquiza fundó en Paraná el Museo Nacional, que luego se convirtió en provincial y que adquirió importancia por su colección de fósiles. Y también en este año se creó en Corrientes un Museo Provincial del cual fue director Aimé Bonpland. El museo de Buenos Aires entra definitivamente en su etapa científica cuando se hace cargo de él Carlos

Germán Burmeister, naturalista, paleontólogo y zoólogo alemán, que desempeñó la mayor parte de su carrera en la Argentina y realizó exhaustivos trabajos sobre la descripción de la fauna, flora, geología y paleontología de varios países sudamericanos, pero en especial de la Argentina, publicando cerca de 300 títulos, entre ellos su *Description Physique de la République Argentine*, que con magníficas ilustraciones mereció la medalla de oro en su presentación en la Exposición Geográfica de Venecia. Dirigió desde 1862 y hasta su muerte el Museo de Buenos Aires. Fundó, como se comentó anteriormente, la Academia de Ciencias Naturales de Córdoba integrando a ella a varios profesores venidos de Europa y dejando tras de sí un importante grupo de discípulos. En 1866, con el apoyo del rector de la Universidad de Buenos Aires, Juan María Gutiérrez, fundó la Sociedad Paleontológica de Buenos Aires cuyo principal fin fue el de estudiar y dar a conocer los fósiles del entonces Estado de Buenos Aires y fomentar el Museo Público.

El Museo de La Plata, que junto con el de Buenos Aires es el centro más importante para el estudio de las ciencias naturales, vincula su origen con el de Francisco P. Moreno. Este se interesó por la paleontología y la arqueología e inició viajes por Catamarca y en especial por la Patagonia. Su conocimiento de la región le valió ser designado perito en cuestión de límites con Chile. Los datos y materiales recogidos en sus expediciones abrieron horizontes nuevos a la antropología sudamericana e impulsaron a varios científicos europeos a tomar a las razas indígenas de América del Sur como objeto de estudio. En 1877 donó toda su colección arqueológica, antropológica y paleontológica personal, consistente en más de 15.000 ejemplares de piezas óseas y objetos industriales, a la provincia de Buenos Aires, que fundó con ellas el *Museo Antropológico y Etnográfico de Buenos Aires*. Con la fundación de la ciudad de La Plata el gobierno provincial decidió trasladar el museo a la nueva capital y entonces recibió el nombre de Museo de Historia Natural de La Plata. La incorporación del Museo a la Universidad significó modificaciones esenciales en su finalidad y en su estructura: las instalaciones se redujeron, parte de su biblioteca se distribuyó entre otros institutos universitarios y su imprenta pasó a pertenecer a la provincia.

El tercer más grande museo fue el *Etnográfico*, dependiente de la facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires, fundado en 1906 y organizado por Juan Bautista Ambrosetti, naturalista argentino. En 1908 Ambrosetti descubrió el yacimiento del Pucará de Tilcara en la Quebrada de Humahuaca, en su verdadero valor científico, hallazgo que proporcionó rico material arqueológico y antropológico. La labor iniciada por Ambrosetti en el Museo Etnográfico y en Tilcara fue continuada por Salvador Debenedetti. Con estos dos grandes arqueólogos se inicia en el país la exploración arqueológica con criterio científico. Un discípulo de Debenedetti, Eduardo Casanova, culminaría la restauración del Pucará de Tilcara. En esta surge un gran científico argentino Florentino Ameghino, que fue naturalista, paleontólogo y antropólogo. Autodidacta, estudió los terrenos de la Pampa, coleccionando numerosos fósiles, en los que se basó para hacer numerosas investigaciones de geología y paleontología. También investigó el hombre cuaternario en el yacimiento de Chelles.

La *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*, de 1889, le valió la medalla de oro en la Exposición Universal de París, también *Filogenia, principios de clasificación transformista basados*

*sobre leyes naturales y proporciones matemáticas*, que lo ubicó entre las pocas figuras mundiales del enfoque paleontológico de la biología evolutiva. Su última obra fue *Formaciones sedimentarias del Cretáceo Superior y del Terciario de Patagonia*, una obra que planteó hipótesis sobre la evolución de los diversos mamíferos y analizó las distintas capas de la corteza terrestre y sus posibles edades. Una recopilación de sus trabajos, se cuentan 24 volúmenes de entre 700 y 800 páginas cada uno, que contienen clasificaciones, estudios, comparaciones y descripciones de más de 9.000 animales extinguidos, muchos de ellos descubiertos por él. Científicos de América y Europa viajaban a la Argentina a conocer la *colección de Ameghino*. *La antigüedad del hombre en el Plata* y *Los Mamíferos fósiles en la América Meridional*, que se traduciría más tarde al francés, fueron publicadas en 1878. En 1884 publicó Filogenia, en la que desarrolla su concepción evolucionista, de neto corte lamarckiano, y propicia, la fundación de una taxonomía zoológica de fundamentos matemáticos.

En 1886, Francisco Moreno nombra a Eduardo Holmberg vicedirector del Museo de La Plata, asignándole la sección de paleontología, que Ameghino enriqueció con su propia colección. Pero en 1888 su destino fue la Cátedra de Zoología de la Universidad de Córdoba. Un año después presentó en las Actas de la Academia Nacional de Ciencias su obra magna: *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*. Otro de los grandes naturalistas de la época fue Eduardo Ladislao Holmberg a quien el país le debe en gran medida el estudio de las ciencias naturales. En 1911 fundó la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales. A él se debe también el progreso del Jardín Zoológico de Buenos Aires, que había sido fundado en 1875 por iniciativa de Sarmiento pero que recién entró en actividad en 1888 cuando Holmberg fue nombrado su director.

Sarmiento invitó a Gould en 1869 a viajar a la Argentina prestándole todo su apoyo para organizar un observatorio nacional. Por razones astronómicas se eligió como lugar las proximidades de la ciudad de Córdoba. Gould llegó en 1870 y tuvo que esperar pacientemente la llegada de los aparatos encargados a una firma europea. Pero, en la espera del instrumental científico, comenzó a simple vista y con ayuda de un antejo de teatro, un mapa del cielo austral que el 24 de octubre de 1871, fecha de inauguración del entonces llamado Observatorio Astronómico Argentino, luego Observatorio Astronómico de Córdoba, contaba con más de 7.000 estrellas que se publicaron en la *Uranometría argentina* de 1879, por la cual recibió en 1883 la medalla de oro de la Sociedad Real de Astronomía. Entre sus trabajos se destacó su *Catálogo de Zonas*, donde dejó registradas 73.160 estrellas del hemisferio austral, y el *Catálogo General Argentino* que contiene 32.448 estrellas cuyas posiciones fueron fijadas con muy buena precisión. De esta manera Gould y el Observatorio de Córdoba subsanaron la deficiencia de los catálogos australes. Gould fue uno de los primeros en el mundo que aplicó la fotografía a los estudios astronómicos, a partir de 1866. A mediados de la década de 1870, sus fotos astronómicas, de muy alta calidad, fueron elogiadas en todo el mundo y muchas de ellas premiadas internacionalmente. También gracias a él se iniciaron los estudios de meteorología ya que gracias a su iniciativa Sarmiento remitió un proyecto de ley sancionado y promulgado en 1872, creando la Oficina Meteorológica Nacional que funcionó anexa al Observatorio de Córdoba hasta 1884, bajo la dirección de Gould. Como director

del observatorio su labor de organizador y científico se prolongó hasta 1885, año que marca su regreso a Estados Unidos. Le sucedió al frente del observatorio uno de sus asistentes, John Macon Thome, bajo cuya dirección se publicó la monumental *Córdoba Durchmusterung*, catálogo con más de seiscientos mil estrellas, y se inició la colaboración en tareas internacionales. A su muerte asumió la dirección otro especialista en fotografía astronómica: Charles Dillon Perrine.

En cuanto al Observatorio Astronómico de La Plata, este nació en 1882, pero al principio su actividad fue casi nula. En 1905 se incorporó a la Universidad de la Plata, recién en 1915 con la dirección de William Hussey, que había sido director del observatorio de Michigan, el observatorio comenzó una tarea compartida con el de Córdoba en tareas internacionales.

En 1879 se fundó por iniciativa de Estanislao Zeballos el Instituto Geográfico Argentino que patrocinó viajes exploratorios. Cinco años después se funda de manera precaria el Instituto Geográfico Militar, que se organiza en 1902 con un vasto plan de operaciones geodésicas, cartográficas y topográficas. Las exploraciones a la Patagonia realizadas por naturalistas argentinos motivaron el interés científico por esa región en otras partes del mundo, y así entre 1896 y 1899, la Universidad de Princeton realizó tres viajes de estudio al sur argentino. Es de destacar además la célebre expedición argentina comandada por Julián Irizar, realizada en 1903 por el mar austral a bordo de la corbeta Uruguay, que rescató al explorador sueco Otto Nordenskjöld.

Después de Caseros los estudios médicos fueron los primeros en organizarse a través de una escuela de medicina que se mantuvo separada de la Universidad de Buenos Aires hasta 1874, en que volvió a formar parte de ella. En este período se destacaron los cirujanos Manuel Augusto Montes de Oca e Ignacio Pirovano o la familia de los Ayerza, originarios del País Vasco, Toribio Ayerza y su hijo Abel Ayerza, descubridor de la Enfermedad de Ayerza. Una de las grandes figuras públicas de la medicina fue Guillermo Rawson, primer profesor de higiene del país y fundador junto a Toribio Ayerza de la sección argentina de la Cruz Roja en 1880.

En 1854 Bartolomé Mitre reprodujo en Buenos Aires el *Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay* que había sido fundado años antes por los proscriptos de Montevideo. Este desaparece hacia 1860 para reaparecer en 1893 como Junta Numismática Americana y convertirse a fin de siglo en Junta de Historia y Numismática Americana editando libros raros e inéditos. En 1889 nace el primer Museo Histórico, creado por la Municipalidad de Buenos Aires y nacionalizado dos años después, siendo su fundador y animador Adolfo P. Carranza. Pero la figura que se destacó en los estudios históricos fue la de Bartolomé Mitre. Su labor comprendió, obras, memorias, artículos periodísticos, discursos y una intensa labor recopilando documentos, y fundando y organizando instituciones. Sus obras, *Historia de Belgrano*, los tres volúmenes de la *Historia de San Martín*, considerada obra fundadora de la historiografía argentina de la emancipación americana; y la *Oración* que pronunció con motivo del centenario del nacimiento de Bernardino Rivadavia forman una cabal historia de la Argentina.

Historiadores posteriores, como Adolfo Saldías y José María Rosa han cuestionado su labor como historiador y la interpretación dominante del siglo XIX argentino que se desprende de ella, dando lugar al llamado *revisiónismo*

*histórico en Argentina*. Su labor como bibliógrafo y lingüista le permitió reunir una de las mejores bibliotecas sobre lenguas americanas, cuyo *Catálogo Razonado* fue publicado póstumamente por el Museo Mitre, que se creó en 1907 gracias a las donaciones que él legó.

La llamada *generación del 80* mostró preferencia por los temas sociológicos aplicados a la vida social argentina. El primer profesor de sociología fue Ernesto Quesada que se hizo cargo de la cátedra en la Facultad de Filosofía en 1904 de la Universidad de Buenos Aires enseñando y publicando distintos aspectos de la sociología, doctrinarios, históricos y aplicados a la vida americana o argentina. Otra cátedra de sociología se creó en 1908 en la Facultad de Derecho de la misma universidad, siendo su primer profesor Juan Agustín García, autor de numerosos escritos sobre la evolución de la inteligencia argentina. Su obra *La ciudad indiana* fue el primer estudio sobre la sociedad colonial.

También se ocuparon de la sociología José María Ramos Mejía, que escribió entre otros un estudio de psicología colectiva en *Las multitudes argentinas*, y Joaquín V. González, con su ensayo sociológico *La tradición nacional* y el artículo *El juicio del siglo o cien años de historia argentina*. También contribuyó al conocimiento de la vida social argentina los datos estadísticos que fueron copilándose gracias a la Oficina Nacional de Estadística creada en 1856 y que se convirtió en 1894 en la Dirección General de Estadística. El primer censo de población se realizó en 1869.

En 1900 Alfredo Palacios presenta su tesis doctoral titulada *"La Miseria en la República Argentina"*, considerada la primera investigación argentina referida a las condiciones de vida de la población. La tesis fue rechazada entonces pues los reglamentos universitarios prohibían incluir expresiones que pudieran resultar injuriosas para las instituciones. En 1904 Juan Bialet Massé presentó su extenso *Informe sobre el estado de la clase obrera* en tres tomos, considerada la primera investigación laboral realizada en el país.

A partir de la década de los 90 y por unos treinta años la ciencia decae: las instituciones científicas y universitarias se estancan, producen menos publicaciones y sus directores no consiguen con sus gestiones mejorar las instalaciones. Este retroceso en las ciencias contrasta con el impulso que si obtuvieron las instituciones y publicaciones en el campo de la economía y la técnica, posponiendo toda preocupación por la ciencia pura.

En efecto, la cátedra de economía política que había quedado vacante en la época de Rivadavia se restableció en 1892 y en 1913 se creó la Facultad de Ciencias Económicas en Buenos Aires. También surge la Unión Industrial Argentina en 1887 y se incrementan fuertemente las obras públicas con, principalmente, los ferrocarriles, el saneamiento de la capital y los puertos. También se incrementan las instituciones y publicaciones de índole técnica, como por ejemplo la *Revista Técnica*, fundado en 1895, periódico que por 22 años fue tribuna de los grandes problemas nacionales. También en este año se crea el *Centro Nacional de Ingenieros* y hacia fin de siglo la llamada *Revista Politécnica* publicada por el centro estudiantil *La Línea Recta* de la facultad de Ingeniería de Buenos Aires, que se creó seis años antes y contribuyó en gran medida al progreso intelectual.

A partir de 1904 los estudiantes de la Universidad de Buenos Aires comenzaron a apuntar contra la estructura de las facultades creada por la ley Avellaneda que había hecho que los consejos (Academias) se transformaran

en círculos cerrados, vitalicios, marginados de la vida universitaria y sin dinamismo científico. Se realizaron manifestaciones estudiantiles callejeras de importancia y se logró que las academias pasaran a mano de los profesores. La llegada del radicalismo al poder en 1916 y la revolución rusa tuvieron influencia en el movimiento conocido como *Reforma Universitaria de 1918*, en el ámbito de la Universidad de Córdoba, que modificó los estatutos dándole a la universidad mayor eficacia, agilidad y renovación. El movimiento reivindicó un nuevo tipo de universidad cuyos postulados básicos eran la participación estudiantil en el gobierno, la periodicidad en el ejercicio de la cátedra, los concursos para la elección de profesores, la asistencia libre a clases y la extensión universitaria.

En 1919 se crea la *Universidad Nacional del Litoral*, a partir de la Universidad provincial de Santa Fe, con siete facultades distribuidas en Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes. En 1921 se nacionaliza la Universidad de Tucumán y en 1939 se crea a partir de centros educativos ya existentes y otros nuevos la Universidad Nacional de Cuyo, con facultades en Mendoza, San Juan y San Luis. Y recién en 1956 se crean la Universidad Nacional del Sur y la Universidad del Nordeste.

Algunas universidades editan revistas de carácter general con trabajos de interés científico. En la Universidad de Buenos Aires se creó en 1955 un *Departamento Editorial* que tomó a su cargo la publicación de la *Revista de la Universidad de Buenos Aires* que había sido creada en 1904 e inició la publicación de una serie de libros de Agronomía y Veterinaria, Ciencias Económicas, Derecho y Ciencias Sociales, Filosofía, Letras e Historia. En este segundo aspecto el Departamento fue sustituido en 1958 por la Editorial Universitaria de Buenos Aires, EUDEBA, que a partir del año siguiente inició una extensa labor editorial publicando hasta fines de 1961 más de 150 títulos.

Con la revolución del 6 de septiembre de 1930 que convirtió en presidente *de facto* a José Félix Uriburu, la UBA fue intervenida. La intolerancia fue una de sus características más sobresalientes y se puso de manifiesto a través de la persecución a estudiantes y profesores, expulsándolos por motivos diversos, entre ellos el de pertenecer al partido radical. A pesar de todo la UBA continuó formando profesionales y llevaba adelante, merced al esfuerzo individual de algunos de sus integrantes, unos pocos programas de investigación.

El crecimiento de Buenos Aires y la prosperidad económica que brindaba la expansión del mercado interno permitieron a los hijos de la clase media llegar a la Universidad. Entre 1935 y 1955 la matrícula de la UBA pasó de 12.000 a 74.000 alumnos. Desde el punto de vista científico la institución vivió su momento más destacado entre 1955 y 1966, alcanzando un gran reconocimiento a nivel internacional y niveles hasta entonces inigualados de producción académica.

La Sociedad Científica Argentina continuó su labor publicando una serie de monografías entre 1923 y 1926 con el título de *Evolución de las ciencias en la República Argentina*. En 1934 creó nuevas filiales en el interior del país (ya existía la de La Plata desde 1886). En 1937 constituyó un *Comité Argentino de Bibliotecarios* que en 1942 dio a conocer un *Catálogo de publicaciones periódicas científicas y técnicas* de aquellas instituciones científicas que pertenecían al Comité. Desde 1943 funcionaron además el *Seminario Matemático Dr. Claro C. Dassen* y el *Seminario Dr. Francisco P. Moreno*

creado en 1946. En 1933 se creó la *Asociación para el progreso de las Ciencias* que concedía subsidios y becas y que en 1945 publica la revista mensual *Ciencia e Investigación*.

Con el objeto de incentivar la investigación científica se crean distintas instituciones estatales al efecto. En 1951, durante el mandato del Presidente Juan Domingo Perón se creó el Consejo Nacional de Investigaciones Técnicas y Científicas (CONITYC). Presidido por el mismo Presidente de la Nación, en su primera etapa el CONITYC congregó a importantes científicos, entre ellos los físicos José Balseiro y Enrique Gaviola, el ingeniero nuclear Otto Gamba y el astrónomo Juan Bussolini. El Consejo colaboraba estrechamente con la Dirección Nacional de Investigaciones Técnicas y Científicas, creada en 1950. Una de las primeras acciones del CONITYC fue la realización del Primer Censo Científico Técnico Nacional, que recopiló información sobre todas las investigaciones llevadas a cabo en la Argentina, tanto en el sector público como en la industria privada. A partir de los resultados del Censo y en línea con las previsiones del Segundo Plan Quinquenal del gobierno, se decidió estimular la formación en física y química en la enseñanza secundaria.

También el gobierno de Perón se caracterizó por el intento de elevar el nivel de vida de los trabajadores urbanos asalariados, por el deseo de convertir al país en una nación industrializada y por un discurso fuertemente nacionalista. Estas tres ideas, íntimamente relacionadas, afectaron a todos los campos de acción política, incluida la educación. El gobierno peronista lanzó desde sus orígenes una ambiciosa reforma educativa que tenía en mente esos tres objetivos. El programa de desarrollo de las manufacturas y el deseo de mejorar la suerte de los trabajadores se vieron acompañados de una política que estimuló el aprendizaje técnico para los obreros industriales. El nacionalismo impulsado por el estado, impulsó la creación de la Universidad Obrera Nacional (UON) en 1952 fue un buen reflejo de estas tendencias. En primer lugar, significaba elevar la educación técnica a categoría universitaria, como parte del programa modernizador, es decir industrializador, que estaba llevando a cabo el gobierno. En segundo lugar, permitió a algunos trabajadores que habían recibido instrucción en las escuelas técnicas el acceso a la Universidad y presumiblemente al ascenso social. Esta iniciativa fue resistida por empresarios el resto de las universidades e incluso los colegios profesionales que se negaban a matricular a los egresados de la UON

Tanto el Consejo, la UON y la mayoría estos emprendimientos fueron desmanteladas tras la autodenominada *Revolución Libertadora* que derrocó a Perón en 1955 y en 1958 durante la dictadura de Pedro Eugenio Aramburu, se crea en su reemplazo el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), bajo la dirección de Bernardo Houssay, Premio Nobel de Medicina. El consejo introdujo en 1960 carrera de investigador científico, disponiendo el financiamiento de la investigación para permitir que los científicos pudieran dedicarse de forma permanente y completa a lo que decenios más tarde se conocería como I+D. Junto con ello, se definió un programa nacional de becas para la investigación y otro de subsidios para la investigación privada. Además desarrolló convenios con los gobiernos provinciales, las entidades académicas y el sector privado para dar origen a centros de investigación especializados; tras la restauración de la democracia y a partir del gobierno de Arturo Frondizi se crearían, entre otros, el Centro Experimental de la Vivienda Económica en Córdoba, el Centro de Investigación

y Desarrollo en Tecnología de Pinturas en La Plata, el Instituto Nacional de Limnología en la provincia de Santa Fe, el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química en Santa Fe, la Planta Piloto de Ingeniería Química en Bahía Blanca y el Centro Nacional de Radiación Cósmica, que eventualmente se reestructuraría como Instituto de Astronomía y Física del Espacio.

En 1968 se crea el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) que unifica la orientación y ejerce la dirección superior de todas las actividades estadísticas oficiales que se realizan en el territorio de la República Argentina. La producción de información estadística la realiza a través de distintos métodos de captación de datos (censos, encuestas, registros administrativos, etc.), que responden a criterios internacionales y permiten la confección de indicadores en relación a diferentes áreas temáticas.

Gracias a la labor del matemático español Julio Rey Pastor, radicado en el país desde 1921, que logró la creación de institutos, revistas y agrupaciones, los estudios matemáticos avanzaron muchísimo. En 1936 nace la Unión Matemática Argentina que edita su propia revista. A partir de 1940 el avance de las matemáticas es notorio, en especial por el nivel científico alcanzado por la gran producción académica del momento. Se destacan en la Universidad de Buenos Aires los continuadores de la obra de Rey Pastor, como Juan Blaquier, Francisco La Menza y Florencio Jaime, este último propulsor de la matemática en la enseñanza media. Se incorpora al plantel docente del Instituto Nacional del Profesorado de la Universidad Nacional de Cuyo, Manuel Balanzat y Mischa Cotlar dicta clases en las Universidades de La Plata y Cuyo. En Rosario se crea en 1938 el Instituto de Matemática de la Universidad del Litoral que es dirigido por el italiano Beppo Levi y edita sus publicaciones y una revista periódica didáctica: *Mathematicae Notae*. Se crean varios Institutos de Matemática en distintas universidades, uno de los más importantes es el de matemática, astronomía y física de la Universidad de Córdoba, creado en 1956 por Enrique Gaviola. En 1953, debido al aumento del alumnado, la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la UBA se desdobló en una de Ingeniería y otra de Ciencias Exactas y Naturales. Entre otras publicaciones edita cuatro series de sus Contribuciones científicas e inicia en 1958 sus Cursos y seminarios de matemática.

Con los auspicios de la UNESCO la UBA crea en 1959, el *Centro Regional de Matemática para América Latina*, según proyecto presentado el año anterior por el gobierno argentino. La llamada "Generación de 1961" se conformó por una serie de matemáticos de relevancia quienes llevaron a las matemáticas a ocupar un alto lugar en el ámbito académico internacional. En 1961 se instaló en el Instituto de Cálculo de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA la primera computadora del país, una Ferranti Mercury bautizada "Clementina". Fue traída desde Inglaterra por su director, Manuel Sadosky, dando un gran impulso a los métodos analíticos de cálculo.

Además del ya mencionado Instituto de Física de La Plata, en 1925 se creó en Tucumán el Instituto de Física de la Universidad de Tucumán. Durante el primer gobierno de Perón se anunció la puesta en marcha de Proyecto Huemul con el fin de producir tecnología de fusión nuclear. El proyecto fue transferido posteriormente al Centro Atómico Bariloche dependiente de Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA, creada en 1950 y al Instituto de Física de la Universidad Nacional de Cuyo que más tarde fue designado con

el nombre de Instituto Balseiro. La CNEA desarrolla aún hoy una seria labor de investigación que publica en series especiales.

Uno de los más importantes físicos y astrónomos de la Argentina, reconocido a nivel mundial, fue Enrique Gaviola. Realizó su formación como físico y matemático en Alemania, donde llegó en 1922 y estudió junto a los científicos más encumbrados de la época, entre ellos Max Planck, Max Born y Albert Einstein, el cual lo consideraba su colega y amigo. Al volver a la Argentina en 1929 inicia una prédica por el desarrollo científico del país y ocupa importantes cargos, como el de Director del Observatorio Astronómico de Córdoba y es profesor en las universidades de Buenos Aires y La Plata. Como ya se comentó, gracias a Gaviola muchos científicos europeos fueron rescatados de la amenaza del nazismo. Impulsó la creación de la Asociación Física Argentina y del Instituto de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad de Córdoba, creado en 1956 para apoyar las actividades de observación. Bajo la dirección de Gaviola (entre 1940 y 1947 y de 1956 a 1957) el Observatorio de Córdoba se transformó en un centro científico de primer orden, con el diseño y construcción del Observatorio Astrofísico de Bosque Alegre, inaugurado en 1942. Con su colega Ricardo Platzcek diseñaron el primer espectrógrafo estelar del mundo construido totalmente con espejos. Birkhoff, Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Harvard, lo llamó "*la verdadera declaración de independencia argentina*".

El Observatorio de La Plata se separó en 1920 de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas y se convirtió en un establecimiento destinado a la investigación y formación de astrónomos. El ingeniero físico y doctor en astronomía Carlos Varsavsky fue el fundador y primer director del Instituto Argentino de Radioastronomía, inaugurado en 1964, y presidente de la Asociación Física Argentina. Participó en la construcción del radiotelescopio más grande del hemisferio sur, en Villa Elisa (Buenos Aires).

El desarrollo de los estudios químicos fue en aumento, sobre todo en cuanto a sus aplicaciones a la biología, medicina e industria. Entre las instituciones oficiales se fundó en 1929, el Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, en la facultad de Química Industrial y Agrícola de Santa Fe; y en 1936 el Instituto de Investigaciones Microquímicas de Rosario. Luis Federico Leloir, médico y bioquímico, que recibiría el Premio Nobel de Química en 1970 por sus investigaciones centradas en los nucleótidos de azúcar, y el rol que cumplen en la fabricación de los hidratos de carbono, trabajó desde 1945 en el Instituto dirigido por Bernardo A. Houssay, precedente del Instituto de Investigaciones Bioquímicas de la Fundación Campomar, que Leloir dirigiría durante 40 años desde su creación en 1947 a manos del empresario y mecenas Jaime Campomar. Es también de destacar la labor de Venancio Deulofeu, que se doctora de químico en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires en 1924. Más tarde colaboró en la obtención de un exitoso nuevo tipo de insulina de acción retardada. Entre 1948 y 1972 publicó alrededor de 150 artículos en revistas del mayor prestigio nacional e internacional. Su aporte a la ciencia en el área de la Química fue múltiple, original y de importancia internacional.

Los estudios meteorológicos adquieren impulso con la creación, en 1935 de la Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología y con la organización en la UBA del doctorado en meteorología (1953). Se crea el Observatorio Central (Observatorio de Buenos Aires) destinado al servicio sismométrico en

1927 y el Observatorio del Pilar (Córdoba) en 1904 para el servicio geomagnético. También en 1959 se funda la institución privada Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. El Instituto Geográfico Argentino es reemplazado por la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos en 1922 y por la Academia Argentina de Geografía. En el campo de la geografía, deben resaltarse las expediciones a la Antártica y la creación del Instituto Antártico Argentino en 1956 y del Instituto Geográfico Militar que realiza los trabajos geodésicos fundamentales y el levantamiento topográfico de todo el territorio. Por ley nacional de 1936 este instituto realiza la medición de un arco de meridiano a lo largo del país, siendo el presidente de la comisión encargada de llevarla a cabo el director del Observatorio de La Plata, *Félix de Aguiar*.

La fisiología fue una de las ciencias médicas que mayor vigor y desarrollo tuvo en el país, y esto fue en gran parte gracias a Bernardo Houssay, quien recibió en 1947 el Premio Nobel de Fisiología y Medicina. Se graduó de farmacéutico a los 17 años y de médico a los 23, dos años después de comenzar la docencia en la Universidad de Buenos Aires. Fundó en 1919 el Instituto de Fisiología en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires y lo dirigió hasta 1943. En forma privada, Houssay creó el Instituto de Biología y Medicina Experimental, que dirigió él y durante un tiempo otro prestigioso fisiólogo: Eduardo Braun Menéndez, quien tuvo a su vez la iniciativa de crear el *Acta Fisiológica Latinoamericana*, escrita en varios idiomas para la publicación de los trabajos fisiológicos latinoamericanos. Desde el Instituto Houssay realizó junto con sus compañeros más de mil trabajos en endocrinología, nutrición, farmacología, patología experimental, glándulas suprarrenales, páncreas, hipertensión, diabetes y otras áreas de la fisiología. El Instituto se convertiría en un centro de excelencia mundial en el área de la investigación científica. En 1945, publicó un tratado de fisiología humana conocido como *La Fisiología de Houssay*, que sería traducido a los principales idiomas. Gracias a la publicación de este tratado fue que Houssay recibió la consagración internacional con el Premio Nobel de 1947, por su trabajo de la influencia del lóbulo anterior de la hipófisis en la distribución de la glucosa en el cuerpo, de importancia para el desarrollo de la diabetes. Dictó cursos en las instituciones más importantes del mundo y recibió condecoraciones por parte de los gobiernos de Francia, Bélgica y Chile. Gracias a su trabajo surgió el CONICET, del que fue su primer presidente.

Se crearon el Instituto de Investigación Médica de Córdoba en 1947 y otro análogo en Rosario en 1950. Y entre los nombres más destacables de este período debe mencionarse el de Salvador Mazza. En 1910 obtuvo el título de doctor médico, casi al mismo tiempo en que junto a Rodolfo Kraus desarrolló una vacuna anti-tifoidea de una sola aplicación. En 1916, en plena Primera Guerra Mundial, el ejército argentino le encargó realizar un estudio de enfermedades infecciosas en Alemania y el Imperio Austrohúngaro; en ese momento conoció a su colega Carlos Chagas, el cual recientemente había descubierto al agente microbiano de la tripanosomiasis americana. En 1925 fue nombrado director del laboratorio y del museo del Instituto de Clínica Quirúrgica de la Facultad de Medicina de la UBA. En ese año invitó y hospedó a Charles Nicolle quien se hallaba interesado en las enfermedades endémicas que existían en el norte argentino.

En 1926 la Facultad de Medicina de la UBA a instancias del Dr. José Arce estableció la Misión de Estudios de Patología Regional Argentina

(MEPRA), llamada coloquialmente *misión Mazza* ya que Mazza fue su director. La MEPRA, con sede central en Jujuy, funcionó en el famoso "E.600", un laboratorio y hospital móvil instalado en un tren ferroviario. De este modo tal institución pudo trasladarse por la extensa red ferroviaria argentina llegando incluso a Bolivia y Chile. En 1926 Mazza fundó la Sociedad Científica de Jujuy y realizó los primeros diagnósticos de tripanosomiasis americana y leishmaniasis tegumentaria americana en Argentina. En 1942 se contactó con el escocés Alexander Fleming con el objeto de organizar la producción de penicilina en Argentina y un año después obtuvo junto a su equipo la primera producción argentina de tal antibiótico. Otros médicos destacados fueron embriólogo Miguel Fernández y el neurobiólogo Christofredo Jacob.

En 1958 se fundó una Sociedad Argentina de Fisiología Vegetal que un año después celebró la Primera Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo; y en 1960 se crea un centro de estudios de biología marina en el Instituto de Mar del Plata. Estos se reunieron en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, creado en 1956, que genera información y tecnologías aplicadas a procesos y productos que luego son trasladadas a los productores.

En la década del cuarenta declina el positivismo por obra de dos importantes filósofos. El primero fue José Ingenieros, su evolución de las ideas argentinas marcó rumbos en el entendimiento del desarrollo histórico de Argentina como Nación. En 1903 la Academia Nacional de Medicina lo premia por *Simulación de la locura*. En 1909 es electo Presidente de la Sociedad Médica Argentina y se lo nombra Delegado Argentino del Congreso Científico Internacional de Buenos Aires. Complementa sus estudios científicos en las universidades europeas. Sus ensayos sociológicos, críticos y políticos hacen escuela en la enseñanza a nivel universitario en Argentina. Además de dirigir su periódico bimestral "Seminario de Filosofía", mezcla su pasión por la ciencia con una ética social acentuada. En 1922 propone la formación de la *Unión Latinoamericana*, un organismo de lucha contra el imperialismo. Posteriormente se fue alejando del *socialismo* para acercarse a la perspectiva anarquista, convirtiéndose en uno de sus referentes en la Argentina. El segundo fue Alejandro Korn, que se graduó de médico en 1882, con una tesis sobre *Locura y crimen*. En 1897 fue designado como director del entonces *Hospital Provincial de Alienados de Melchor Romero* cargo en el que se desempeñó hasta 1916. Se desempeñó como consejero y vicerrector de la Universidad Nacional de La Plata, en 1903. A partir de entonces fue el profesor titular de la Cátedra de Historia de la Filosofía. En la UBA fue profesor interino de la *Cátedra de Ética y Filosofía y Letras*. Fue elegido por los estudiantes como primer decano reformista de la Facultad de Filosofía y Letras de Buenos Aires. Su pensamiento impulsó la renovación de la filosofía latinoamericana en el marco del movimiento de la Reforma Universitaria. Korn orientó sus reflexiones al estudio de los valores y de la libertad humana, destacándose entre sus obras *La libertad creadora* (1922), reflexión filosófica sobre la libertad con el fin de promover el máximo protagonismo del hombre y la mujer comunes, y *Axiología* (1930). Otras figuras que se destacaron por su aporte al nacer de la filosofía argentina fueron Saúl Taborda en investigaciones pedagógicas, Alberto Rougés con sus profundos escritos filosóficos, y el prestigioso Francisco Romero. Existió además una etapa de transición representada por el francés Paul Groussac (1848-1929), que vino a la Argentina siendo un joven, y que como director de la Biblioteca Nacional entre 1885 y 1925, dio a conocer

documentos sobre el Río de la Plata. Publicó importantes trabajos históricos, en especial biográficos.

En historia, el campo más investigado es el de la historia del país, siendo su centro más importante la Academia Nacional de Historia, inaugurada en 1938. Una de sus publicaciones más destacada es la Historia de la Nación Argentina, dirigida por Ricardo Levene (1885-1959). En cuanto a la historia de la ciencia, el principal referente fue el ingeniero, matemático e historiador José Babini (1897, 1984), quien logró que fuera considerada como una disciplina independiente en el país. Junto con Julio Rey Pastor funda en 1936 la Unión Matemática Argentina (UMA) y la edición de su revista, que lo era también de la Asociación Física Argentina. Convocado por la Universidad del Litoral llega en 1938 el historiador de ciencia italiano Aldo Mieli, creador en Italia de la Academia Internacional de Historia de la Ciencia. Babini y Mieli se unieron entonces para crear en ese año, por intermedio de Rey Pastor, el *Instituto de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad del Litoral* y editar una versión argentina de la revista europea *Archeion (Archives Internationales d'Historie des Sciences)*. Mieli y Babini lograron que la historia de la ciencia en la Argentina se convirtiese en una disciplina autónoma. En 1949 Babini publicó *Historia de la ciencia Argentina*, primer libro escrito sobre el tema. En 1958 fue nombrado director de Cultura del gobierno del presidente Arturo Frondizi. En este año formó parte del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y se convirtió en el primer presidente del directorio de la Editorial Universitaria de Buenos Aires.

En cuanto a los estudios de filosofía de la ciencia y afines, en 1956 tuvieron su propio centro con la fundación de una *Agrupación Rioplatense de Lógica y Filosofía Científica*. Fueron varios los filósofos españoles que colaboraron al desarrollo de su especialidad en nuestro país: José Ortega y Gasset (1883-1955), el penalista Luis Jiménez de Asúa, Manuel García Morente, que fue docente y científico en la Universidad de Tucumán, el pedagogo Lorenzo Luzuriaga, y el medievalista Claudio Sánchez Albornoz.

Se produce lo que luego se conocería como *la Noche de los Bastones Largos* y que fue el desalojo por parte de la policía, el 29 de julio de 1966, de cinco facultades de la Universidad de Buenos Aires, ocupadas por las autoridades legítimas: estudiantes, profesores y graduados, en oposición a la decisión del gobierno militar del general Juan Carlos Onganía de intervenir las universidades y anular el régimen de cogobierno. La represión fue particularmente violenta en las facultades de Ciencias Exactas y de Filosofía y Letras. El nombre proviene de los bastones largos usados por la policía para golpear con dureza a las autoridades universitarias, los estudiantes, los profesores y los graduados, cuando los hicieron pasar por una doble fila al salir de los edificios, luego de ser detenidos. Fueron detenidas 400 personas y destruidos laboratorios y bibliotecas universitarias. En los meses siguientes cientos de profesores fueron despedidos, renunciaron a sus cátedras o abandonaron el país. En total emigraron 301 profesores universitarios; de ellos 215 eran científicos. En algunos casos equipos completos fueron desmantelados. Es lo que sucedió con el Instituto de Cálculo de Ciencias Exactas, que operaba a la anteriormente mencionada *Clementina*, la primera computadora de América Latina, donde sus 70 miembros renunciaron y emigraron y la computadora fue desmantelada. Lo mismo sucedió con el Instituto de Psicología Evolutiva, y con el Instituto de Radiación Cósmica. Con

la intervención del gobierno militar a las universidades se aplicó una estricta censura en los contenidos de enseñanza universitaria y se dismanteló un proyecto reformista de universidad científica de excelencia, sobre la base de la estrecha vinculación entre investigación y docencia.

El desarrollo científico disminuyó así como la inversión en instalaciones y, sobre todo, en estudiantes e investigadores de tiempo completo. En las siguientes décadas el país creció escasamente en recursos humanos calificados y en conocimiento y trajo como consecuencia que los científicos y profesionales formados no encontraran lugar en donde desarrollar sus capacidades y emigraran en busca de oportunidades a otros países más desarrollados, generándose así el fenómeno conocido como *fuga de cerebros*. No es de extrañar entonces que César Milstein, uno de los científicos argentinos más prestigiosos del mundo, recibiera el Premio Nobel de Medicina en 1984, trabajando en la Universidad de Cambridge por su trabajo en el desarrollo de anticuerpos monoclonales.

Los programas de investigación dependieron cada vez más del esfuerzo ascético de sus promotores que de la sistematicidad y el apoyo de las instituciones. La creencia casi iluminista en los valores de la ciencia que había alimentado el proyecto modernizador previo a 1966 fue reemplazada por un escepticismo paralizante en cuanto a las funciones del conocimiento. Con el tiempo la persecución política se fue agravando y el régimen militar que se inició en 1976 intervino las universidades públicas y persiguió a los investigadores, muchos de los cuales debieron exiliarse y otros pasaron a engrosar la lista de desaparecidos por la dictadura argentina.

La llegada de la democracia en 1983 eliminaría la persecución ideológica, pero las políticas puestas en práctica por los distintos gobiernos siguieron siendo de involución, y no se contó con un amplio proyecto de desarrollo integral. El vacío económico, político y cultural hizo imposible una política científica realista. Terminó la fuga de cerebros por motivos políticos pero recrudesció la debida a motivos económicos, debido a los continuos ajustes y falta de oportunidades de trabajo. Durante de la gestión del presidente Carlos Menem una política errática no produjo grandes cambios y las dificultades económicas dificultaron el desarrollo de planes ambiciosos de investigación. El proceso de privatizaciones dismanteló organismos del Estado que contribuían a la investigación en I+D en forma conjunta con universidades nacionales como fue el caso de YPF. Solamente la apertura comercial que se inició en la primera parte de su gestión con un dólar subsidiado, permitió la vinculación de investigadores argentinos con sus colegas de otros países, también el creciente avance del MERCOSUR impuso determinados estándares de producción técnico-científica, en su avance a la integración regional.

A partir de la crisis de 2001 se ha producido un constante aumento de la inversión pública en educación superior y en proyectos de I+D, si bien como veremos mas adelante, distan mucho de estar en los niveles internacionales.

#### **4.1.3.2.- La evolución de la tecnología y producción argentina**

Si bien no hay registros de de cómo evolucionó la tecnología argentina ya que el desarrollo industrial fue dependiente de la inversión extranjera que tenía fines puramente extractivos o de aprovechamiento de condiciones

coyunturales para producir con menores costos, los capitales nacionales eligieron mayoritariamente la producción agropecuaria o la especulación financiera. El desarrollo de capitales industriales nacionales se produjo durante el período de sustitución de importaciones en el primer gobierno de Perón a partir de 1945, principalmente en actividades vinculadas a industria liviana, los vaivenes políticos y económicos posteriores, transformaron su centro de actividades de la producción pura de bienes a ser proveedores del estado y recibir subsidios para poder competir con importaciones provenientes de otros países mas desarrollados que producían en ambientes económicamente mas propicios.

Se pueden indicar algunas de las tecnologías y producciones que se desarrollaron e el país, si bien no es un listado exhaustivo, ilustra como evolucionó la producción nacional en base a tecnología propia y extranjera:

- Petróleo: Fue Descubrimiento en la Patagonia en 1919. Se inició la exploración y explotación con algunas empresas privadas. La intervención del estado se inicia con la fundación de la empresa Yacimiento Petrolíferos de Estado en 1922, con ella de inicio de las empresas petroquímicas.
- Gas: Se construye el primer gasoducto, con plantas compresoras en 1952. El estado interviene con la empresa Gas del Estado que se privatiza en la década del 90.
- Plásticos: la primera planta pertenece a la empresa privada DPH en y se funda en 1942.
- Industria Química y pinturas: las primeras plantas de pinturas y derivados, se instalan en 1925 por parte de la firma extranjera Bunge y Born.
- Textiles: Si bien siempre existió una producción artesanal las primeras plantas integradas desde la producción de fibra a los tejidos se instalan a partir de 1925.
- Automotores: El primer automóvil nacional se fabricó en 1912 en Anasagasti, la Industria integrada desde sus auto partes funciona a partir de 1958.
- Aviones y motores: La primera fabrica funciona desde 1930 y entre sus logros se cuentan el desarrollo del primer jet latinoamericano de turbo propulsión en 1947, llamado Pulqui 1 y el Pulqui 2.en 1951, que utilizaban Turbinas Rolls. En 1970 se produce el Entrenador Avanzado Pampa.
- Energía nuclear (CNEA): Desde 1952 a la fecha se han desarrollado dos reactores moderados por agua pesada en que entraron en operación en 1975 y en 1985. Existe además un tercero que continúa hoy en día su construcción. Para estas reactores de ha desarrollado también un Ciclo de tecnología

propia cerrado en 1983 con la producción de plutonio al 20% en Pilcaniyeu, 4 aceleradores de partículas, 6 reactores experimentales, 3 centros atómicos y un centro tecnológico.

- Metalmecánica de precisión derivada (INVAP): Empresa mixta del Estado para la fabricación de reactores, radioisótopos, tubos de zircalloy, piezas de titanio, bombas de cobalto 60, instrumentación crítica, robótica industrial, satélites artificiales SAC I/II/III, radares aeronáuticos, software dedicado ,etc.
- Siderurgia pesada: En 1962 La empresa SOMISA comienza la producción de Primer Alto horno, desde 1995 la empresa DALMINE detenta el monopolio mundial en la producción de tubos sin costura. También se instalan plantas llave en mano desde 1970 para todo tipo de industria conocida, con tecnología propietaria. Desde 1962 diversas empresas se dedican a la fabricación de barcos, trenes, locomotoras, grandes motores diesel, centrales hidroeléctricas, etc.
- Aluminio: Se produce aluminio desde 1970 con bauxita australiana por parte de la empresa ALUAR.
- Celulosa y papel: Se produce desde 1929 a la fecha con todo tipo de derivado.
- Industria electrónica: Esta industria ha desarrollado su actividad desde 1938 a la fecha. La firma FATE Electrónica SA fué la segunda firma americana en producción de Calculadoras electrónicas en 1975 con sus calculadoras CIFRA y sus computadoras CIFRA, la primera empresa era entonces Hewlet Packard de USA. EN 1976 se hacen diseños y construcciones de microprocesadores en la empresa del estado CITEFA.
- Electrónica industrial: desde 1980, se producen en el país motores de velocidad variable, inverters de electricidad, equipos de radiocomunicaciones, instrumentos de telemetría e instrumental de uso industrial.
- Bioingeniería: Se hace clonación de rumiantes desde 1998 para la producción de hormonas. Se hace manipulación genética para producción de semillas vegetales de altísimo rendimiento. Se hacen cambios de genes en bacterias para la producción de genéricos con tecnología propia. Desde 2001 se producen bacterias dedicadas para usarse en la remediación ambiental.
- Software: Se producen y exportan de todo tipo de programas. Argentina fue líder en 1997 en comercio electrónico a través de páginas Web. Como fue el sitio Patagon.com, vendida en U\$S 500 MM a un banco internacional.

- Turbinas de gas aeronáuticas: Se construyó en 2002, turbina Labala, con una potencia de 300HP, un peso de 55 kg. y 35 piezas móviles.

#### 4.1.3.4.- La situación de la tecnología en los últimos años, según la balanza de pagos tecnológica

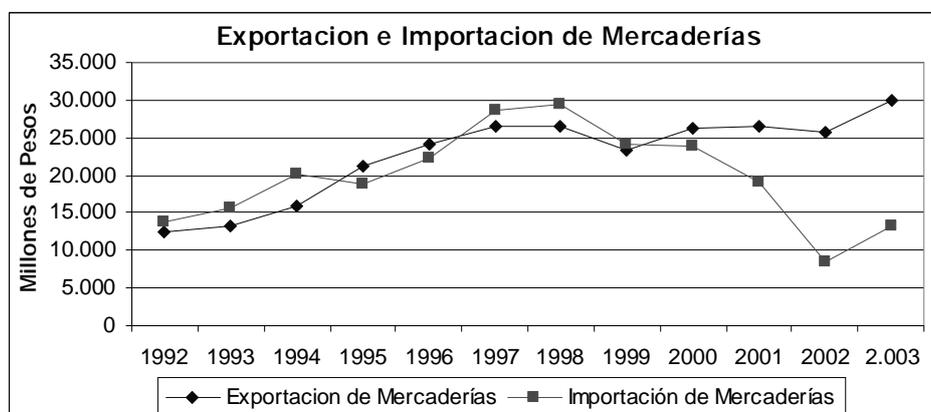
La balanza tecnológica permite inferir como es la capacidad nacional de generar tecnología en función de cuanto se importa y cuanto se puede exportar. Si se comienza el análisis con la Balanza de Pagos y se analiza la exportación e importación de Mercaderías tomadas a valor fob y la exportación e importación de Servicios.

Balanza de Pagos  
En millones de dólares

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2.003
Exportaciones fob.	12.399	13.269	16.023	21.162	24.043	26.431	26.434	23.309	26.341	26.543	25.651	29.939
Importaciones fob.	13.795	15.633	20.162	18.804	22.283	28.554	29.531	24.103	23.889	19.158	8.473	13.134
Exportaciones de servicios	2.984	3.071	3.364	3.826	4.405	4.599	4.854	4.719	4.936	4.627	3.495	4.500
Importaciones de servicios	5.542	6.396	7.143	7.262	7.952	8.984	9.298	8.830	9.219	8.490	4.956	5.693

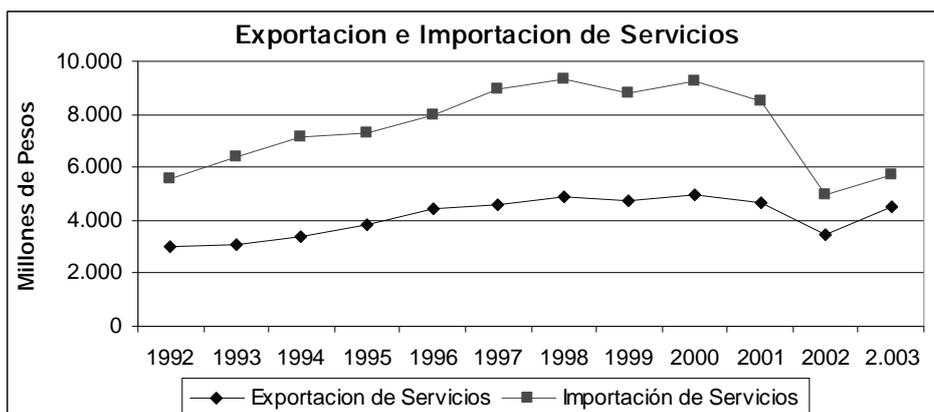
Fuente: Ministerio de Economía

Se nota que sobre las mercaderías la exportación y la importación tienen valores similares, donde las condiciones que generaba la paridad peso-dólar generaba una mayor importación de mercaderías, esta tendencia se interrumpe con la crisis de 1994, nuevamente vuelve a aumentar la exportación sobre la importación a partir de 1998 y se amplía la brecha a partir de la crisis del 2001. La componente de exportaciones está fuertemente influenciada por la producción agro-ganadera y sus productos derivados.



Fuente: Ministerio de Economía

Las exportaciones e importaciones de servicios muestran una tendencia a importar mas de lo que se exporta, y a pesar de las distintas crisis siempre el volumen importado es superior al exportado, aunque durante las distintas crisis se reflejan diferencias de volúmenes exportados e importados.



Fuente: Ministerio de Economía

**Exportaciones F.O.B. de Argentina  
 Por tipo de bien entre 1990 y 2000  
 En Millones de U\$S**

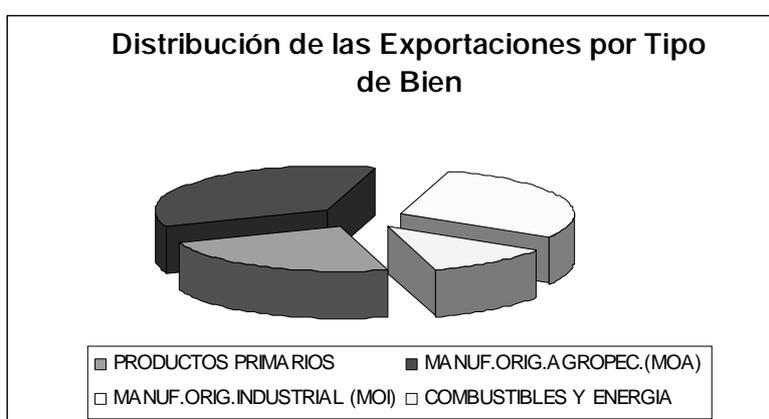
<b>100</b>	<b>PRODUCTOS PRIMARIOS</b>	<b>101.321,3</b>
101	Animales vivos	640,3
102	Pescados y Mariscos sin elaborar	10.060,3
103	Miel	1.543,1
104	Hortalizas y legumbres sin elaborar	5.628,2
105	Frutas frescas	7.951,8
106	Cereales	43.447,9
107	Semillas y frutas oleaginosas	18.939,8
108	Tabaco sin elaborar	2.859,5
109	Lanas sucias	1.294,3
110	Fibra de algodón	4.725,3
199	Resto de productos primarios	4.230,8

<b>200</b>	<b>MANUF.ORIG.AGROPEC. (MOA)</b>	<b>150.517,0</b>
201	Carnes	19.952,2
202	Pescados y mariscos elaborados	6.431,0
203	Productos lácteos y huevos	4.565,2
204	Otros productos de origen animal	319,5
205	Frutas secas o congeladas	630,9
206	Café, té, yerba mate y especias	1.380,9
207	Productos de molinería	2.502,9
208	Grasas y Aceites	38.098,9
209	Azúcar y artículos de confitería	2.342,4
210	Preparados de legumbres y hortalizas	6.157,0
211	Bebidas, líquidos alcohólico y vinagre	2.995,4
212	Residuos y desperdicio de ind.aliment	38.483,1
213	Extractos, curtientes y tintóreos	928,8
214	Pieles y cueros	16.174,0
215	Lanas elaboradas	2.161,0
299	Resto de MOA	7.393,7

<b>300</b>	<b>MANUF.ORIG.INDUSTRIAL (MOI)</b>	<b>125.180,8</b>
302	Productos químicos y conexos	20.199,1
303	Materias plásticas y artificiales	6.148,1
304	Caucho y sus manufacturas	2.350,4
305	Manufacturas de cuero, marroquinería	2.185,1
306	Papel, cartón, imprenta y publicaciones	6.218,6
307	Textiles y confecciones	5.564,0
308	Calzado y sus partes componentes	1.503,1
309	Manufacturas de piedras, yeso, vidrio	2.072,3
310	Piedras, metales preciosos, monedas	1.182,5
311	Metales comunes y sus manufacturas	23.274,4
312	Máquinas y aparatos, mat. Eléctrico	19.250,0
313	Material de transporte	30.779,0
399	Resto de MOI	4.454,3

<b>400</b>	<b>COMBUSTIBLES Y ENERGIA</b>	<b>51.214,7</b>
401	Petróleo crudo	27.917,2
402	Carburantes	14.133,5
403	Grasas y aceites lubricantes	735,0
404	Gas de petróleo y otros hidrocarburos	2.763,7
405	Energía eléctrica	427,5
499	Resto de combustibles	1.217,7

**Fuente: DNESE**



**Importaciones F.O.B. de Argentina**  
**Por tipo de bien entre 1990 y 2000**  
**En Millones de U\$S**

2 Bienes Intermedios	136367,01
3 Combustibles	14738,90
4 Piezas y Accesorios para bienes de capital	71403,33
5 Bienes de Consumo	69638,86
6 Vehículos Automotores de Pasajeros	19563,67
9 Resto	715,15

Fuente: DNESE



Dentro de este contexto un análisis de la Balanza de pagos tecnológica en la Argentina debe remitirse necesariamente al trabajo realizado por el Ing. Rodríguez. H (RODRIGUEZ, 2003) quien analiza la evolución de la balanza de pagos tecnológica de Argentina entre 1992 y 2003, discriminando distintos conceptos y comparándola con Brasil. La *balanza de pagos tecnológica* constituye, en esencia, el flujo del comercio exterior de tecnologías, incluye, por un lado, los pagos que el país efectúa a personas o empresas del exterior en concepto de compra y/o licencia de tecnologías y, por otra parte, los cobros percibidos por residentes en el país en concepto de venta y/o licencia de tecnologías a personas o empresas del exterior. Una primera limitación de ese análisis, es que existen diversas formas por las que se puede transferir tecnología. La más habitual transferencia de tecnología viene incorporada en los bienes de capital. Si bien se puede considerar que la tecnología está implícita en un bien físico que será empleado en un proceso productivo o en la prestación de un servicio, esto no describe la tecnología en estado puro. Otra forma de transferir tecnología es por medio de la transmisión de conocimientos técnicos que posibilitan a quién la recibe, realizar un proceso productivo, fabricar un producto o prestar un servicio que cumpla con ciertas especificaciones. En este caso, la tecnología constituye un bien inmaterial o intangible y se la suele llamar *tecnología no incorporada* por oposición a la forma anterior. El análisis de Rodríguez se limita al flujo del comercio exterior de tecnologías no incorporadas, es decir, que se trata de una balanza de pagos parcial.

Otro elemento a tener en cuenta es que trabaja con la información proveniente del Registro de Transferencia de Tecnología (RTT), dependiente del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), que considera una fuente más aproximada a la realidad y que se encuentra más

desagregada. Además el RTT proporciona los flujos de pagos al exterior en concepto de importación de tecnologías no incorporadas pero no el de las ventas. Para obtener el flujo de ingresos por ventas al exterior de tecnologías desarrolladas en el país debe recurrir a otra fuente oficial que proporciona esta información, el INDEC que realiza una Estimación del Balance de Pagos basándose en una encuesta dirigida a las empresas. En este caso, la información del INDEC provee los flujos de ingresos y egresos de divisas en concepto de *regalías*, que presenta el problema que en el concepto regalías, se incluyen todas las formas de transferencia de tecnologías no incorporadas (asistencia técnica, patentes, know-how, marcas, franquicias, etc.)

Una ventaja que presenta la información del INPI es que discrimina los contratos de Transferencia de Tecnología (TT) en los siguientes objetos: asistencia técnica, capacitación, franquicias, ingeniería, licencias (incluye patentes, know-how y marcas) y otros. También permite clasificar los contratos según el sector de actividad de la empresa local y estimar la duración media de cada tipo de contrato. El análisis de las importaciones de tecnología utiliza la información del INPI, para las exportaciones emplea la información del INDEC. Se compara el flujo total de importaciones de tecnologías que proporciona cada una de ellas para verificar el posible error que pudiera cometerse al combinar estas fuentes,

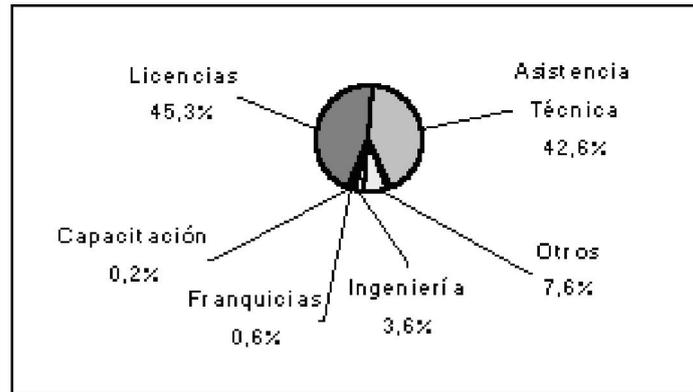
La Dirección de Transferencia de Tecnología del INPI registró entre los años 1992 y 2003 un total de 3243 contratos de TT, atendiendo al monto total declarado en los mismos, la distribución de los mismos es:

	Monto Total (Milln. \$)	Monto Total (%)	Cant. contratos	Cant. Contratos (%)
LICENCIAS	3,864.13	45.33%	919	28.54%
ASISTENCIA TECNICA	3,632.74	42.62%	1703	52.89%
INGENIERIA	308.60	3.62%	145	4.50%
FRANQUICIA	53.33	0.63%	59	1.83%
CAPACITACION	17.95	0.21%	24	0.75%
OTROS	647.75	7.60%	370	11.49%
TOTALES	8,524.50		3220	

**Fuente: INPI**

Un análisis rápido del gráfico de la composición de los contratos de TT muestra que los montos principales de las transferencias se concentran en pago de Licencias y Asistencia Técnica, la licencia implica la existencia de una patente previa y los conceptos de los contratos de asistencia técnica se refieren mayoritariamente a la implantación de las tecnologías Licenciadas.

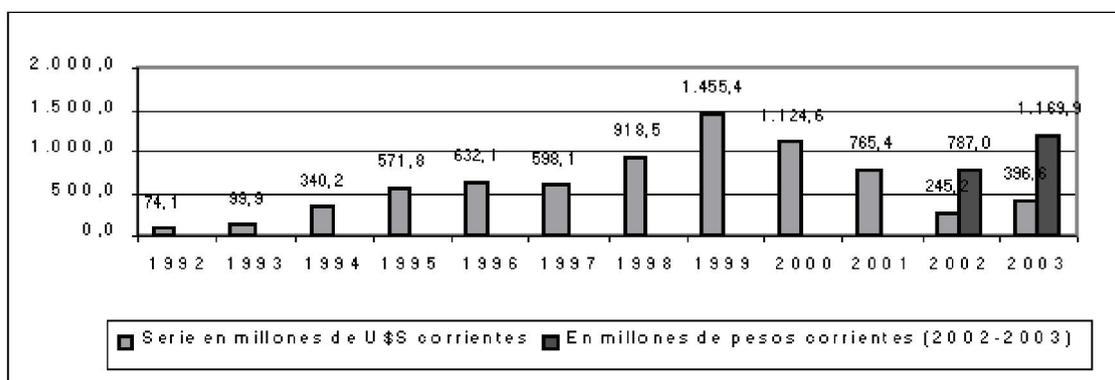
### Distribución de los Contratos de TT



Fuente: INPI

Un análisis simple consiste en sumar cada año los montos totales de los contratos registrados. Esto da una idea de cómo evoluciona la contratación de tecnologías a lo largo del tiempo, pero de ningún modo refleja el flujo anual de pagos al exterior originados en la importación de tecnologías. Un gráfico que muestra la evolución de los montos totales de los contratos registrados cada año expresados en valores corrientes, sería el siguiente:

### Montos totales de TT Registrados por Año



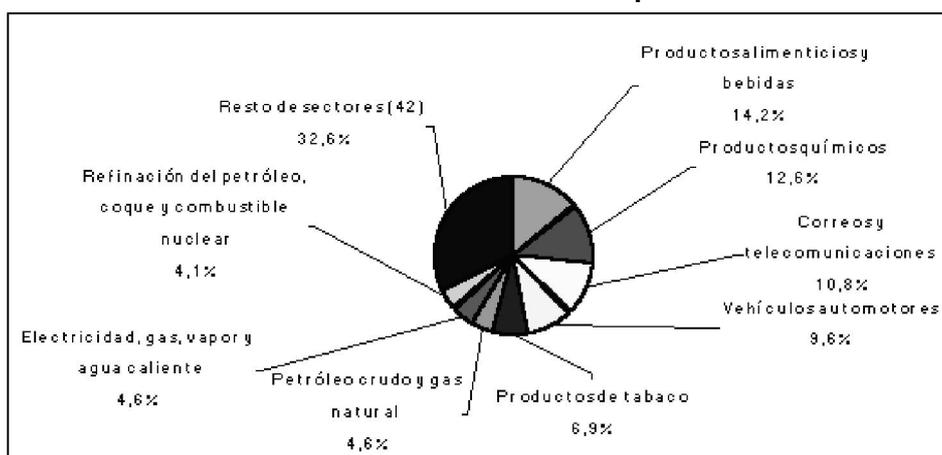
Fuente: INPI

La serie total 1992-2003 en pesos corrientes muestra un fuerte crecimiento entre 1993 y 1995, luego se mantiene estable entre 1995 y 1997, tiene otro fuerte crecimiento entre 1997 y 1999 y cae abruptamente entre 1999 y 2001. En el año 2002 prácticamente se mantiene el nivel del 2001 para crecer nuevamente durante el año 2003. La primera etapa de crecimiento puede

explicarse parcialmente por el crecimiento del PBI registrado en ese período, pero el crecimiento en la segunda etapa se da en un período de recesión económica, la posible explicación de éste fenómeno puede hallarse, tanto en la continuación de un proceso de fuerte desnacionalización de empresas (situación que aumenta la dependencia de tecnologías importadas por las casas matrices), como a la adopción de una postura preventiva por parte de las empresas privatizadas que probablemente las impulsó a "disfrazar" utilidades bajo la forma de Transferencia de Tecnología.

Un análisis de los montos totales de los contratos de TT registrados considerando su distribución según sectores de actividad económica arroja los resultados que se observan en siguiente gráfico, estancándose que sólo 4 sectores: *Alimentos, Productos químicos, Telecomunicaciones, y Automotores* concentran casi el 50 % del monto total de contratos registrados en el período 1993-2003, repartiéndose la otra mitad, los 46 sectores restantes.

**Distribución de los Montos de TT por Sectores**



**Fuente: INPI**

La evolución de los montos anuales pagados por importación de tecnologías presenta un fuerte contraste según sea el objeto de los contratos. Así, por ejemplo, los contratos de *Asistencia Técnica* (47,3 % del monto total) muestran una tasa promedio de *28,3 % de crecimiento anual* en el período 1996-2003), muy alta si se la compara con la evolución del PBI en el mismo período. Los contratos de *Licencias* (41,6 % del monto total) presentan un crecimiento sostenido a una tasa menor, cuyo promedio fue *11 % de crecimiento anual*. Los contratos de *Ingeniería* (3,3 % del monto total) presentan un crecimiento bastante importante entre 1995 y 1999 (más del doble) y luego disminuye gradualmente los años siguientes. Los restantes objetos: *Franquicias y Capacitación*, presentan montos poco significativos, excepto el objeto *Otros* (7,1 % del monto total), que presenta un crecimiento importante entre 1993 y 1998 (se quintuplica) para luego disminuir gradualmente hasta 2003. El IMPI no especifica que tipo de contratos incluye en esta categoría.

### Montos anuales de los contratos de TT en sectores

Año	Asistencia Técnica	Sección 1.01 Licencias	Ingeniería	Franquicias	Capacit.	Otros	TOTAL
1992	2.66	5.51	1.82	0.36	0.00	5.96	16.31
1993	10.11	10.90	4.67	0.41	0.00	21.40	47.50
1994	14.96	60.32	3.24	0.77	0.19	24.52	104.00
1995	32.64	112.86	21.76	1.05	3.64	21.78	193.73
1996	95.94	216.84	28.47	1.23	2.32	77.98	422.78
1997	92.69	237.17	23.35	1.31	3.78	93.02	451.33
1998	203.88	296.88	41.15	1.75	2.81	113.43	659.90
1999	412.21	303.50	46.10	2.66	3.51	71.30	839.29
2000	605.76	367.81	29.21	5.98	1.22	54.00	1,063.98
2001	469.88	388.81	15.32	3.48	0.47	42.23	920.19
2002	152.93	129.14	6.00	1.47	0.00	12.60	302.14
2003	186.35	149.12	3.89	1.60	0.00	8.24	349.20

1996-2003	2,219.65	2,089.28	193.48	19.48	14.13	472.80	5,008.81
	44.31%	41.71%	3.86%	0.39%	0.28%	9.44%	

Fuente: INPI

En un análisis según el objeto de los contratos, llama la atención la diferente evolución que se observa entre los pagos por *Asistencia Técnica* y *Licencias*. Los pagos por Licencias que en 1996 eran 2,26 veces superiores a los pagos por Asistencia Técnica, mientras que en 2001 pasan al 82,7 %. Esta evolución en tan corto tiempo es muy difícil de explicar y probablemente se trata de una estrategia empresaria para disimular ganancias, ya que según la ley del impuesto a las ganancias, el 80 % del monto de pagos por transferencia de tecnología en concepto de Licencias se grava como ganancia, mientras que en contratos de Asistencia Técnica, es del 60 %. Dado que el INPI no aprueba los contratos sino que simplemente los registra, es obvia, la ventaja económica que puede obtener una empresa que se ahorraría un 7% del monto total del contrato. Así también se explica la *rareza* que significa que algunos contratos de Asistencia Técnica declaren incluir patentes.

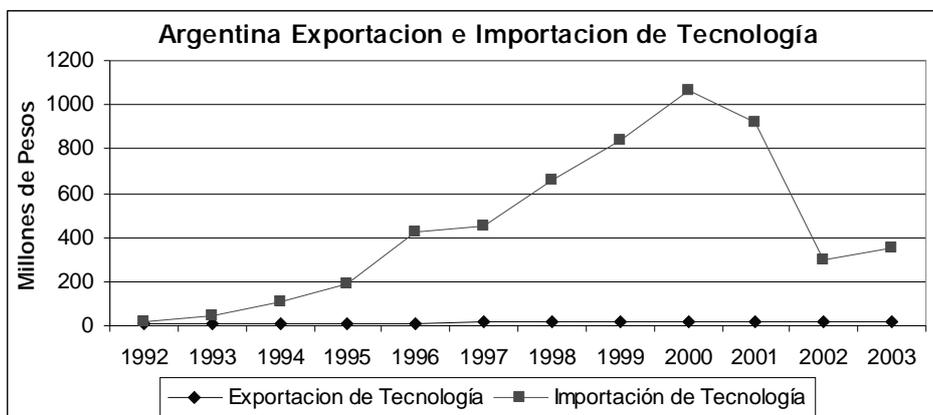
Utilizando la información de los montos anuales de pagos externos por TT obtenida a partir de la base de datos del INPI proporciona el componente de la balanza de pagos tecnológica correspondiente a las importaciones de tecnologías no incorporadas. El componente de las exportaciones lo provee el INDEC. Estas estimaciones pueden compararse con las que proporciona el INPI de Brasil, expresadas también en millones U\$S corrientes.

### Balanza de Pagos Tecnológica

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Argentina</b>												
Importación Tecnológica	16,31	47,5	103,81	190,09	420,46	447,55	657,09	835,77	1062,76	919,71	302,14	349,2
Exportación Tecnológica	6	7	9	12	13	15	21	20	14	21	17	18
<b>Brasil</b>												
Importación Tecnológica	160,48	227,42	373,22	652,01	960,53	1454,26	1765,33	1553,35	1802,23	1704,52	1581,92	
Exportación Tecnológica	214,52	152,29	222,64	288,66	464,18	786,05	1151,17	1140,37	1478,06	1867,98	1931,68	

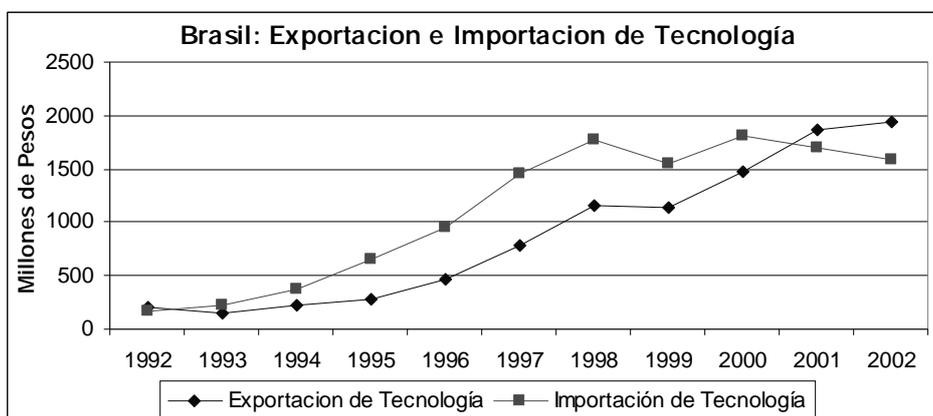
Fuente: INPI Argentina y INPI Brasil

Llama la atención en el caso argentino que las exportaciones de tecnología son desproporcionadamente bajas respecto a las importaciones y además prácticamente se mantienen constantes en el período, en tanto que las importaciones crecen significativamente, se duplican entre 1996 y 2000. Esto se refleja en una balanza de pagos fuertemente negativa y creciente, según puede apreciarse mejor en el siguiente gráfico



Fuente: INPI

En el caso de Brasil, por el contrario, el flujo de exportaciones se muestra más equilibrado con el de importaciones y además el monto de las exportaciones crece más que el de las importaciones, superándolo a partir del año 2001. Esto hace que la balanza de pagos tecnológica de Brasil muestre una mejora continua en el período analizado, pasando de un déficit de 496 millones de dólares en 1996 a un superávit de casi 350 millones de dólares en 2002, como se ve claramente en el siguiente gráfico:



Fuente: INPI

No obstante lo negativo de la situación argentina, a partir de la post-convertibilidad, las exportaciones de tecnologías expresadas en US\$ corrientes no cayeron en la misma proporción que las importaciones. Esto estaría reflejando, por un lado el efecto de sustitución de importaciones que se reinició en el año 2002 y, por otra parte un incremento de las exportaciones de tecnología alentadas por la mejora cambiaria.

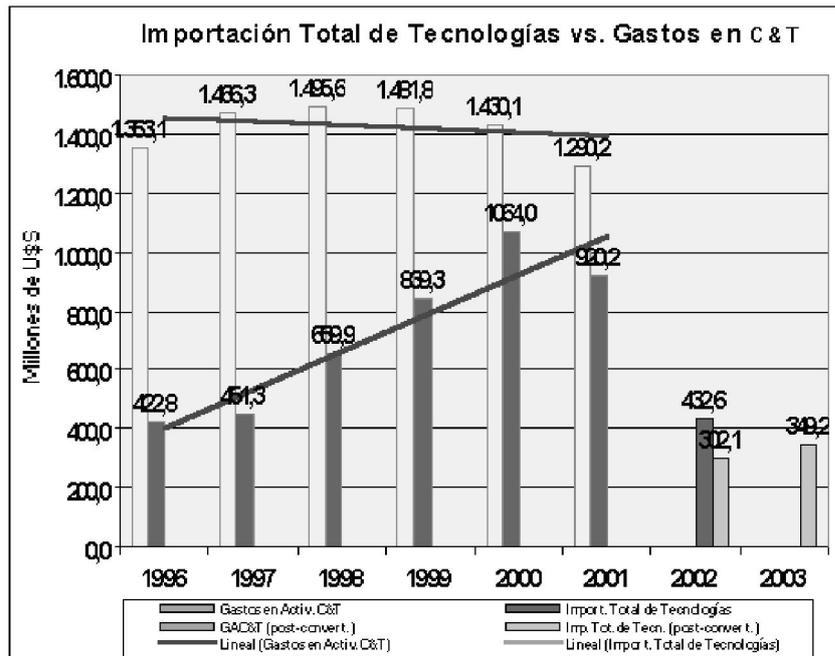
Otro hecho notable es la diferencia de comportamiento de las balanzas de Argentina y Brasil, analizando detenidamente los flujos se observa que la serie de los montos de las importaciones totales de tecnología de ambos países no difiere mayormente aunque la serie argentina crece ligeramente más rápido que la de Brasil. Esto implica que *la diferencia la establecen las exportaciones de tecnología.*

Existe una notable la similitud del comportamiento de ambos países, ya que tanto Argentina como Brasil muestran una incidencia fuertemente creciente de la importación de tecnologías. Casi se triplica entre 1996 y 2003 (Brasil) y entre 1996 y 2000 (en el caso de Argentina). La diferencia más significativa es que Argentina muestra un crecimiento continuo entre 1996 y 2000, decreciendo luego en forma gradual, en tanto que en el caso de Brasil el crecimiento es continuo en todo el período. La caída de la relación argentina entre los años 2002 y 2003 sería una consecuencia del ya mencionado proceso sustitutivo de importaciones.

Resulta muy interesante comparar el esfuerzo que el país realiza en adquirir tecnologías, vía importaciones de tecnologías no incorporadas, con el esfuerzo que realiza en lograrlas endógenamente, estimando este esfuerzo a través del gasto en actividades científicas y tecnológicas. En la siguiente tabla se expresan, por un lado, las importaciones totales de tecnologías obtenidas de la base del INPI y, por otra parte, el gasto total en actividades científicas y tecnológicas (sector público + sector privado) que proporciona la DNP y E de la SECYT.

Año	Gastos en Activ.C&T		Importación Total de tecnologías	Import.Tecn./Gastos AC&T
	(millones de \$)	(millones de U\$S)	(millones de U\$S)	
1996	1.353,1	1.353,1	422,8	0,312
1997	1.466,3	1.466,3	451,3	0,308
1998	1.495,6	1.495,6	659,9	0,441
1999	1.481,8	1.481,8	839,3	0,566
2000	1.430,1	1.430,1	1064,0	0,744
2001	1.290,2	1.290,2	920,2	0,713
2002	1.388,7	432,6	302,1	0,698
2003			349,2	

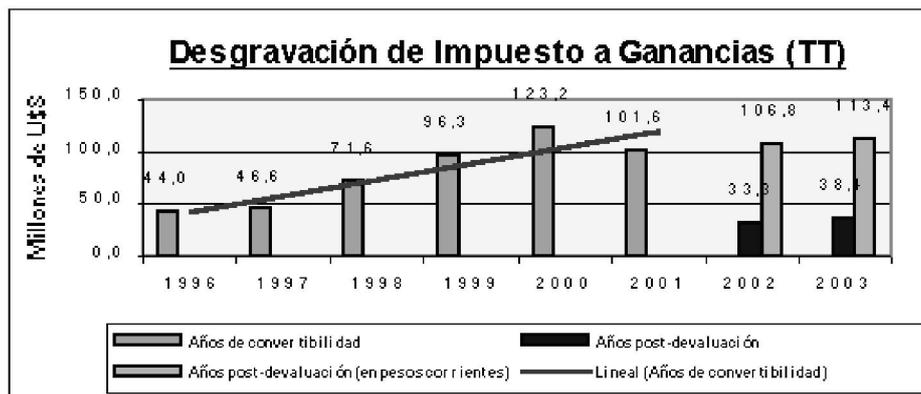
**Fuente: INPI, DNP y E y SECYT**



Fuente: INPI, DNP y E y SECYT

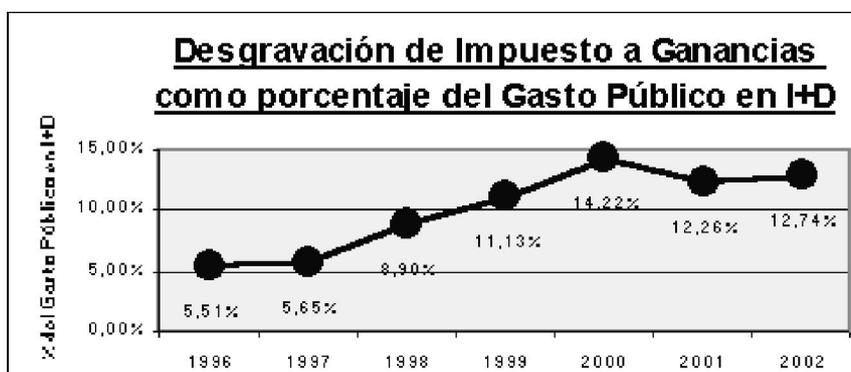
Es llamativo que mientras la evolución del gasto en C&T es ligeramente decreciente entre 1996 y 2001, los gastos por importación de tecnologías son fuertemente crecientes. La explicación de este comportamiento cruzado, tal vez se deba a que mientras el grueso del gasto en C&T es público, por el contrario, el grueso del gasto en importaciones de tecnologías es privado. En otras palabras, mientras el Estado congela o reduce el gasto en C&T, el sector privado lo incrementa, pero mediante la importación de tecnologías. Este hecho estaría evidenciando que existe un amplio margen para que el sistema nacional de innovación sustituya una parte considerable de las importaciones de tecnologías, particularmente en los rubros Asistencia Técnica e Ingeniería, como ocurre en el caso de Brasil.

Un último tema que se debe considerar es el costo fiscal derivado de las importaciones de tecnología, ya que el impuesto a las ganancias, supone que el 80 % del monto de los contratos de licencias constituyen ganancia del proveedor extranjero, en tanto que para el resto de los objetos esta suposición se reduce al 60 %. Esto significa que todo contrato de TT registrado en el INPI conlleva la correspondiente reducción del impuesto a las ganancias generando un costo fiscal que se calculó en base a los flujos de pagos.



**Fuente: INPI**

El *costo fiscal* presenta un flujo creciente entre 1996 y 2001 (*tasa de 24 % promedio anual*), pasando de 44 millones de dólares en 1996 a 123,2 millones de dólares en el año 2000. A los efectos de medir el peso relativo de este costo fiscal en relación con lo que el sector público invierte en ciencia y tecnología se ha presentado la evolución de esta relación en el siguiente gráfico:



**Fuente: Rodríguez (2003)**

Como conclusión, para el período analizado, se puede decir que *mientras los presupuestos públicos en C&T están prácticamente congelados, el sector privado recibe beneficios impositivos fuertemente crecientes derivados de comprar tecnología en el exterior.*

#### **4.1.4.- Situación Institucional de Ciencia y Técnica**

Las instituciones de área de Ciencia y Técnica esta compuesto por el Sector Privado y el Sector Público.

Las instituciones pertenecientes al sector público Nacional están formadas por:

- La Administración Nacional.
- Empresas y Sociedades del Estado
- Entes Públicos excluidos de la Administración Nacional

A su vez, la *Administración Nacional* está formada por:

- Administración Central
- Organismos Descentralizados
- Institutos de Seguridad Social

Los *Ministerios de la Administración Central* que ejecutan Ciencia y Técnica son:

- *El Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios* que cuenta con dos programas:

- Programa 25 Ejecución de Obras de Infraestructura
- Programa 30 Prevención Sísmica.
- *El Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología* que cuenta con dos programas:
  - Programa 26 Desarrollo de la Educación Superior
  - Programa 43 Formulación e Implementación de la Política de Ciencia y Tecnología cuya ejecución está a cargo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCyT).
- *El Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto* que cuenta con
  - El programa 20 Desarrollo del Plan Antártico.

Los organismos descentralizados que ejecutan funciones de Ciencia y Técnica son:

- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). Depende del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Depende del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Depende del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto.
- Instituto Nacional del Agua (INA). Depende del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Depende del Ministerio de Economía y Producción.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Depende del Ministerio de Economía y Producción.
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Depende del Ministerio de
- Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud Dr. Carlos Malbrán (ANLIS), depende del Ministerio de Salud.

Los *Organismos Descentralizados* que realizan Actividad Científica y Tecnológica fuera de la función Ciencia y Técnica. Los Organismos Descentralizados que realizan Actividad Científica y Tecnológica pero en el Presupuesto Nacional no están incluidos en la función Ciencia y Técnica son:

- *El Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero* (INIDEP). En el Presupuesto está imputado a la finalidad

Servicios Económicos dentro de la órbita del Ministerio de Economía y Producción.

- *El Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA)*, depende del Ministerio de Defensa. En el Presupuesto está imputada a la finalidad Servicios de Defensa y de Seguridad.

La función Ciencia y Técnica del Presupuesto Nacional debería contener a todas las asignaciones presupuestarias que se refieren a las AC&T. Pero no es así, ya que existen Organismos Descentralizados que realizan AC&T y que no se incluyen en la función Ciencia y Técnica como es el caso de INIDEP y de CITEFA. Por esto, las asignaciones presupuestarias se refieren a la función Ciencia y Técnica ampliada al incluir el INIDEP y CITEFA. La ley de Presupuesto Nacional determina anualmente en su articulado el cupo fiscal establecido en el artículo 9º de la Ley 23.877 de Promoción de Ciencia y Tecnología.

Se aprecia que las Actividades de Ciencia y Tecnología explicitadas en el Presupuesto Nacional, se la identificará como ampliada más Crédito Fiscal corresponden a:

1. La función Ciencia y Técnica de la finalidad Servicios Sociales
2. INIDEP y CITEFA
3. Créditos Fiscales asignados anualmente en el articulado de la Ley de Presupuesto.

El Presupuesto Nacional según el Carácter Económico del gasto permite identificar la Naturaleza Económica de las transacciones que realiza el sector público, con el propósito de evaluar el impacto y las repercusiones que generan las acciones fiscales. En este sentido, el gasto económico puede efectuarse con fines corrientes, de capital o de aplicaciones financieras. Según el Manual de Clasificaciones Presupuestarias:

- Los Gastos Corrientes comprenden las erogaciones destinadas a las actividades de producción de bienes y servicios del sector público, comprendiendo gastos operativos, de consumo, rentas de la propiedad y gasto, transacciones corrientes, y gastos figurativos para transacciones corrientes.
- Los Gastos de Capital son aquellos destinados a la adquisición o producción de bienes materiales e inmateriales y a inversiones financieras, que incrementan el activo del Estado y sirven como instrumentos para la producción de bienes y servicios. Los gastos de capital incluyen la inversión real, las transferencias de capital y la inversión financiera.
- Las Aplicaciones Financieras se constituyen por el incremento de los activos financieros y la disminución de los pasivos públicos.

Como ejemplo del Crédito Inicial de las AC&T según su Naturaleza Económica, se puede tomar como ejemplo los años 1998 a 2004 que se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.2.3.**  
**Crédito Inicial de las AC&T\* Totales, años 1998 al 2004**  
**Según Naturaleza Económica del Gasto; En miles de pesos**

AÑOS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>TOTALES</b>	<b>818.285</b>	<b>755.697</b>	<b>701.942</b>	<b>707.748</b>	<b>668.195</b>	<b>808.715</b>	<b>944.181</b>
1 Gtos. Corrientes	731.942	686.207	641.504	646.477	617.245	721.843	812.805
2 Gtos. de Capital	86.343	69.490	60.372	61.271	50.944	86.872	131.375
3 Aplic. Financieras	0	0	66	0	6	0	0

(\*) Función Ciencia y Técnica más INIDEP y CITEFA. Excluye Crédito Fiscal e incisos 7 y 9.  
 Fte. Área Presupuesto de las AC&T; Dirección Nac. de Planificación y Evaluación; SeCyT; Mrio. Educ., Cs y Tecnol.

**Fuente: SECYT**

Los Gastos Corrientes en promedio fueron el 90% y el 10% restante correspondió a los Gastos de Capital. En principio se puede decir que la inversión es muy baja, aunque se puede hacer notar que en el 2004 significó el 14%.

El Presupuesto Nacional contempla distintas Fuentes de Financiamiento que según el Manual de Clasificaciones Presupuestarias, "la clasificación por fuente de financiamiento consiste en presentar los gastos públicos según los tipos genéricos de recursos empleados para su financiamiento. Este tipo de clasificación identifica el gasto según la naturaleza de los ingresos, así como la orientación de los mismos hacia la atención de las necesidades públicas. La importancia de esta clasificación radica en que los recursos no son indistintos y tampoco lo son los gastos. Así, es conveniente por regla general, que recursos permanentes financien gastos permanentes, recursos transitorios financien gastos transitorios y recursos por única vez financien gastos por única vez.

El clasificador por fuente de financiamiento se distribuye en fuentes internas y externas. Las fuentes internas son tesoro nacional, recursos propios, recursos con afectación específica y transferencias internas. Las fuentes de financiamiento externas se componen de transferencias externas y créditos externos. Las cuentas del clasificador de referencia.

- Tesoro Nacional: Financiamiento que tiene origen, en gravámenes impositivos fijados unilateralmente por el Estado Nacional y en los recursos no tributarios con el objeto de financiar sus gastos sin asignación predeterminada.
- Recursos Propios: Son los ingresos que perciben los Organismos Descentralizados y Empresas y Sociedades del Estado y que provienen de la venta de bienes y servicios, de la renta de la propiedad, la venta de activos, el cobro de tasas, derechos, regalías y fondos que se originan como variaciones de los distintos tipos de activos financieros. Cuando la Administración Central genere recursos, por alguno de estos conceptos se los clasificará como parte de la fuente tesoro nacional.
- Recursos con Afectaciones Específicas: Se caracterizan por constituir recursos para financiar instituciones, programas y actividades específicas de la Administración Central.

- Transferencias Internas: Son transferencias de recursos que provienen de personas y/o instituciones que desarrollan sus actividades en el territorio nacional. Las transferencias internas tienen por fin procurar inversiones o financiar programas operativos o de funcionamiento.
- Crédito Interno: Fuente de financiamiento que provienen del uso del crédito; puede adoptar la forma de títulos de deuda, pasivos con proveedores y obtención de préstamos realizados en el mercado interno.
- Transferencias Externas: Recursos que tienen su origen en gobiernos y organismos internacionales, destinados a la formación de capital, o para financiar gastos de operación, o consumo.
- Crédito Externo: Son créditos otorgados por los gobiernos, organismos internacionales y entidades financieras.

También como ejemplo se puede ver para el mismo período anterior el Crédito Inicial entre los años 1998 al 2004 según Fuentes de Financiamiento

**Cuadro I.2.4**  
**Crédito Inicial\* según Fuentes de Financiamiento, años 1998 al 2004; En pesos**

AÑOS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>TOTAL</b>	<b>818.285</b>	<b>755.697</b>	<b>701.942</b>	<b>707.748</b>	<b>668.195</b>	<b>808.715</b>	<b>944.181</b>
1 Tesoro Nacional	703.749	657.762	617.003	621.115	594.452	568.656	617.734
2 Recursos Propios	68.296	49.862	44.978	42.946	36.361	178.054	205.118
3 Rec.c/ Afec.Espec.	1.289	3.187	1.028	5.812	1.811	1.967	1.878
4 Transf.Inter.	679	8.799	3.104	2.900	3.458	3.310	2.752
5 Total Fte.Fto.Int.	774.013	719.610	658.116	672.772	636.082	751.987	827.483
6 Transf.Externa	3.490	2.813	2.026	10.666	2.200	1.269	7.545
7 Crédito Externo	40.782	33.274	33.803	24.310	29.914	55.459	109.153
8 Total Fte.Fto.Externo	44.272	36.087	34.167	34.976	32.114	56.727	116.698

(\*) Función Ciencia y Técnica más INIDEP y CITEFA. Excluye Crédito Fiscal e incisos 7 y 9.  
 Fte. Área Presupuesto de las AC&T; Dirección Nac. de Planificación y Evaluación; SeCyT; Mrio.Educ.,Cs y Tecnol.

**Fuente: SECYT**

La inversión en Ciencia y Tecnología del Sector Público Nacional generada por Ciencia y la Tecnología puede ser medida en Investigación y Desarrollo (I+D o GI+D) o en Actividad Científica y Tecnológica (ACyT), recordándose que I+D corresponde a los trabajos creativos realizados en forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura, la sociedad, y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones; correspondiendo a la Investigación básica, la investigación aplicada y al desarrollo experimental. Por su parte, las ACyT son actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la generación, el perfeccionamiento y la aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos, correspondiendo a I+D más actividades auxiliares de difusión de CyT, formación de recursos humanos en CyT y servicios tecnológicos (biblioteca especializada, etc.).

Es importante tener presente que la inversión en I+D o en ACyT puede ser medida según el Sector de Ejecución, es decir quien realiza efectivamente la inversión en ciencia, o bien puede ser medida según el sector que financia la ciencia. Siguiendo el ejemplo del período 1998-2003 se pueden ver los valores

de I+D y GACyT según el Sector de Ejecución para el año 2003 que se presentan en el siguiente cuadro

**Cuadro I.2.11**  
**Gastos en Investigación y Desarrollo (GI+D) y Gastos en Actividades Científicas y Tecnológicas (GACyT)**  
**Por Sector de Ejecución; año 2003 en miles de pesos**

Sector de Ejecución	GI+D	GACyT
<b>TOTAL</b>	<b>1.541.695</b>	<b>1.742.494</b>
CONICET	222.064	223.617
Otros Organismos Públicos	412.381	501.483
Universidad Pública	397.056	403.926
Universidad Privada	25.418	29.807
Empresa	446.520	529.991
Entidad sin fines de lucro	38.256	53.670

Fte. Indicadores de Ciencia y Tecnología; Coord.Infor.yEval. Dir.Nac.Plan.y Eval.;SeCyT 2004; Mrio.Educación, Ciencia y Tecnología

Los valores de I+D y GACyT según el Sector de Financiamiento para el año 2003, se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro I.2.12**  
**Gastos en Investigación y Desarrollo (GI+D) y Gastos en Actividades Científicas y Tecnológicas (GACyT)**  
**Por Sector de Financiamiento; año 2003 en miles de pesos**

Sector de Financiamiento	GI+D	GACyT
<b>TOTAL</b>	<b>1.541.695</b>	<b>1.742.494</b>
<b>SECTOR PÚBLICO</b>		
Gobierno Nacional	602.580	687.917
Educación Superior Pública	380.002	385.932
Gobierno Provincial	79.447	82.189
<b>SECTOR PRIVADO</b>		
Empresa	402.619	488.729
Entidades sin fines de lucro	36.079	46.996
Educación Superior Privada	19.714	22.642
<b>SECTOR EXTERNO</b>		
Transferencias, subsidios, etc.	21254	28.089

Fte. Indicadores de Ciencia y Tecnología; Coord.Infor.yEval. Dir.Nac.Plan.y Eval.;SeCyT 2004; Mrio.Educación, Ciencia y Tecnología

Como se puede advertir en los Cuadros mencionados anteriormente, no existe correspondencia en la información sobre Sector de Financiamiento y Sector de Ejecución, ya que si bien por Sector de Financiamiento el Sector Público Nacional y Provincial está explicitado, no sucede lo propio en la información publicada con respecto a Sector de Ejecución.

El Manual de Clasificaciones Presupuestarias para el Sector Público Nacional dice que el sistema de información (en el Presupuesto Nacional) está ajustado a las necesidades del gobierno y de los organismos internacionales. Atento a ello, la información contenida en el Presupuesto Nacional, no se ajusta a la determinación de la Inversión en Ciencia y Tecnología del Sector Público Nacional. Es importante precisar que la información contenida en el Presupuesto corresponde a Actividad Científica y Tecnológica, que será identificada con las siglas AC&T para diferenciarla de la información contenida en Indicadores de Ciencia y Tecnología de la SeCyT que se identifica como ACyT o GACyT.

#### **4.1.5.- Los *inputs* de C y T**

Actualmente funciona la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), de la que participan todos los países de América, junto con España y Portugal, este proyecto fue generado por *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)* a partir de una propuesta surgida del Primer Taller Iberoamericano sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología realizado en Argentina a fines de 1994. La RICYT participa como miembro observador del Grupo NESTI, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Asimismo, se trabaja en conjunto con otros organismos internacionales, tales como la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), el Instituto de Estadística de la UNESCO, la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (SECAB), el Caribbean Council for Science and Technology (CCST) y la Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Centro América y Panamá (CTCAP).

El objetivo general es promover el desarrollo de instrumentos para la medición y el análisis de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, en un marco de cooperación internacional, con el fin de profundizar en su conocimiento y su utilización como instrumento político para la toma de decisiones. Para el cumplimiento del objetivo general se han propuesto varios objetivos específicos:

- Diseñar indicadores para la medición y análisis de la ciencia, la tecnología y la innovación en los países de Iberoamérica.
- Facilitar la comparabilidad y el intercambio internacional de información sobre ciencia, tecnología e innovación.
- Realizar reuniones internacionales en torno a los temas prioritarios de la red.
- Publicar información, trabajos de investigación y análisis de indicadores, y procesos de información sobre ciencia, tecnología e innovación.
- Capacitar y entrenar especialistas en estadísticas e indicadores de ciencia, tecnología e innovación.
- La RICYT se encuentra abocada a abrir el campo de estudios sobre indicadores de ciencia y tecnología e incorporar más actores y más iniciativas, teniendo en cuenta:
  - La incorporación de la región a los sistemas internacionales de indicadores de ciencia, tecnología e innovación en base a normas internacionalmente aceptadas.
  - El análisis de los problemas específicos de la región, buscando dar soluciones a temas como la sociedad de la información, la percepción pública de la ciencia, la bibliografía, la bibliometría, la organización institucional de las estadísticas e indicadores de ciencia, tecnología e innovación, la capacitación técnica de especialistas en indicadores y otros.
  - La generación de una norma latinoamericana para aquellos aspectos idiosincrásicos de las actividades científicas y tecnológicas de la

región como: los parámetros institucionales adecuados a las características de los ONCYT.

- Obtener los indicadores de input y de output adecuados a los sistemas de ciencia y tecnología; especialmente estos últimos que muestran una peculiar dificultad y los indicadores de innovación adecuados a los perfiles de la actividad productiva.

Utilizando las bases de Datos de la RICYT, se obtuvo la inversión en C y T, como el primer *input* del sistema de C y T, la cual se pretende analizar en función de su poder explicativo de los *output* del sistema y de la representatividad de parámetros que se puedan obtener a partir de estos datos.

#### 4.1.5.1.- La inversión en I + D

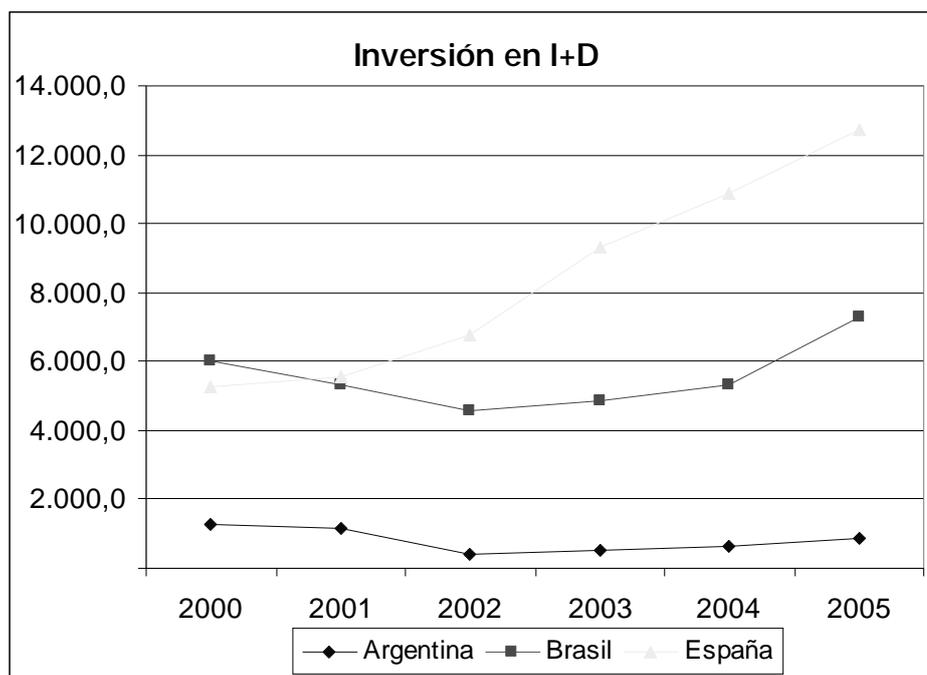
El primer indicador que se utiliza es el monto total de la inversión en I+D, que para que sea representativa de su magnitud se la comparará con la inversión que realiza Brasil y España, en millones de dólares

Inversión total en I+D en millones de dólares

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Argentina	0	0	0	0	1136	1229	1230	1285	1247	1141	395	522	664	845	1028
Brasil	2972	3975	5047	6135	6009	0	0	0	6030	5328	4589	4888	5329	7290	
España	5292	4403	4098	4741	5062	4596	5258	5329	5283	5577	6791	9286	10889	12746	

Fuente: RICYT

Este análisis comparativo, se aprecia mejor en el siguiente gráfico:

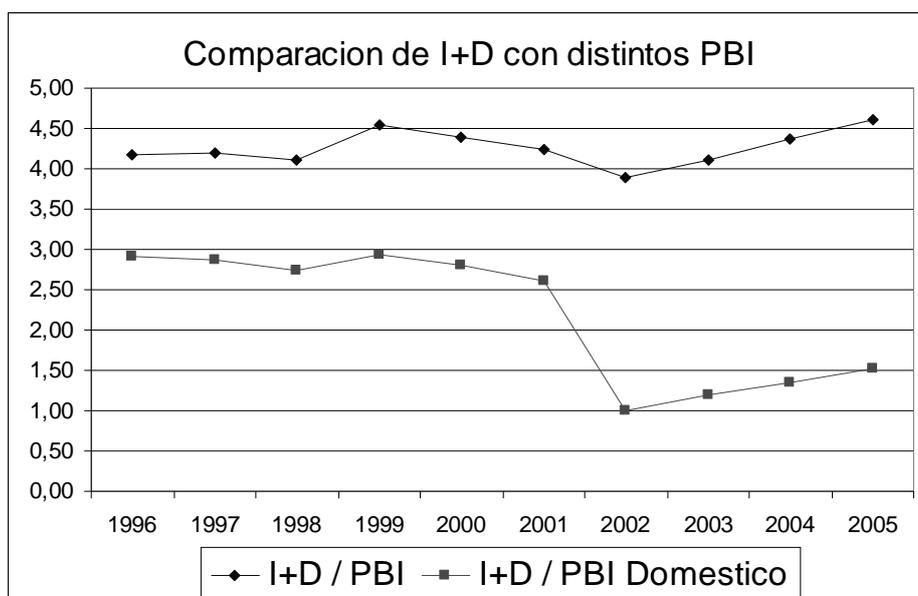


Fuente: RICYT

Se ve como en España, hay un aumento constante de la inversión en I+D, a una tasa muy superior a la tasa argentina y brasilera, además los niveles de inversión son muy inferiores, en monto, a los de Brasil y España.

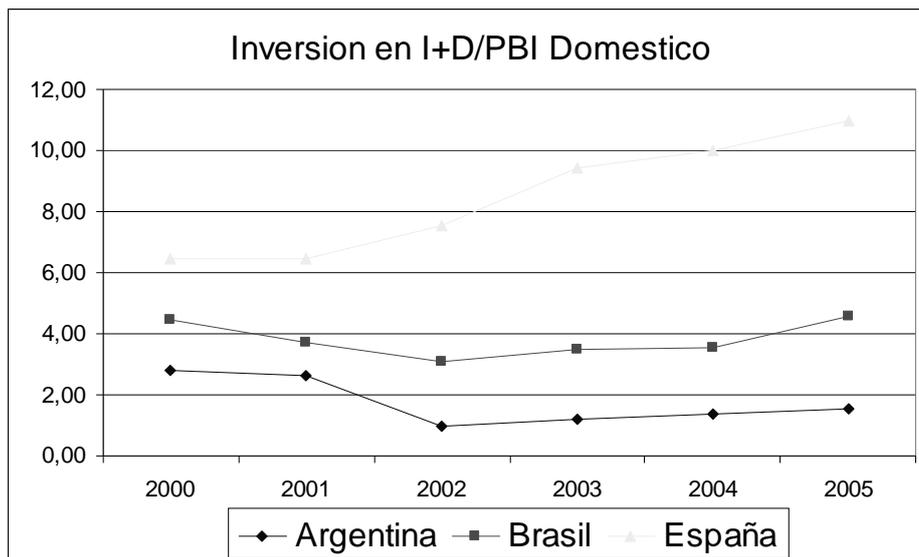
Si bien se observa que la diferencia de inversión medida en dólares, es muy significativa, se debe recordar que en Argentina, está vigente una política que mantiene una relación peso-dólar tendiente a favorecer la exportación de la producción nacional, por ello el valor de la inversión en I+D dentro de Argentina será significativa en cuanto al poder adquisitivo que ella tenga, aunque no lo sea tanto en cuanto a la adquisición de insumos importados. Para reflejar esta situación se puede utilizar el PBI doméstico, de modo que refleje mejor cual es el valor real de la inversión en términos de su poder adquisitivo local ya que la utilización de recursos humanos y físicos es principalmente local.

A tales efectos se comparará la Inversión en I+D, según el peso que tiene el PBI y el PBI doméstico, esta relación se puede ver en el siguiente gráfico:



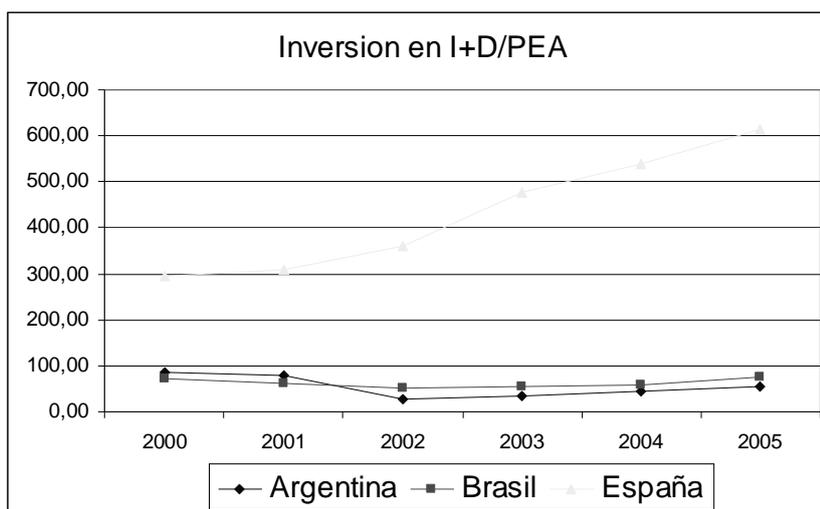
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando ahora una corrección, tomando la inversión en millones de dólares por cada mil millones del PBI doméstico. En el gráfico se ve que, si bien se mantiene la relación de inversión en un orden de 10 a 1 con España se deduce un poco, con Brasil cambia de 7 a 1 a una relación de 2,5 a 1.



Fuente: Elaboración Propia

Suele utilizarse también valores per cápita para medir la contribución de la sociedad al esfuerzo de la inversión en I+D, pero en el caso de Argentina y Brasil hay importantes sectores de sus poblaciones económicamente excluidos, desocupados, también la distribución demográfica de estos países es muy distinta, de modo que el peso de la contribución a la inversión en I+D, es diferente para la población económicamente activa (PEA) de los países. Para ver como influye sobre la PEA se elaboró un grafico de la Inversión en I+D en millones de dólares per cápita de la PEA.



Fuente: Elaboración Propia

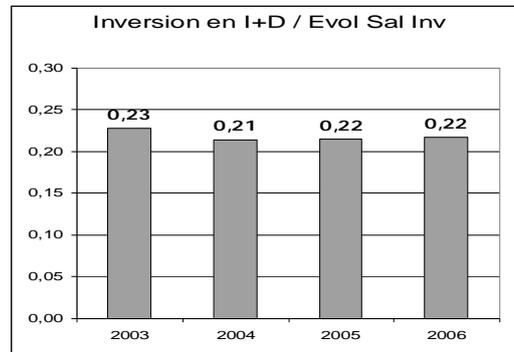
Se ve que la inversión en I+D per cápita de PEA es casi similar para Argentina y Brasil, para España el valor de la inversión aumenta con una tasa similar que la inversión total y la inversión referida al PBI doméstico.

Es interesante un coeficiente que relacione la inversión total en I+D, referida al valor del salario promedio del investigador, ya que mediríamos la inversión desde la perspectiva de la valorización salarial del investigador, se tomó solo cuatro años del último del último informe anual del CONICET, para

elaborar este índice se utilizó la Inversión en I+D, medida en millones de dólares y el salario medido en pesos.

Año	2003	2004	2005	2006
Inversión en I+D	522	664	845	1028
Salario Cat. Promedio	2292	3108	3925	4741

**Fuente: RICYT y CONICET**



**Fuente: Elaboración Propia**

Este índice aporta una visión de la percepción subjetiva que podría tener un investigador de la inversión en I+D, y lo más interesante es que esta percepción no ha tenido la misma tasa de crecimiento que la inversión total, es mas no ha aumentado. También este índice está diciendo que si la cantidad de investigadores aumenta, el pago de haberes insume una porción cada vez mayor de la inversión en I+D.

Un análisis de la inversión en I+D por sector de ejecución en millones de pesos se muestra en la siguiente tabla.

#### Inversión en I+D por sector de ejecución

AÑO	TOTAL	Organismo Público	Universidad Pública	Universidad Privada	Empresa	Entidad sin fines de lucro
2000	1.247,1	477,3	389,0	28,5	322,7	29,6
2001	1.140,8	455,3	373,7	25,6	260,3	25,9
2002	1.215,5	452,4	385,5	26,4	317,0	34,2
2003	1.541,7	634,4	397,1	25,4	446,5	38,3
2004	1.958,7	776,7	450,2	39,7	646,2	45,9

**Fuente: SETCIP**

Se observa que el sector público, Organismos y Universidades, concentran la mayor parte de la inversión, en esta tabla el sector de empresas como inversora en I+D, pero se debe recordar que contabilizan como inversión los pagos por transferencia de tecnología, que como se vio en el análisis de la balanza de pagos tecnológica, suelen encubrir transferencias de ganancias hacia las casas matrices.

También puede apreciarse como se distribuye la inversión por investigador, para estos sectores en la siguiente tabla:

#### Inversión en I+D por investigador en cada sector

Tipo de Entidad	GASTOS EN I+D (Pesos)	
	Por Investigador EJC	Por Investigador y Becario de Investigación EJC
Organismo Público	104.498	68.010
Universidad Pública	39.295	35.158
Universidad Privada	58.073	46.609
Empresa	209.546	176.183
Entidad sin fines de lucro	97.378	63.088

**Fuente: SETCIP**

A pesar de ser el sector público quien mas gasta, podría pensarse que según esta tabla la mayor inversión se da en el sector privado, pero se debe recordar la menor cantidad de personal que posee el sector privado y los pagos por transferencia tecnológica que el sector privado incluye como inversión en I+D.

La composición del gasto según el destino de los fondos para las distintas actividades de I+D y de C y T, en miles de pesos, para el año 2004 puede apreciarse, en el siguiente cuadro:

#### Destino de los fondos invertidos en I+D y C y T

DESTINO DE LOS FONDOS	GI+D	GACyT	Relación GI+D/GACyT
TOTAL	1.958.675	2.194.544	0,89
<i>Erogaciones Corrientes</i>			
Personal	1.259.604	1.327.209	0,95
Bienes y servicios no personales	369.350	491.801	0,75
Transferencias e Intereses	128.210	136.224	0,94
<i>Erogaciones de Capital</i>			
Inmuebles	37.490	52.304	0,72
Equipamiento y rodados	126.742	152.272	0,83
Transferencia e Intereses de capital	34.279	34.734	0,99

**Fuente: SETCIP**

Se observa que la mayor parte de los fondos se invierten en personal, por ello existe una marcada relación entre inversión en I+D o en C y T y el personal, alterando muchas relaciones entre los dos principales *inputs* tecnológicos al existir una fuerte relación entre ellos., aparece también una fuerte componente de transferencias, que proviene del pago de regalías, principalmente del sector privado.

La distribución de la inversión por tipo de actividad y sector de ejecución, para el año 2004, puede apreciarse en las tablas siguientes en miles de pasos y en porcentaje:

#### Distribución por tipo de actividad y sector de ejecución

TIPO DE ACTIVIDAD	Organismo Público	Universidad Pública	Universidad Privada	Empresa	Entidad sin fines de lucro	TOTAL
<b>TOTAL</b>	776.737	450.169	39.664	646.240	45.865	1.958.675
Investigación Básica	284.411	189.493	10.813	3.976	9.395	478.088
Investigación Aplicada	342.508	241.998	25.953	216.551	35.958	862.964
Desarrollo Experimental	149.820	38.678	2.898	425.713	514	617.623

### Porcentaje de distribución por tipo de actividad y sector de ejecución

TIPO DE ACTIVIDAD	Organismo Público	Universidad Pública	Universidad Privada	Empresa	Entidad sin fines de lucro	TOTAL
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100	100	100
Investigación Básica	37	38	27	1	21	24
Investigación Aplicada	44	54	68	33	78	44
Desarrollo Experimental	19	8	7	66	1	32

**Fuente: SETCIP**

### Porcentaje de distribución por tipo de actividad

TIPO DE ACTIVIDAD	2000	2001	2002	2003	2004
<b>TOTAL</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Investigación Básica	28,0	29,2	26,2	25,6	24,4
Investigación Aplicada	44,8	44,7	47,2	46,9	44,1
Desarrollo Experimental	27,2	26,1	26,6	27,5	31,5

**Fuente: SETCIP**

Se observa que la menor inversión en el sector público se produce en Desarrollo experimental e Investigación básica, siendo la universidad tanto pública como privada las que menos invierten en desarrollo experimental, que es en definitiva el que produce patentes transferibles al medio, pero requiere más tiempo que una publicación

La distribución de la inversión por disciplina, en el año 2004, es la siguiente:

### Distribución de la inversión en I+D por disciplina

DISCIPLINAS	GI+D
<b>TOTAL</b>	1.958.675
1- Ciencias exactas y naturales	315.666
2- Ingeniería y tecnología	755.233
3- Ciencias médicas	295.081
4- Ciencias agrícolas	310.100
5- Ciencias sociales	151.781
6- Humanidades	87.978
7- Otros	42.836

**Fuente: SETCIP**

Es interesante la distribución de la inversión ya que la inversión de mayor monto es destinada a ingeniería y tecnología, siendo que no se producen patentes. Las ciencias que le siguen en inversión, son las exactas y naturales, las médicas y las agrícolas que concentran entre ellas la mayor fuente de patentes de otros países, entre ellas concentran más del 80% del presupuesto.

Una fuente de mayor información, puede obtenerse del análisis de la inversión por objetivo, como el que muestra la siguiente tabla, para la aplicación de los fondos de I+D, separados por objetivo, para el año 2004:

### Distribución de la inversión en I+D por Objetivo

OBJETIVOS SOCIOECONOMICOS	GI+D
TOTAL	1.958.675
1- Exploración y explotación de la Tierra	62.894
2- Infraestructuras y ordenación del territorio	50.582
3- Control y protección del medio ambiente	98.835
4- Protección y mejora de la salud humana	272.224
5- Producción, distribución y utilización racional de la energía	43.411
6- Producción y tecnología agrícola	357.397
7- Producción y tecnología industrial	584.798
8- Estructuras y relaciones sociales	94.910
9- Exploración y explotación del espacio	53.796
10- I+D financiada con fondos generales de las universidades	120.589
11- Investigación no orientada	112.897
12- Otra investigación civil	95.455
13- Defensa	11.087

Fuente: SETCIP

La mayor inversión se centra en objetivos de producción de tecnología industrial, producción de tecnología agrícola y protección y mejora de la salud humana, pero se debe recordar, que estas áreas son las que pagan mayores regalías en función de patentes, regalías, y asesoramiento técnico, que se considera inversión, pero en realidad parte de esos fondos son remisiones encubiertas de ganancias de empresas industriales, terminales portuarias que integran grandes cadenas verticales de comercialización de productos agrícolas y de grandes laboratorios médicos.

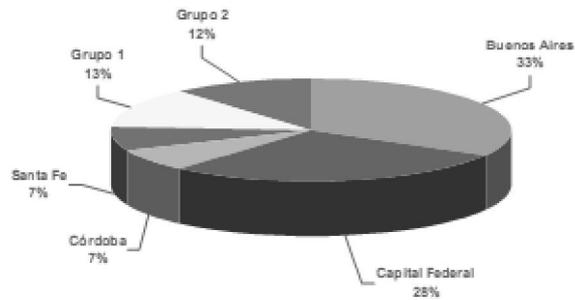
También se debe analizar la composición de la inversión según su distribución geográfica, a los efectos de visualizar la formación de clusters geográficos, una información de la inversión puede apreciarse en la siguiente tabla, de la inversión en C y T por provincia, durante el año 2004

### Distribución por provincia de la inversión en C y T

PROVINCIAS (**)	GACyT
TOTAL	2.194.544
1- Buenos Aires	727.544
2- Capital Federal	618.358
3- Córdoba	182.488
4- Santa Fe	159.138
5- Mendoza	78.488
6- Tucumán	74.938
7- San Luis	45.010
8- Río Negro	42.384
9- San Juan	34.788
10- Entre Ríos	34.538
11- Salta	29.042
12- Chubut	27.003
13- Corrientes	25.777
14- Jujuy	18.870
15- Neuquén	18.180
16- Misiones	15.550
17- Tierra del Fuego	13.830
18- Chaco	13.687
19- Catamarca	12.524
20- La Pampa	12.391
21- Santiago del Estero	10.509
22- La Rioja	10.087
23- Santa Cruz	7.265
24- Formosa	6.381

Fuente: SETCIP

Grafico de la distribución de la inversión en C y T



**Fuente: SETCIP**

Se ve una gran concentración de la inversión en Capital Federal y Buenos Aires, que se corresponde con la densidad poblacional y de generación de recursos económicos, la relación de concentración geográfica de esta región es tal que concentra más del 60% del total de los recursos.

Para ver como influyen las regiones geográficas, más que las provincias y las divisiones políticas, se puede ver como varía por región, tanto la inversión en C y T como en i+D, para 2004:

**Distribución por regiones de la inversión en C y T**

REGION	GACyT
TOTAL	2.184.544
1- Pampeana	1.714.453
2- Patagónica	106.662
3- NOA	153.768
4- Cuyo	158.286
5- NEA	61.375

**Fuente: SETCIP**

**Distribución por regiones de la inversión en I+D**

REGION	GI+D
TOTAL	1.958.675
1- Pampeana	1.526.020
2- Patagónica	97.718
3- NOA	134.619
4- Cuyo	144.846
5- NEA	55.472

**Fuente: SETCIP**

Se ve que al tomar regiones geográficas es la región pampeana la que concentra la mayoría de la inversión, casi un 80% del total, esta región incluye Capital Federal, Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos. El resto de las regiones obtienen menos del 8% del presupuesto

#### **4.1.5.2.- Los Recursos Humanos**

El segundo *input* que extraemos de las bases de datos de la RICYT son los recursos humanos, en ellos lo primero es la cantidad de investigadores, la RICYT contempla la reducción del personal total con sus distintas dedicaciones de tiempo parcial o tiempo completo a la cantidad de personas trabajando a jornada completa que cumplirían el total de horas que trabajan las personas

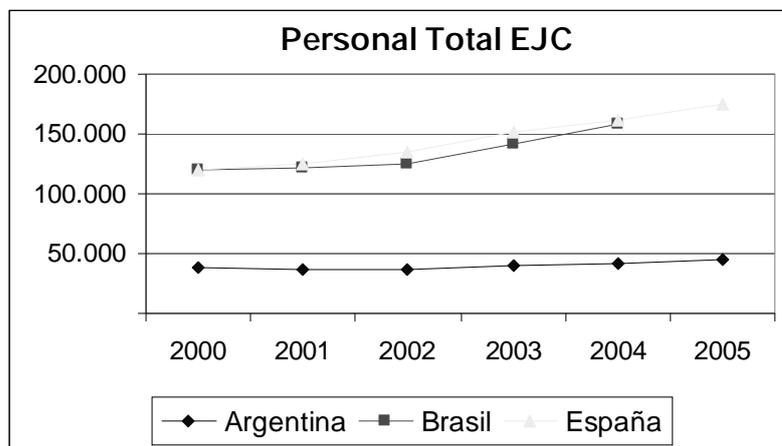
físicas. Este indicador es más relevante para medir la dedicación de las personas.

**Número de Investigadores: Total y Equivalente Jornada Completa**

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Pers. Físicas	48.368	49.671	50.701	52.836	52.243	52.686	55.635	59.150	62.543
	Pers. EJC	35.974	36.852	36.939	37.515	37.444	37.413	39.393	42.454	45.361
Brasil	Pers. Físicas				209.386	212.636	216.473	246.782	273.577	
	Pers. EJC				119.279	122.044	125.092	142.229	157.595	
España	Pers. Físicas	155.117		178.188		209.011	232.019	249.969	267.942	282.804
	Pers. EJC	87.150	97.098	102.238	120.618	125.750	134.258	151.487	161.933	174.773

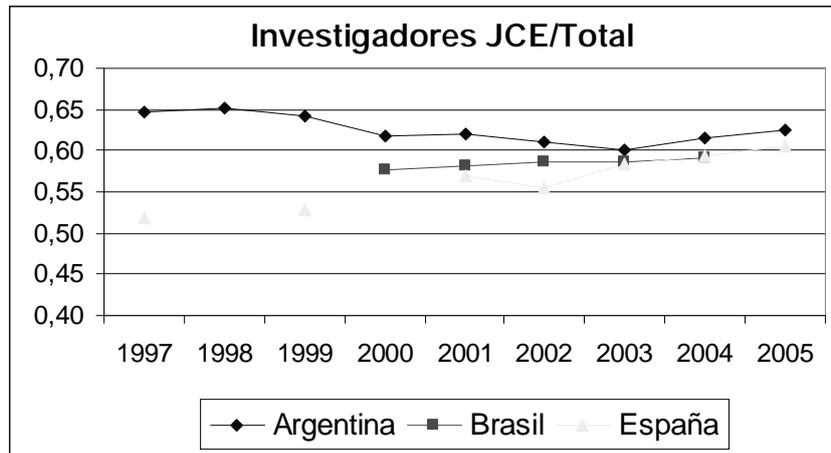
Fuente: RICYT

Se ve que para Brasil y España la cantidad de investigadores y los investigadores EJC, es similar y tres veces mas que la cantidad de investigadores EJC de Argentina.



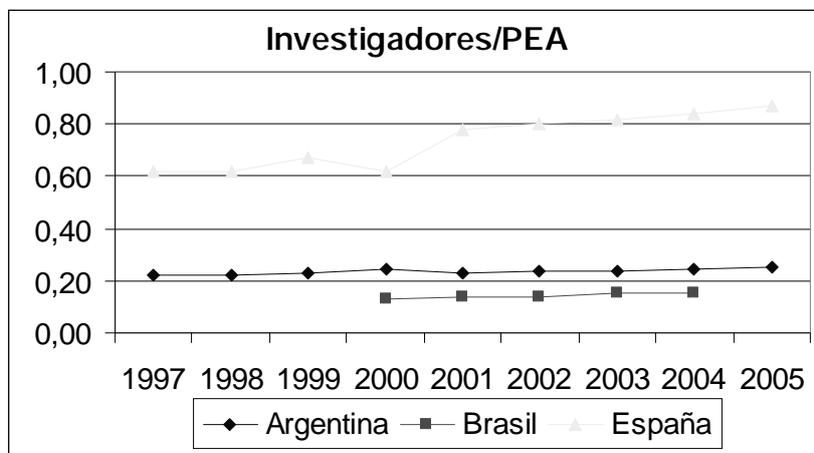
Fuente: RICYT

La relación entre el personal JCE y el personal total indica la cantidad de investigadores que diversifican sus tareas, posiblemente compartiendo tareas docentes o alguna otra actividad económica, podemos ver en el siguiente gráfico, que la relación en Argentina presenta una tendencia a disminuir desde la crisis del modelo neoliberal en 1998 y vuelve a aumentar superada la crisis de 2001, se puede observar una convergencia en la tendencia de Argentina y de España donde la tendencia es de un crecimiento constante. Brasil muestra una tendencia de sus investigadores a tomar cada vez mayor dedicación pero con una tasa menor.



Fuente: Elaboración Propia

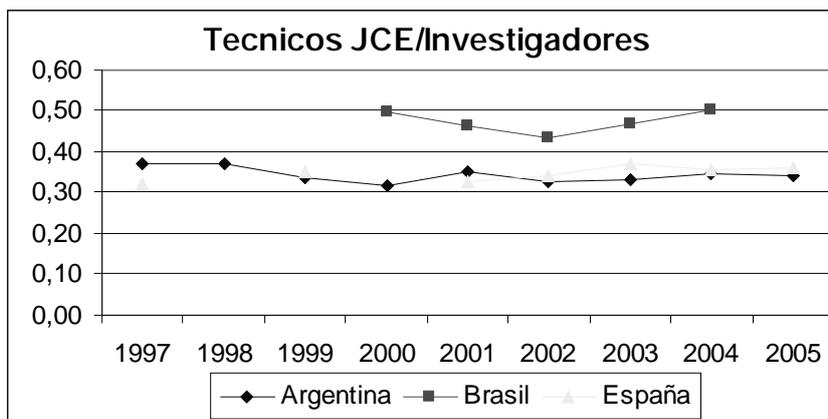
La relación entre la cantidad de investigadores y la población económicamente activa medida la primera en personas físicas y la PEA medida en investigadores cada mil personas. Del gráfico se ve que en Argentina la proporción de investigadores es ligeramente mayor que en Brasil y que España tiene una proporción casi cuatro veces mayor.



Fuente: Elaboración Propia

Tan importante como la cantidad de investigadores, es la formación de nuevos investigadores y el personal de apoyo, ya que para la realización de tareas complejas requiere contar con este personal esencial pues si los investigadores deben dedicar su tiempo a tareas auxiliares habrá un desaprovechamiento de la capacidad de investigación y esto influirá sobre los resultados.

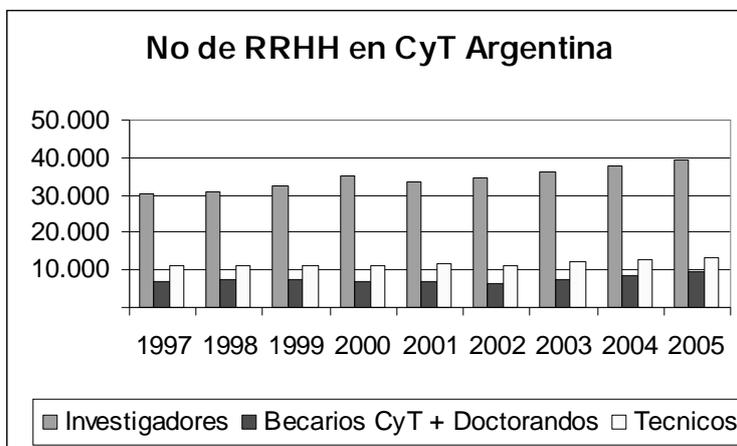
Un gráfico que refleje la relación entre el personal técnico de apoyo y los investigadores es el siguiente:



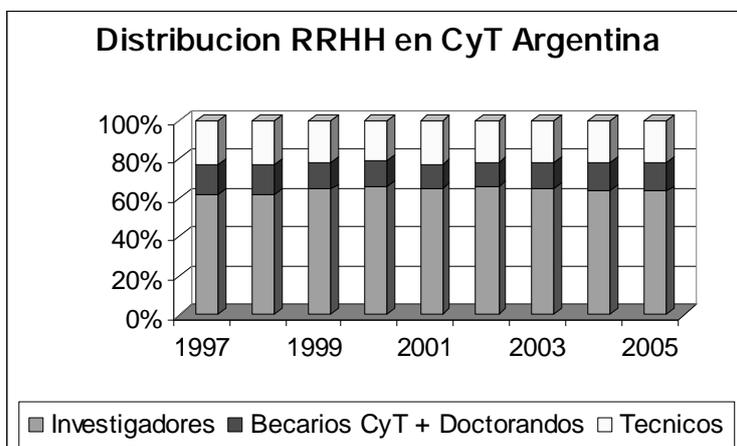
Fuente: Elaboración Propia

Se ve que Argentina y España tienen la misma relación de personal técnico por investigador de 4 por cada 10 y Brasil tiene un poco más, con 5 por cada 10. Esta relación no está mal ya que en el total de investigadores se contabiliza aquellos pertenecientes a las áreas no técnicas donde la presencia del personal técnico es muy importante.

Una distribución de este personal en el caso de Argentina se puede apreciar en los siguientes gráficos:



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT

De los gráficos se aprecia que no existen grandes variaciones en las proporciones entre el personal técnico de apoyo, los becarios y los

investigadores durante los últimos años, hay una tendencia a una incorporación creciente de investigadores, becarios y técnicos. Es interesante notar que durante la crisis de 2001 se notó una disminución del ingreso de investigadores, incluso hay una disminución, que no se produce en el personal técnico, ya que su calificación no le permite insertarse en el rápidamente en el medio laboral o de investigación extranjero.

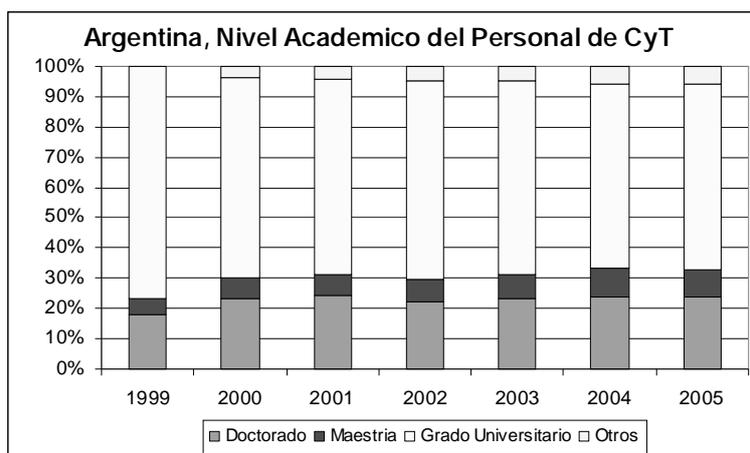
También es importante analizar el nivel académico de los investigadores, ya que RICYT no indica ninguna estadística de España, solo podemos comparar la situación argentina con Brasil

#### Distribución de Títulos entre los investigadores

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	Doctorado	18,2%	23,4%	24,3%	22,4%	23,3%	23,8%	23,7%
	Maestría	5,0%	6,5%	6,7%	7,3%	7,9%	9,6%	9,0%
	Licenciatura o equivalente	76,8%	66,2%	64,6%	65,3%	63,8%	60,8%	61,4%
	Otros		3,8%	4,4%	5,0%	5,0%	5,7%	5,9%
Brasil	Doctorado		56,9%	60,4%	60,4%	61,8%	61,8%	
	Maestría		29,5%	28,8%	28,8%	28,0%	28,0%	
	Licenciatura o equivalente		13,6%	10,8%	10,8%	10,2%	10,2%	
	Otros							

Fuente: RICYT

Se ve que en Brasil casi el 60% de sus investigadores tienen título de Doctor y casi el 30% tiene el título de Magíster, mientras que en Argentina el 23% tiene título de Doctor y el 9% de Magíster. Eso pone de manifiesto una mayor preparación académica de los investigadores brasileiros frente a los investigadores argentinos. La evolución de la distribución del nivel académico de los investigadores argentinos puede verse en el siguiente gráfico.

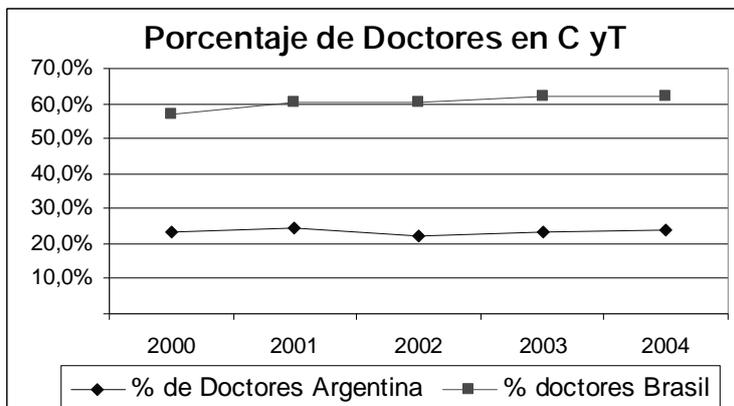


Fuente: RICYT

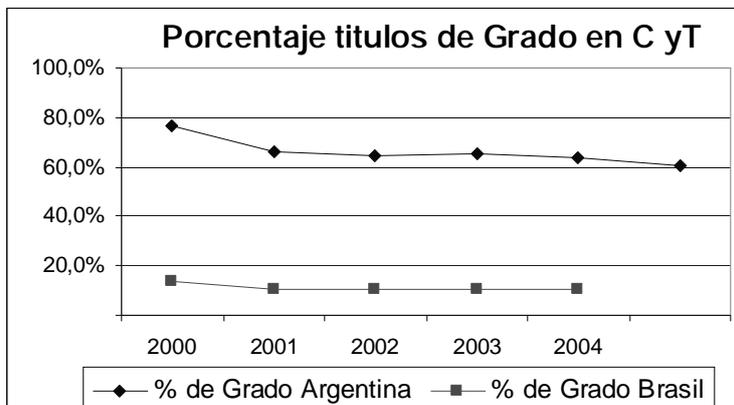
Se aprecia que se ha incrementado la cantidad investigadores con maestrías en forma constante, esto coincide con la mayor oferta de estudios de postgrado en distintas modalidades, que por su distribución de la carga horaria y distintas modalidades, como las semi-presenciales o a distancia, permitieron la realización de estudios a quienes por razones geográficas o de carga horaria no pudieron realizarlos antes. También se aprecia en el gráfico, la disminución

del personal con grado de doctor durante la crisis de 2001, dado que su formación le permitía acceder a puestos similares en otros países o en empresas privadas.

La evolución comparada entre Argentina y Brasil, del nivel académico de los investigadores en los títulos de grado y doctor, permite ver como la disminución del porcentaje de los títulos de grado de los investigadores en argentina se correlaciona mas con el aumento de las maestrías que de los doctorados, mientras que Brasil mantiene un nivel mas estable de esta relación en los últimos años analizados



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT

La distribución de los recursos humanos por formación académica según la SETCIP, puede apreciarse en la siguiente tabla:

DISCIPLINA	TOTAL	INVESTIGADORES (JC y JP)	BECARIOS (JC y JP)
<b>TOTAL</b>	<b>46.167</b>	<b>37.626</b>	<b>8.541</b>
<b>Ciencias Exactas y Naturales</b>	<b>13.226</b>	<b>10.221</b>	<b>3.005</b>
Biólogos	3.738	2.369	1.369
Físicos	2.098	1.730	368
Geólogos	1.139	973	166
Matemáticos	1.079	963	116
Químicos	3.513	2.804	709
Otros	1.559	1.362	277
<b>Ingenierías y Tecnologías</b>	<b>8.178</b>	<b>6.731</b>	<b>1.447</b>
Arquitectos	1.120	998	122
Ingenieros	6.249	5.140	1.109
Otros	809	593	216
<b>Ciencias Médicas</b>	<b>6.933</b>	<b>5.594</b>	<b>1.339</b>
Bioquímicos	2.696	2.118	578
Farmacéuticos	810	667	143
Médicos	2.273	1.797	476
Otros	1.154	1.012	142

**Fuente: SETCIP**

La misma distribución por disciplina, es la siguiente:

DISCIPLINA	TOTAL	INVESTIGADORES (JC y JP)	BECARIOS (JC y JP)
<b>Ciencias Agrícolas y Ganaderas</b>	<b>5.214</b>	<b>4.455</b>	<b>759</b>
Ing. Agrónomos	3.586	3.150	436
Veterinarios	1.083	945	137
Otros	545	359	186
<b>Ciencias Sociales</b>	<b>8.331</b>	<b>6.913</b>	<b>1.418</b>
Abogados	829	736	93
Antropólogos	793	652	141
Economistas	1.325	1.063	272
Ciencias de la Educación	1.260	1.130	130
Psicólogos	1.130	935	195
Sociólogos	1.109	866	243
Otros	1.885	1.651	334
<b>Humanidades</b>	<b>4.285</b>	<b>3.712</b>	<b>573</b>
Filósofos	935	817	118
Historiadores	1.044	864	180
Lingüistas	668	629	39
Literatos	594	478	116
Otros	1.044	934	110

**Fuente: SETCIP**

Otra información de la distribución porcentual del esfuerzo de I+D es como se distribuye el recurso humano, en distintas disciplinas de investigación según sector para el año 2004

#### Distribución de RRHH según disciplina y sector

DISCIPLINAS	TOTAL	Organismo Público	Universidad Pública	Universidad Privada	Empresa	Entidad sin fines de lucro
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
Cs. Exactas y Naturales	27,2	41,3	23,8	8,8	27,8	26,4
Ingenierías y Tecnologías	17,9	14,2	13,3	16,1	51,4	26,5
Cs. Médicas	14,9	15,5	14,6	18,8	14,9	6,6
Cs. Agrícolas y Ganaderas	11,8	17,3	12,1	3,8	5,2	1,4
Cs. Sociales	18,3	6,8	23,1	42,5	0,7	26,7
Humanidades	9,9	4,9	13,1	10,0	0,0	12,4

**Fuente: SETCIP**

Las ciencias exactas y naturales ocupan el mayor porcentaje dentro del sector público, mientras que las empresas ocupan sus recursos en Ingeniería y Tecnología, aquí se debe nuevamente plantear que para las empresas este sector se dedica a la implantación de tecnologías y parte del recurso humano utilizado proviene de sus casas matrices o de sus proveedores.

La distribución por objetivos, para 2004 en cantidad y porcentaje, es la siguiente:

#### Distribución del RRHH por objetivos

OBJETIVOS SOCIOECONOMICOS	Investigadores (JC y JP)		Becarios (JC y JP)	
TOTAL	37.626	100,0	8.541	100,0
1- Exploración y explotación de la Tierra	1.096	2,9	244	2,9
2- Infraestructuras y ordenación del territorio	1.271	3,4	214	2,5
3- Control y protección del medio ambiente	1.929	5,1	511	6,0
4- Protección y mejora de la salud humana	6.025	16,0	1.692	19,8
5- Producción, distribución y utiliz. racional de la energía	584	1,6	173	2,0
6- Producción y tecnología agrícola	5.929	15,8	1.225	14,3
7- Producción y tecnología industrial	6.402	17,0	1.233	14,4
8- Estructuras y relaciones sociales	3.792	10,1	649	7,6
9- Exploración y explotación del espacio	495	1,3	108	1,3
10- Investigación no orientada	7.094	18,8	2.117	24,8
11- Otra investigación civil	2.733	7,3	345	4,0
12- Defensa	276	0,7	30	0,4

Fuente: SETCIP

Los principales objetivos específicos son, la protección y mejora de la salud, la producción y tecnología agrícola y la producción y tecnología industrial, siendo la investigación no orientada la que mayor cantidad de investigadores y becarios absorbe.

La distribución del recurso humano, por región para 2004, es la siguiente:

#### Distribución del RRHH por región

REGION	TOTAL	Investigadores EJC	Becarios EJC	Técnicos y Pers. Apoyo
TOTAL	42.454	23.127	6.344	12.983
1- Pampeana	32.294	16.997	5.244	10.053
2- Patagónica	2.143	1.286	292	565
3- NOA	3.685	2.455	320	910
4- Cuyo	3.090	1.801	384	905
5- NEA	1.242	588	104	550

Fuente: SETCIP

Nuevamente la región pampeana concentra casi el 80% el recurso humano, lo que se correlaciona con la inversión en I+D, que mayoritariamente se aplica a gastos en personal.

La distribución por provincia, muestra la misma tendencia que la observada en la inversión el I+D, por las mismas razones mencionadas, concentrando la Capital Federal y la provincia de Buenos Aires casi el 60%. La distribución sería la siguiente:

#### Distribución del RRHH por provincia

PROVINCIA (*)	TOTAL	Investigadores EJC	Becarios de Investigación EJC	Técnicos y Personal de Apoyo
TOTAL	42.454	23.127	6.344	12.983
1- Buenos Aires	13.557	5.511	2.050	4.915
2- Capital Federal	10.750	5.552	1.775	3.375
3- Córdoba	3.484	1.547	595	751
4- Santa Fe	3.493	2.342	412	739
5- Mendoza	1.420	713	159	518
6- Tucumán	1.953	1.234	225	493
7- San Luis	503	574	55	144
8- Río Negro	576	459	125	259
9- San Juan	557	514	110	243
10- Entre Ríos	577	410	70	197
11- Salta	591	450	39	202
12- Chubut	551	255	50	155
13- Corrientes	576	257	55	233
14- Neuquén	377	317	42	18
15- Jujuy	253	204	11	48
16- Misiones	295	155	19	110
17- Tierra del Fuego	170	52	30	78
18- La Pampa	293	195	27	71
19- Chaco	247	59	20	155
20- Catamarca	250	150	5	52
21- Santiago del Estero	335	257	13	55
22- La Rioja	182	110	23	49
23- Santa Cruz	159	133	12	14
24- Formosa	124	55	9	49

Fuente: SETCIP

#### 4.1.6.- Los *outputs* tecnológicos del sistema de C y T argentino

Como se vio la interacción entre la universidad argentina y el sistema de ciencia y técnica hace que los investigadores del sistema estén vinculados de alguna manera a la universidad, de modo que los resultados que obtienen no pueden adjudicarse a institutos o universidades.

##### 4.1.6.1.- La producción de publicaciones

El primer *output* que se considerará es el de trabajos publicados en revistas con referato y perteneciente a distintos sistemas de publicación como lo son el SCI y Pascal:

El SCI es un índice de revistas científicas perteneciente al Institute for Scientific Information (ISI) de EE.UU. En este índice las revistas son incorporadas de acuerdo con ciertos criterios de selección y en la actualidad registra más de 8.000 revistas científicas seleccionadas entre las más de 70.000 que existen en el mundo entero. Gibbs, indica que: *“la inclusión en el SCI y en otros selectos elencos bibliográficos garantiza que los artículos de una revista sean tenidos en cuenta por los científicos a la hora de informarse sobre los nuevos descubrimientos logrados en un campo de investigación y de decidir qué trabajos previos citar en sus propios artículos”* (GIBBS, 1995). Este criterio ha sido objetado por varios trabajos como el de Acuña en: *La calidad de las revistas científicas y el uso del Science Citation Index*, donde se critica la utilización de este criterio ya que varias revistas de buen nivel científico no están incluidas en el SCI, y dado que este representa solo aproximadamente el 10% de las publicaciones mundiales, es de suponer que la relevancia un artículo no puede estar dado solo por que se publique en estas revistas (Acuña, 2004), algún criterio similar lo adoptó el Grupo Evaluador Externo del CONICET designado por la SECYT a fines de 1999 sobre las publicaciones en revistas de SCI como patrón de medición de la producción investigativa: *“Los indicadores que el sistema utiliza para juzgar méritos no son satisfactorios. El número de publicaciones en*

*revistas internacionales ampliamente utilizado en el CONICET, como en el resto del mundo, tiene conocidas limitaciones como indicador: no necesariamente refleja calidad y puede conducir a que los trabajos de investigación se planifiquen en función de la posibilidad de publicación de los resultados más que de la importancia de ellos. Además hay disciplinas, especialmente en las ciencias sociales, en las cuales este indicador no es pertinente. Y el mérito de los tecnólogos se debe juzgar por otros indicadores, relacionados con el uso y los beneficios sociales y económicos de la aplicación de sus creaciones, no por publicaciones"*(CONICET,1999).

Además se debería considerar que además de la publicación existen otros indicadores, en realidad hay tres familias de indicadores:

- Los indicadores que están destinados a la evaluación y control de calidad de las fuentes de información, cuyas fuentes son principalmente las revistas científicas de donde se extraen los datos bibliográficos que son almacenados en las bases de datos. El ejemplo más célebre de este tipo de indicador es el "factor de impacto" propuesto por el ISI y fundado en la citación.
- Los indicadores con los cuales se realizan los análisis estadísticos de las publicaciones científicas y de las patentes, es decir, de los datos bibliográficos. Pertenecen a esta familia, el nombre de publicaciones como índice de actividad o de producción. Asimismo que los indicadores basados en las citaciones y las co-citaciones, o en las palabras claves asociadas.
- Los indicadores de conocimiento. Este tipo de indicadores es indispensable cuando se trabaja en la vigilancia e inteligencia de la ciencia y la tecnología. Aquí no interesa tanto producir una información estadística. Importa mucho más, explotar el contenido de los textos para extraer los conocimientos que ellos representan.

PASCAL esta tratando de ser una base de datos apta para la producción de indicadores bibliométricos, para ello ha elaborado un conjunto de indicadores de calidad. Estos indicadores permitirán en el futuro de calibrar las revistas analizadas en la base PASCAL. Estos indicadores son:

1. Factor FDP (*fourniture de documents primaires*) El uso de las revistas para producir fotocopias de artículos científicos permite el cálculo de este factor de utilización. El número de copias de artículos de una revista en el lapso de un período T, en relación a la suma total de artículos publicados por esta misma revista durante T. El INIST es el segundo productor mundial de fotocopias de artículos científicos (mas o menos 700 000 fotocopias por año).
2. Factor IEL (*interrogation en ligne*) Se trata de la interrogación "on line" de [article@inist.fr](mailto:article@inist.fr) en la Web. Es el cálculo de la visualización "on line" de los artículos consultados de una revista en un período T, en relación al número total de artículos publicados por esta misma revista durante T.
3. Factor CEL (*commande en ligne*) Sobre la base de la consultación "on line" de las revistas en [article@inist.fr](mailto:article@inist.fr) es posible, igualmente, obtener este otro factor, aplicando un cálculo análogo al factor FDP: la suma de

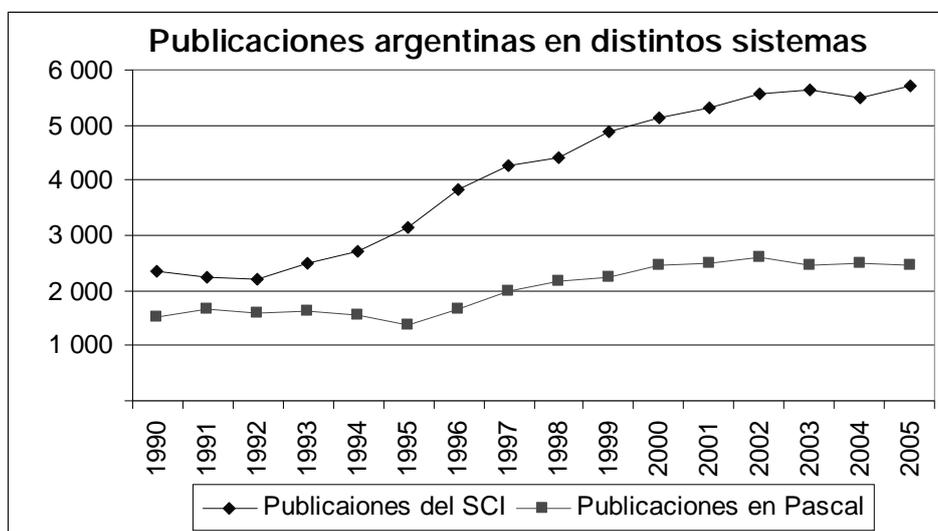
pedidos "on line" de fotocopias de artículos publicados en una revista en el período T, en relación al número total de artículos publicados por esta misma revista durante T.

4. *Factor I (internationalisation)* El cálculo de este indicador permitirá medir el grado de internacionalización de las revistas. Este indicador tiene por base la distribución geopolítica (por países) de las afiliaciones de los autores de los artículos publicados por una revista. Para ello es necesario establecer un perfil de referencia según la especialidad (o disciplina científica) escogida, teniendo en cuenta que una revista pertenece simultáneamente a varias disciplinas. Se comparará el perfil de la revista con el perfil de referencia. Se considerará que una revista es más o menos internacional en la medida que su perfil es más o menos próximo del perfil de referencia.

La RICYT ha reunido las publicaciones en distintos sistemas, pero se referirán los más difundidos, para establecer algún criterio de evaluación del trabajo realizado dentro el sistema de C y T. A pesar de las críticas expuestas, la publicación de los trabajos realizados sirve como indicador del nivel del trabajo realizado y aunque no así de su importancia.

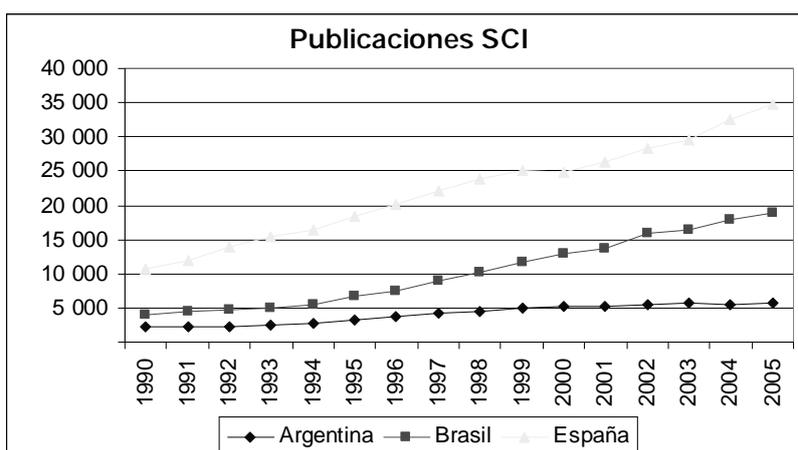
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>SCI</b>														
Argentina	2206	2476	2719	3159	3820	4262	4426	4862	5121	5309	5581	5640	5499	5699
Brasil	4758	4908	5538	6727	7401	8972	10176	11759	12895	13677	15854	16324	17785	18765
España	13884	15376	16274	18379	20080	22077	23780	25041	24951	26401	28409	29634	32548	34846
<b>PASCAL</b>														
Argentina	1578	1640	1546	1379	1677	1994	2172	2239	2467	2498	2611	2440	2490	2444
Brasil	3227	3193	3164	2627	3267	4315	5322	5617	6028	7110	7306	7402	8696	7904
España	11374	11509	10404	9580	10635	12909	13451	14432	14206	15570	16282	16655	17800	17838

Fuente: RICYT

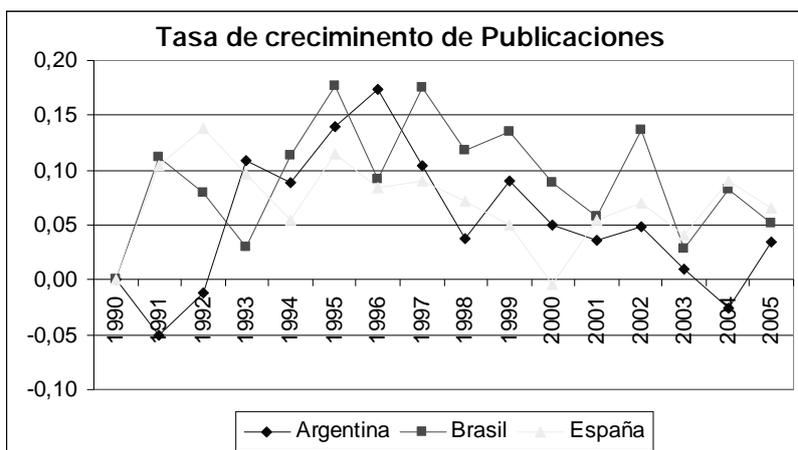


Fuente: RICYT

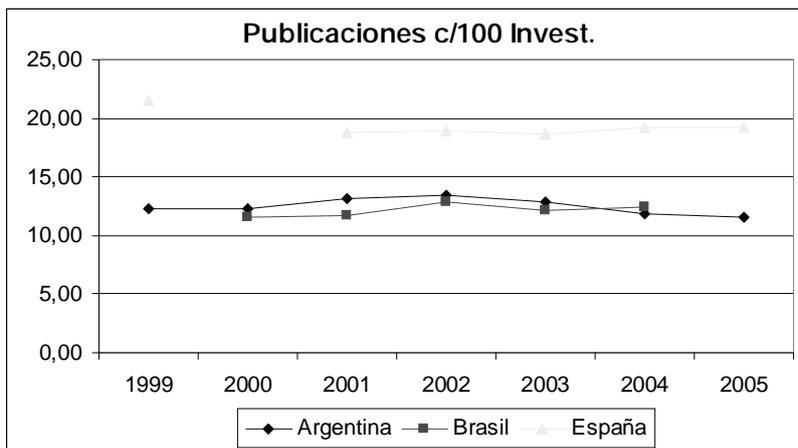
Se ve que hay una tendencia generalizada a publicar más en revistas del SCI que en PASCAL. La tendencia se manifiesta también en España y Brasil. Las publicaciones en el SCI de los 3 países, muestra que la cantidad de investigadores tiene importancia en la cantidad de publicaciones, lo interesante en argentina es que las variaciones que presentó la cantidad de investigadores por efecto de la crisis del 2001, no se reflejó en el número de publicaciones. También se ve que la tasa de variación de las publicaciones muestra un rezago respecto de las crisis económicas y que afectaron la cantidad de investigadores, esto quizás producido por las demoras en la publicación de los trabajos y el proceso de aceptación de publicaciones. También se puede apreciar que la productividad medida en publicaciones cada 100 investigadores, es caso constante e incluso tiene el mismo nivel que Brasil, siendo el español el doble de ambos



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT

Una visión sobre donde se publican los trabajos y quién publica en que tipo de revista, la proporciona la SETCIP:

#### Tipos de Publicaciones en Revistas de C y T

TIPO DE PUBLICACION	2000	2001	2002	2003	2004
Libros de carácter CyT	1.419	1.919	1.536	1.706	1.657
Revistas de CyT editadas por las entidades	629	641	548	843	881
Artículos en revistas de CyT editadas por las entidades	3.433	3.564	2.618	3.579	5.100
Artículos en otras revistas CyT nacionales	6.927	7.164	5.256	6.013	6.677
Artículos de CyT en revistas extranjeras	11.125	11.175	9.040	8.286	8.741
Monografías, tesis y otros	17.407	15.146	16.336	17.991	13.095

Fuente: SETCIP

#### Artículos publicados por entidad para en 2004 en revistas de C y T

TIPO DE ENTIDAD	Artículos en revistas CyT, editadas por las entidades	Artículos en otras revistas CyT nacionales	Artículos en revistas CyT Extranjeras
TOTAL	5.100	6.677	8.741
Organismo Público	1.130	1.279	2.153
Universidad Pública	3.162	4.350	5.808
Universidad Privada	445	631	431
Empresa	34	258	154
Entidad sin fines de lucro	329	159	195

Fuente: SETCIP

Se observa que el grueso de las publicaciones corresponde a monografías y tesis, y que la tercera parte de los trabajos se publican en publicaciones de las mismas entidades. Por otra parte una gran proporción de los trabajos se publican en revistas extranjeras. Debe destacarse que una práctica común es publicar trabajos relacionados con la elaboración de las tesis magíster y doctorados, durante la realización de estos estudios. Esta última razón explicaría la correlación que se observa entre las tres mayores cantidades de publicaciones y también el nivel que tienen los mismos, ya que su nivel es equiparable al que se realiza en el extranjero.

La distribución por disciplina de las publicaciones puede observarse en las siguientes tablas:

#### Registros en el SCI según disciplina

DISCIPLINA	2000	2001	2002	2003	2004
Ciencias de la vida	1.860	1.888	1.978	1.928	2.055
Física, química y ciencias de la tierra	1.942	1.959	2.057	1.983	2.048
Agricultura, biología y medio ambiente	1.169	1.226	1.366	1.363	1.425
Medicina clínica	1.350	1.399	1.395	1.567	1.335
Ingeniería, computación y tecnología	429	487	474	533	450
Ciencias sociales y del comportamiento	129	113	147	141	168
Instrumentos	33	57	42	43	51
Ciencias multidisciplinarias	26	38	32	37	39
Artes y humanidades	4	2	1	2	6
Sin asignar	44	48	87	57	71

Fuente: SETCIP

#### Registros en SCI con colaboración internacional según disciplina

DISCIPLINA	2000	2001	2002	2003	2004
Física, química y ciencias de la tierra	812	896	930	891	1.031
Ciencias de la vida	595	644	703	706	837
Agricultura, biología y medio ambiente	366	391	449	499	562
Medicina clínica	331	317	326	388	420
Ingeniería, computación y tecnología	146	174	167	204	205
Ciencias sociales y del comportamiento	59	47	59	54	75
Ciencias multidisciplinarias	18	24	16	22	25
Instrumentos	14	26	14	13	18
Artes y humanidades	1	0	0	0	2
Sin asignar	27	25	41	38	44

Fuente: SETCIP

#### Registros en SCI sin colaboración internacional según disciplina

DISCIPLINA	2000	2001	2002	2003	2004
Ciencias de la vida	1.265	1.244	1.275	1.222	1.218
Física, química y ciencias de la tierra	1.130	1.063	1.127	1.092	1.017
Medicina clínica	1.019	1.082	1.069	1.179	915
Agricultura, biología y medio ambiente	803	835	917	864	883
Ingeniería, computación y tecnología	283	313	307	329	245
Ciencias sociales y del comportamiento	70	66	88	87	93
Instrumentos	19	31	28	30	33
Ciencias multidisciplinarias	8	14	16	15	14
Artes y humanidades	3	2	1	2	4
Sin asignar	17	23	46	19	27

Fuente: SETCIP

Se aprecia que la mayor parte de las publicaciones se concentran en las áreas de Ciencias de la Vida, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Tierra, también se ve un aumento de publicaciones con colaboración internacional y una disminución de publicaciones sin colaboración internacional: Esto indica una vinculación con otros investigadores extranjeros que permite el trabajo conjunto.

#### 4.1.6.2.- La producción de patentes

El segundo *output* son las patentes, que como vimos es indicador más relevante en cuanto a la contribución al desarrollo por creación de tecnología, para el caso argentino, la generación de patentes en el ámbito de la investigación universitaria y el sistema de C y T todo, presenta una gran deficiencia respecto de España y Brasil, tanto es así que en el último informe

del CONICET de 2007, se reporta como un logro la presentación de 30 solicitudes de patentes, frente a las más de 1000 que presentaron residentes argentinos en 2005, según reporta la RICYT.

Las solicitudes de patentes pueden verse en la siguiente tabla:

#### Solicitudes de Patentes de Residentes

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	694	676	1.097	824	861	899	1.062	691	718	792	786	1.054
Brasil	6.279	7.232	7.008	7.111	6.995	8.261	8.878	9.440	10.002	10.672	10.879	
España	2.351	2.280	2.596	2.741	2.965	3.187	3.531	3.464				

Fuente: RICYT

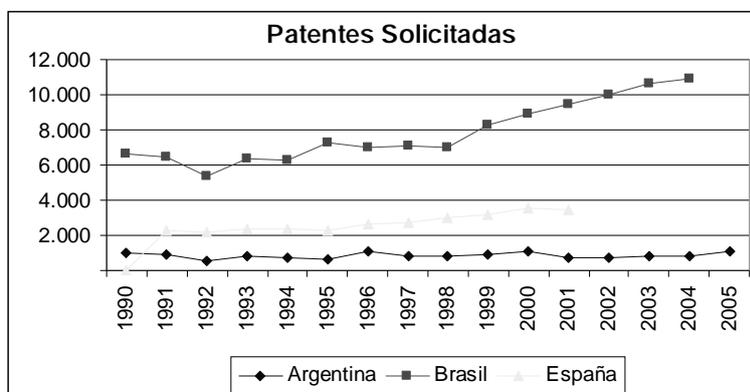
#### Patentes otorgadas a Residentes

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	451	198	342	292	307	155	145	115	96	156	108	306
Brasil	3.678	1.445	924	1.292	2.513	3.605	3.025	3.619	3.724	5.151	4.066	
España	1.014	684	1.025	1.470	2.236	2.468	2.190	2.210				

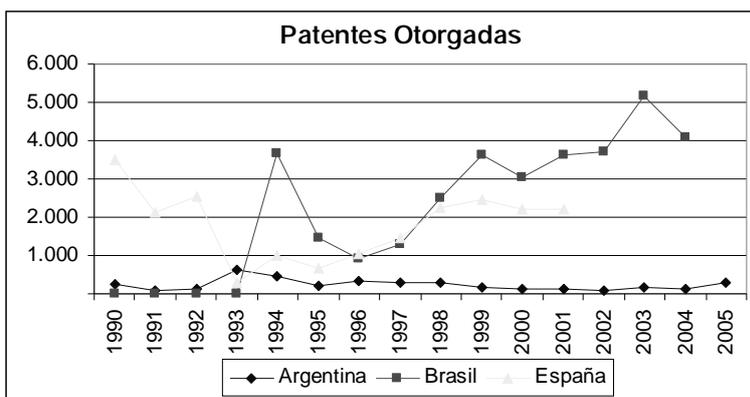
Fuente: RICYT

Se ve que los resultados indican que Brasil es quien más patentes solicita y obtiene, a pesar de los esfuerzos que realiza España para fomentar la innovación desde sus centros de investigación. Las solicitudes de patentes reflejan en cierta medida los resultados que obtienen los investigadores, pero las patentes pueden ser rechazadas por defectos de presentación o de conflictos con otras patentes existentes, por lo que hasta que no se otorga la patente definitiva no se produce un bien tecnológico que pueda producir algún tipo de impacto en el sistema productivo, iniciando un proceso de innovación. No solo es interesante el registro de las solicitudes y el otorgamiento de patentes sino su relación, ya que nos indica cuán eficiente es la producción de patentes, por lo que se propone la utilización de un indicador que lo refleje como podría ser una Tasa de Eficiencia que relacione las patentes solicitadas por residentes con las patentes otorgadas.

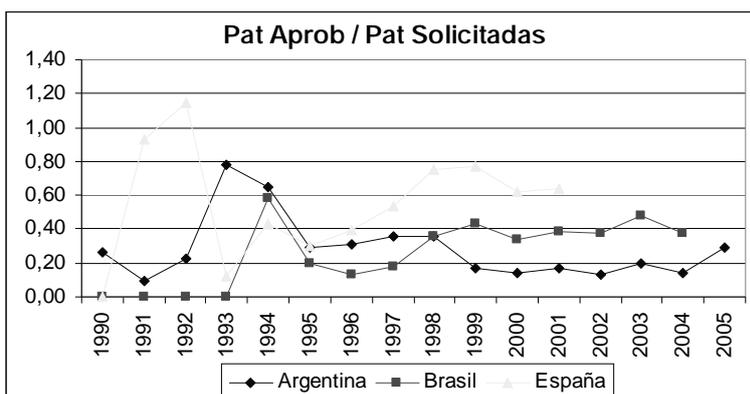
Se puede ver en los siguientes gráficos las relaciones expresadas:



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT



Fuente: Elaboración Propia

Se ve que la tasa de eficiencia, muestra que España tiene mayor eficiencia que Brasil a pesar de producir una menor solicitud de patentes y que la eficiencia de Brasil y Argentina parecen indicar una convergencia. Se podría conjeturar que hay una tendencia a una eficiencia estable, producto de una maduración de quienes se dedican a la generación de patentes, posiblemente al mantenerse con ciertas variaciones condiciones de apoyo a las actividades de innovación desde principios de los 90, por efecto de la difusión de los resultados obtenidos por EEUU en sus políticas de innovación tecnológica, que le permitió revertir una tendencia de pérdida de liderazgo tecnológico ante Japón como vaticinara Alvin Toffler (Toffler, 1994).

Es interesante observar la distribución de las patentes, según reporta en INPI.

**Porcentaje de solicitudes de patente por disciplina**

DISCIPLINAS	Participación (%)
Total	100,0
Ingeniería y tecnología	42,0
Ciencias exactas y naturales	34,1
Ciencias médicas	19,1
Ciencias agropecuarias y pesca	2,6
Planificación urbana	0,3
Humanidades	0,0
Ciencias sociales	1,9

Fuente: INPI

**Porcentaje de solicitudes de patente por campo de aplicación**

CAMPOS DE APLICACIÓN	Participación (%)
Total	100,0
Química, petroquímica y carboquímica	34,1
Desarrollo Industrial y tecnológico	23,0
Salud humana	19,1
Agricultura, ganadería y pesca	2,6
Desarrollo del transporte	6,7
Energía, recursos naturales y minería	1,1
Alimentos, bebidas y tabaco	3,3
Textiles, vestidos y cuero	2,6
Desarrollo socioeconómico, educación y servicios	1,9
Mobiliario, metalurgia, productos metálicos y equipo	3,4
Celulosa, papel, Impresión y encuadernación	1,6
Control y protección del medio ambiente	0,3
Ordenamiento territorial	0,3

**Fuente: INPI**

Se ve como las áreas de Salud, Industria y Tecnología y Química y Petroquímica concentran la mayoría de las patentes, los hospitales experimentales, las plantas piloto de ingeniería química y los parques tecnológicos, pueden ser los responsables de la producción de estas patentes.

La RICYT publica 3 indicadores de Tecnología, que se obtienen a partir de la información de patentes solicitadas por residentes de un país y patentes solicitadas por no residentes como forma de protección de patentes que intenta comercializar dentro del país o como protección de sus derechos intelectuales. A partir de ellos surgen estos indicadores:

- Tasa de Dependencia: relación entre el número de patentes solicitadas por no residentes y el número de patentes solicitadas por residentes.
- Tasa de Autosuficiencia: relación entre el número de patentes otorgadas a residentes y el número de patentes otorgadas a no residentes.
- Coefficiente de Invención: relación entre el número de patentes solicitadas por residentes cada 100 000 habitantes

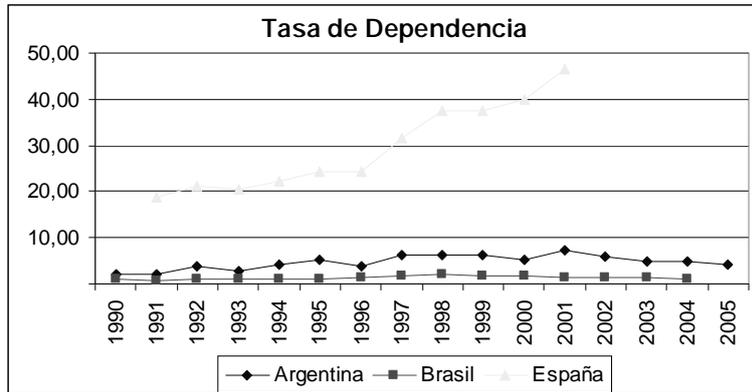
Los resultados se ven en la siguiente tabla:

Indicadores de Tecnología												
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Tasa de Dependencia</b>												
Argentina	4,06	5,31	3,66	6,11	6,34	6,18	5,25	7,36	5,77	4,75	4,85	4,00
Brasil	1,13	1,19	1,56	1,86	2,08	1,89	1,72	1,50	1,40	1,32	1,00	
España	22,12	24,41	24,24	31,74	37,65	37,67	39,89	46,36				
<b>Tasa de Autosuficiencia</b>												
Argentina	0,20	0,16	0,21	0,14	0,14	0,14	0,16	0,12	0,15	0,17	0,17	0,20
Brasil	0,47	0,46	0,39	0,35	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,43	0,50	
España	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02				
<b>Coefficiente de Innovación</b>												
Argentina	2,06	1,99	3,19	2,37	2,45	2,53	2,96	1,91	1,96	2,14	2,10	2,79
Brasil	4,00	4,55	4,35	4,34	4,21	4,89	5,18	5,43	5,67	5,96	5,99	

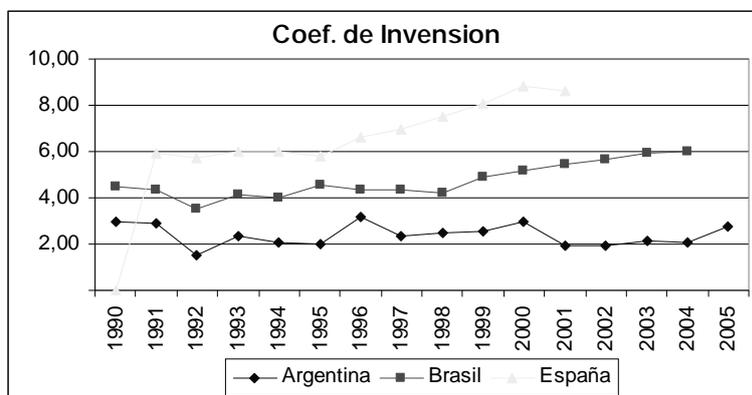
España	6,00	5,81	6,61	6,97	7,52	8,04	8,84	8,60				
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--

Fuente: RICYT

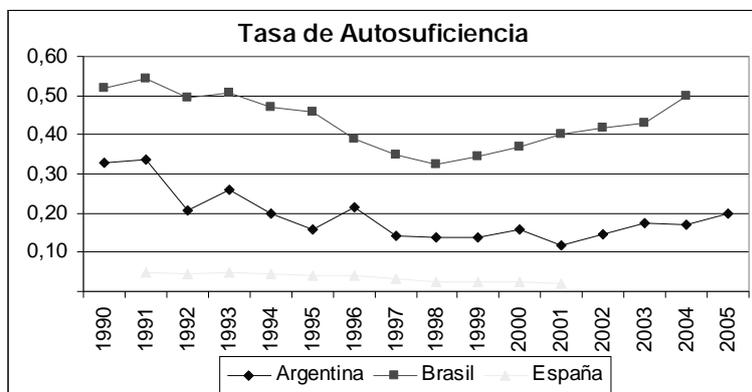
En los siguientes gráficos se puede visualizar mejor las relaciones indicadas:



Fuente: RICYT



Fuente: RICYT

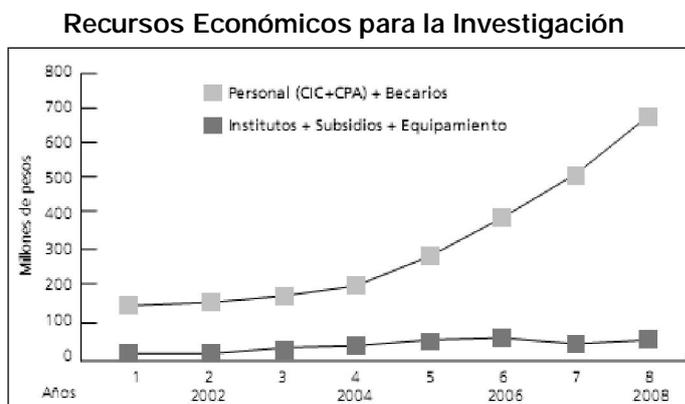


Fuente: RICYT

Para complementar la información presentada por la RICYT se puede incluir en este análisis, la información suministrada por el CONICET (CONICET, 2007). De esta información se puede extraer algunos elementos que ilustran la situación de la investigación argentina y que son: la distribución de la

inversión en I+D, el personal de apoyo como un componente de RRHH fundamental en al producción de tecnología y las patentes como indicador de producción.

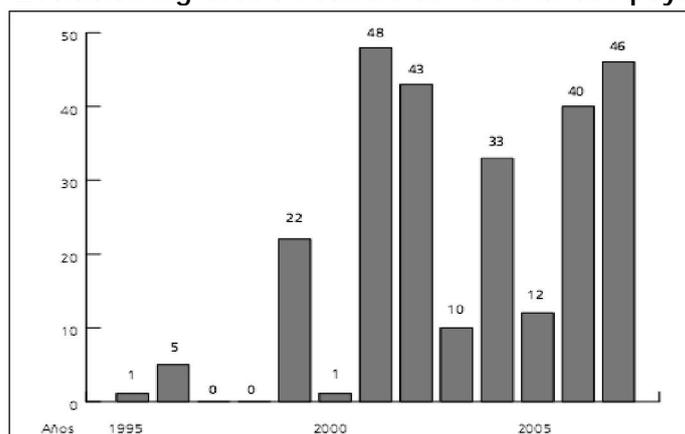
Respecto de la distribución de presupuesto se ve en el gráfico, la diferencia entre los recursos destinados al pago de salarios y los destinados a inversión y equipamiento, esta información confirma la anterior proposición de evaluar la inversión en I+D respecto del poder adquisitivo de la inversión o de su valor relativo medido en relación al salario promedio del investigador y que ya indicaba que el crecimiento de la inversión nominal referida al valor del salario promedio en realidad no aumentaba.



**Fuente: CONICET**

El otro dato que interesa, está dado por la gran variabilidad del ingreso del personal de apoyo en el CONICET respecto al que reporta la RICYT, esta discrepancia esta dada en que la mayoría del personal de apoyo que contabiliza la RICYT pertenecen a órganos de naturaleza administrativa que se incluyen el Sistema Nacional de Ciencia y Técnica y que no contribuyen a la producción de resultados, otro aspecto a considerar en este caso es que el nivel profesional del personal de apoyo, le permite acceder a puestos de elevada remuneración en el sector privado, por ello la variación de ingreso que se observa en los períodos posteriores a las crisis de 1994 y 2001 es mayor que en el caso de investigadores, ya que la falta de empleo en el sector privado afectado por al crisis inclina a estos profesionales a buscar trabajo en sectores oficiales aunque tengan menor remuneración.

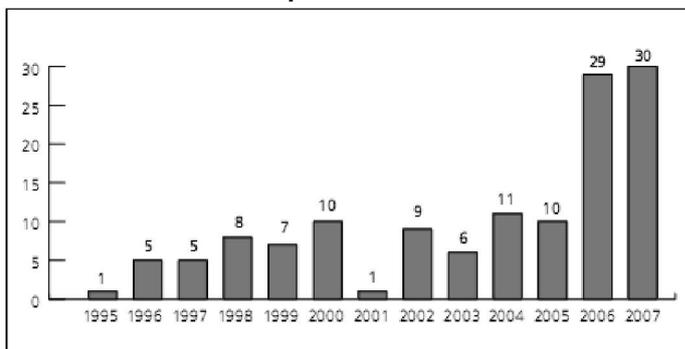
**Evolución Ingresos en Carrera de Personal de Apoyo**



**Fuente: CONICET**

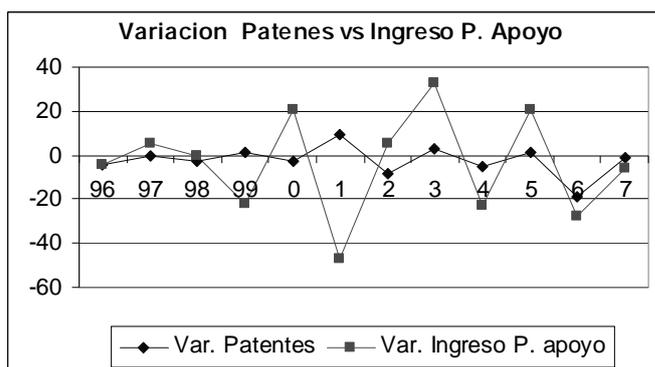
Por último se ve que la producción de patentes respecto al total de patentes solicitadas por residentes no guarda ninguna relación, principalmente por que dentro del CONICET se incluyen muchas áreas no técnicas que no contribuyen a la generación de patentes.

Solicitudes de patentes del CONICET



Fuente: CONICET

Por otro lado es interesante notar la correspondencia entre la variación del ingreso del personal de apoyo y la variación de patentes a partir de 2001 donde se ha fomentado en forma mas sistemática el desarrollo tecnológico y donde se registran los mayores ingresos cuantitativos de personal de apoyo, los cuales son muy necesarios como soporte de los investigadores, ya que las tareas de desarrollo no pueden llevarse a cabo sin el auxilio de personal técnico.



Fuente: Elaboración Propia

En síntesis, los *outputs* de producción científica y tecnológica se encuentran cuantitativamente muy por debajo de producción de Brasil y España, sin embargo los indicadores de productividad por investigador en cuanto a publicaciones tienen menor diferencia, esto habla de cierta productividad y calidad de la misma en cuanto al trabajo de los investigadores, pero las patentes producidas en el sistema de C y T, son significativamente menores, muestra de ello es el informe del CONICET, a ello contribuye mas razones ideosincráticas que económicas o estructurales, ya que tradicionalmente los investigadores buscaban lograr prestigio y el mismo se lograba con el reconocimiento de sus colegas y el acceso a publicar en revistas

internacionales , por otro lado las empresas extranjeras no recurrían al sistema de C y T nacional, ya que sus matrices las proveían de la tecnología que necesitaban. Las empresas nacionales de producción de bienes y servicios se formaron a partir de una dirigencia empresarial local con un muy bajo nivel de educación, dándose una evolución de aprendiz operario, a técnico, después emprendedor o cuentapropista y finalmente empresario, y dadas las sucesivas crisis económicas que los empresarios debieron sortear hasta alcanzar cierta dimensión, se forman de sí mismos, una imagen de autosuficiencia. Esta imagen que refuerza también, por la ausencia del Estado como promotor del crecimiento de las empresas nacionales, y la gran competencia que debe sortear, debido a que la dimensión del mercado nacional, que no puede sostener a muchas empresas de un mismo rubro. Este aspecto ideosincrático de los empresarios nacionales, el abastecimiento de las empresas extranjeras desde sus casas matrices e investigadores que buscan prestigio por sus publicaciones, producen una muy baja cantidad de patentes en el sistema nacional de C y T, casi el 10% de la producción nacional que se sustenta en emprendedores e inventores particulares.

Este segundo aspecto también debe destacarse, ya que inventores particulares logran la mayor parte de las patentes que se producen en el país, generalmente con menores recursos y conocimientos, lo que también indica un problema ideosincrático. Estos inventores han comenzado a agruparse en asociaciones y están comenzando a vincularse con empresas e instituciones académicas, pero no se han producido hasta el momento muchos avances, salvo la mejor posibilidad de colocar sus inventos, los cuales son bien recibidos en general por los empresarios, ya que estos inventos ofrecen oportunidades de ganancias a corto plazo, lo que los hace atractivos a empresarios que saben que planes de largo plazo implica asumir riesgos en un país donde la inestabilidad y las crisis económicas han sido una constante.

#### 4.1.7.- Visión de las empresas sobre el Sistema Nacional de Ciencia y Técnica

Una razón que está presente en la realidad cotidiana de las empresas, es la alta variabilidad de la situación económica, lo que obliga al empresario a disminuir sus inversiones de riesgo, como forma de mantener recursos que le permitan enfrentar distintas situaciones de crisis que seguramente se producirán. Por ello la existencia de fondos públicos como medida para incentivar a las empresas permitiría a las empresas vincularse en el sistema nacional e C y T.

La siguiente tabla muestra, el conocimiento y uso de los fondos públicos por parte de las empresas:

**Conocimiento y uso de fondos públicos de fomento a la innovación**

Agencias / Programas de financiamiento	Empresas por carácter innovador							
	No innovativas		Innovativas no Innovadoras		Innovadoras no Tecnológicas		Innovadoras en Productos y Procesos	
	Conoce	Usó fondos	Conoce	Usó fondos	Conoce	Usó fondos	Conoce	Usó fondos
%								
FONTAR.	8,2	-	16,4	1,0	17,6	4,1	33,4	6,3

Fondo Tecnológico Argentino FONCYT								
Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica Ley 23.877 (Fomento Innovación)	6,0	-	10,7	-	9,5	-	17,3	0,3
Programa trienal de apoyo a las PYMES	6,8	-	10,4	-	12,2	-	20,1	1,3
	8,2	0,3	10,0	0,3	10,8	-	22,0	1,7

**Fuente: INDEC**

Los resultados que se observan muestran el desconocimiento de las empresas sobre la existencia de los fondos, incluso entre las empresas innovadoras el porcentaje solo supera el 20% para el caso del FONTAR, el cual cuenta con agencias de vinculación que no pertenecen al sistema nacional de C y T. Esto indica que las agencias de vinculación que existen dentro del sistema no han podido comunicar apropiadamente la existencia de estos fondos, algo que contradice para Argentina, los resultados obtenidos en otros países según se desprende del trabajo de Colyvas sobre la eficacia de las agencias de vinculación en EEUU (COLYVAS, 2002) y también de Fernandez Lopez en España (FERNANDEZ LOPEZ, 2004).

También se observa la muy baja o nula proporción de empresas que han hecho uso de los fondos, siendo nuevamente el FONTAR, el único fondo que ha sido utilizado por las empresas y nuevamente aparece la participación de otras agencias de vinculación.

Las razones que manifiestan las empresas como impedimento para el uso de estos fondos se muestran en la siguiente tabla:

#### Principales impedimentos para el uso de los fondos público

Principales impedimentos	1998-2001	1992-1996
	en % de empresas que conocen los programas	
Proyectos rechazados	10,3	5,2
Tasas de interés elevadas	12,0	26,5
Excesiva exigencia de garantías	23,7	35,2
Dificultades burocráticas	49,6	56,2
Dificultad para formular proyectos de innovación	25,8	30,6
Otros	48,3	34,9

**Fuente: INDEC**

Es muy interesante el hecho de que la mayor fuente de impedimento percibido por las empresas sean dificultades burocráticas, las que se generan en la misma formulación de la creación de los fondos y denota una deficiencia de la administración pública en generar estímulos a la innovación y el desarrollo tecnológico, mediante programas que se adapten a la realidad concreta de las empresas. Esto puede enmarcarse en una tendencia a llevar a cabo políticas públicas mediante medidas sectoriales y no mediante medidas universales, las políticas sectoriales producen diversificación del esfuerzo y disminuyen la difusión pública de las medidas, requiriendo organismos

especializados que aumentan la burocracia de los procedimientos administrativos, esto es en definitiva lo que perciben las empresas.

Al analizar la participación de la universidad argentina, tenemos que plantearnos como se difunde el conocimiento que se genera en la universidad, ya que esta casi no participa en la generación de patentes, no actúa como generador de tecnologías, restringiéndose a realizar trabajos de investigación cuyo indicador de producción son las publicaciones.

Esta visión puede contrastarse con la percepción que tienen las empresas sobre la universidad y el sistema nacional de C y T, en base a la Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas entre 1998 – 2001, realizada por el INDEC.

La percepción de las empresas sobre la información que puede suministrarle la universidad, la podemos extraer de la clasificación que hacen las empresas, de la importancia de las distintas fuentes de información.

#### Distintas fuentes de información según grado de importancia que le asignan las empresas del panel, por tamaño de la empresa

Fuente	Empresas por tamaño							
	Total		Pequeñas		Medianas		Grandes	
	% firmas	Ranking	% firmas	Ranking	% firmas	Ranking	% firmas	Ranking
Fuentes internas a la empresa	78	1	75	1	87	1	92	1
Ferias, conferencias, exposiciones	47	2	47	2	50	3	44	7
Clientes	46	3	46	3	47	4	52	5
Proveedores	46	4	43	5	50	2	64	2
Revistas y catálogos	43	5	44	4	45	6	38	9
Competidores	42	6	43	6	37	9	49	6
Internet	39	7	39	7	44	7	40	8
Consultores, expertos	35	8	30	8	46	5	56	4
Otra empresa relacionada	30	9	29	9	34	10	38	10
Universidades o centros de inv.	24	10	21	10	33	11	31	12
Casa matriz	21	11	12	12	40	8	59	3
Bases de datos	20	12	18	11	26	12	33	11

**Fuente: INDEC**

Es interesante que la mayoría de las clasificaciones sean consistentes independientemente del tamaño de la empresa, pero para el caso de la universidad su preferencia disminuye a medida que aumenta el tamaño de la empresa, esto contradice, en principio la idea de que a medida que aumenta el tamaño de la empresa aumenta su necesidad de información proveniente del ámbito universitario como lo describe Agrawal en su trabajo *University to industry knowledge transfer* (AGRAWAL et al., 2001).



conducta correspondería a las razones ideosincráticas expuestas anteriormente. No se debe perder de vista que el porcentaje de empresas que busca vincularse en búsqueda de realizar acciones de I+D (21%), corresponde al porcentaje de empresas que se orientan a la universidad y el sistema de C y T en esa búsqueda (24%), o sea que la proporción total es inferior al 5%, poniendo de manifiesto la falta de interés de las empresas en satisfacer sus necesidades de I+D de las universidades y el sistema nacional de C y T. Aquí sí, se verifica la relación entre tamaño de la empresa y búsqueda de I+D en universidades propuesto por Azagra (AZAGRA et all. (2003), *Academic research benefits*, Research Evaluation, Vol 12, Num 1, Tree Publishing, Inglaterra).

De las empresas que se vinculan, el porcentaje que mantiene su vínculo, se muestra en el siguiente cuadro:

### Proporción de empresas que se vinculan con el Sistema Nacional de Innovación

Agentes e Instituciones del SIN	Total	Empresas				
		Según origen del capital		Según tamaño		
		Sin participación extranjera	Con participación extranjera	Pequeñas	Medianas	Grandes
		Proporción que mantiene vínculos (en %)				
Proveedores	54	52	63	51	63	70
Clientes	39	38	44	38	45	40
Consultores	34	30	47	29	47	66
Universidad	27	23	39	22	39	54
Centro tecnológico	26	23	35	22	40	40
Laboratorios / Empresas de I+D	25	21	35	20	38	41
Empresas del mismo grupo	22	12	51	14	42	52
Otras empresas	20	18	27	18	25	34
Casa matriz	15	2	55	8	34	52
Instituto de formación técnica	14	12	21	12	19	22
Entidades de vinculación tecnológica	12	11	17	10	19	21
Agencias Gubernamentales de C&T	7	7	8	7	8	12
Total	74	69	88	70	85	91

**Fuente: INDEC**

Una conclusión que emerge de esta información, es que solo una de cuatro empresas que elige a la universidad para vincularse por alguna razón

(24% del total), mantiene su vínculo, lo cual habla de expectativas insatisfechas si se hablara de empresas de servicios. En total si se trasladan las relaciones entre empresas que buscan a la universidad, se vinculan y se relacionan, solo alrededor del 1%, mantiene el vínculo establecido. Desafortunadamente, es muy difícil obtener información sobre las razones por las cuales no se mantiene el vínculo iniciado, ya que desde las universidades no se acepta la realidad que está mostrando la estadística y desde las empresas no se brinda información.

Una última característica de la visión empresaria es la posible formación de clusters, la cual puede observarse a partir de la localización de los agentes vinculados a las empresas, en la siguiente tabla:

**Localización de los distintos tipos de agentes vinculados a las empresas**

Agentes / Instituciones del SNI	Localización							
	Local	Nacional	Regional	América Latina	Unión Europea	EEUU y Canadá	Sudeste Asiático	Otros
	%							
Proveedores	49	54	15	15	28	19	7	2
Clientes	49	61	16	21	13	14	6	3
Consultores	55	41	5	4	8	7	1	1
Centro tecnológico	67	38	11	3	2	3	0	0
Universidad	55	45	6	3	5	4	0	0
Laboratorios / Empresas de I+D	61	40	6	5	10	8	1	1
Otras empresas	28	39	17	28	21	15	5	4
Empresas del mismo grupo	43	51	13	16	22	17	7	2
Instituto de formación técnica	9	12	6	17	41	34	2	3
Casa matriz	70	32	7	3	4	3	0	0
Entidades de vinc. tecnológica	50	49	7	5	10	8	0	2
Ag. Gubernamentales de C&T	41	61	7	2	1	2	0	2

**Fuente: INDEC**

Queda claro del análisis de esta información, la formación de clusters locales y nacionales, aunque se nota una mayor tendencia a la búsqueda de vinculaciones nacionales en el caso de agencias gubernamentales de C y T, esto debido a la preponderancia de organismos de gran prestigio, como el INTA, INTI etc.

#### **4.1.8.- Conclusiones sobre la situación de económica y tecnológica de la Argentina**

Las conclusiones sobre la situación argentina coincide en mucho con las expresadas en el Manual de Bogotá (RICYT, 2001) donde se exponen las características del cambio tecnológico en las empresas latinoamericanas. Se puede coincidir con la clasificación de estas características en función de que se la compare con la situación existente en los países desarrollados, o en función de los cambios que se experimentaron en años recientes.

Las diferencias en relación con el cambio tecnológico de los países desarrollados son:

- El cambio tecnológico es Exógeno, pues se incorpora a través de bienes de capital importados o mediante las consultorías, licencias y contratos de patentes.

- La incorporación de tecnología o la adopción de innovaciones, es inmediatista y defensiva ya que buscan lograr mejoras rápidas y competitivas. Se evitan los esfuerzos endógenos con resultados a más largo plazo. Además, las innovaciones vinculadas con tecnologías blandas como las administrativas y de comercialización, son la mayoría que se adoptan, lo cual sugiere que las estrategias defensivas son las que predominan.
- Los procesos de innovación no privilegian la I+D y en especial, la investigación básica. Se desarrollan actividades como el cambio organizacional, la reorganización administrativa y la comercialización de nuevos productos. Esto se complementa con la importación de tecnologías duras.
- Las innovaciones son de carácter incremental, adaptativo y difusivo, ya que la fuente del cambio tecnológico es el originado en los países desarrollados.
- Existe una diferencia tanto en los *inputs* de las actividades innovadoras como los *outputs*, pues no son comunes ni los proyectos basados en I+D, ni se obtienen innovaciones radicales patentadas.
- El cambio tecnológico está poco articulado con el Sistemas Nacionales de Innovación (SIN), por: la apatía y resistencia de los empresarios a trabajar en campos que no les son familiares, el desconocimiento respecto de las posibilidades que las mejoras tecnológicas ofrecen para obtener ventajas competitivas, la menor capacidad que tienen para formular demandas al Estado para la provisión de infraestructuras, servicios y asistencia tecnológica, y para participar en la formulación e implementación de políticas públicas. La débil vinculación de los empresarios a los SIN, debida a la creación de las instituciones de CyT, aislada de los procesos de desarrollo.

No es extraño que se vea en Argentina, poco desarrollo tecnológico propio, ya que el sector empresarial y el sistema de C y T estén disociados, los empresarios ignoran al sistema nacional del C y T y no se tiene una real dimensión de las necesidades de innovación en las empresas por parte de los grupos de investigación en I+D. Esto no es actual sino que ha sido siempre así, formándose un imaginario que es muy difícil de transformar. La diferencia con los países centrales radica en el manejo del riesgo, los grupos de investigación generan patentes para vincularse, lo que significa tener un elemento de evaluación concreto por parte de las empresas que solo asumen el riesgo de la producción o de la incorporación de la innovación en su proceso. En el caso de Argentina la vinculación es en base a proyectos, lo que implica para el empresario asumir el riesgo del desarrollo. Surge como diferencia el plazo que tendrá el empresario para la implantación de la innovación, en países con economías más estables este plazo puede ser aceptable, pero en el caso de Argentina con un promedio de una crisis cada cuatro o cinco años el riesgo que se asume es demasiado alto.

En relación al pasado reciente, los cambios de las condiciones macroeconómicas e institucionales producidos a partir de los procesos de desregulación de mercados, privatización, apertura, integración e

internacionalización económica, produjeron transformaciones en la estructura productiva y la conducta tecnológica de las empresas. Estos procesos han producido cambios en el comportamiento innovador, siendo diferente al exhibido en su pasado. Las empresas han respondido en forma diferente, en función de sus capacidades tecnológicas acumuladas y de sus respuestas a los incentivos.

Se distinguen dos conductas:

- La que genera una modernización organizacional centrada en la racionalización laboral y la reorganización de la gestión de las diferentes actividades de la cadena de valor, cuyo horizonte temporal es de corto plazo.
- La que produce una inversión incorporadora de cambio técnico, cuyo horizonte es el largo plazo.

La conducta mas frecuente en los procesos de reconversión fue la modernización organizacional, la cual tiene limitaciones en el largo plazo para sostener la posición competitiva, ya que se requerirán mayores inversiones para incorporar el cambio tecnológico necesario.

## **4.2.- La universidad en la Argentina**

### **4.2.1.- La situación de la universidad argentina**

Un análisis de la situación universitaria argentina fue realizado por Pérez Lindo en su trabajo *Políticas de Investigación en las Universidades de Argentina* el cual contiene una exhaustiva descripción de la situación de la investigación en la universidad argentina.

La universidad argentina está muy diversificada y distribuida a lo largo de todo el país. Esto comenzó en 1970 con la creación, en la mayoría de las provincias argentinas, de universidades públicas. Esta tendencia se ha mantenido en forma independiente de las políticas aplicadas desde los distintos gobiernos. Esta diversificación implicó un aumento de la oferta académica, que en 2001 llegaba a 4.219 títulos de grado. El porcentaje de alumnos universitarios (tasa bruta de escolarización universitaria) era de 4,7 %. Si se toma este porcentaje y se lo recalcula en función de la franja de población correspondiente a la distribución de edad entre 18-24 años se alcanzaría un 36% de la población de esa franja de edad.

El total de alumnos universitarios era en 2003 de 1.493.556, dividiéndose entre 1.251.444 alumnos pertenecientes al sector público y 242.122 al sector privado. La mayoría de los estudiantes universitarios son

mujeres con un 55% del alumnado. Su distribución por área de estudios puede apreciarse en base a la información proporcionada por la Secretaría de Políticas Universitarias, sobre los egresados de las universidades públicas y privadas.

### Distribución de graduados de la universidad pública

DISCIPLINA DE FORMACION DE LOS GRADOS	1998	1999	2000	2001	2002
Total	36.305	39.717	46.693	48.347	56.441
Ciencias exactas y naturales	3.817	4.258	4.639	4.961	5.551
Ingeniería y tecnología	4.923	5.428	6.296	6.819	7.995
Ciencias médicas	7.938	7.972	8.562	9.859	10.529
Ciencias agropecuarias y pesca	1.613	1.608	1.802	1.777	1.909
Ciencias sociales	16.513	18.027	23.168	22.626	26.516
Humanidades	1.501	2.424	2.226	2.305	3.941

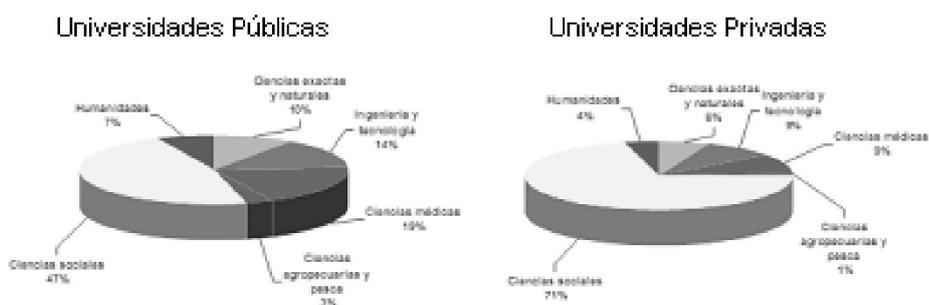
Fuente: SPU

### Distribución de graduados de la universidad privada

DISCIPLINA DE FORMACION DE LOS GRADOS	1998	1999	2000	2001	2002
Total	13.835	15.457	16.137	16.272	18.357
Ciencias exactas y naturales	1.447	1.261	1.208	982	1.110
Ingeniería y tecnología	1.430	1.750	1.638	1.476	1.595
Ciencias médicas	955	1.086	1.209	1.270	1.643
Ciencias agropecuarias y pesca	192	173	183	186	226
Ciencias sociales	9.263	10.607	11.252	11.674	13.038
Humanidades	548	590	647	684	745

Fuente: SPU

Se ve que en las universidades públicas la mayoría de los egresados pertenece al sector de Ciencias Sociales con un 47% del total, lo mismo que en las universidades privadas donde los egresados alcanzan el 71%, lo cual muestra una gran preferencia por parte de los estudiantes, ya sea por su menor nivel de exigencia en áreas consideradas "duras" como las físico-matemático o por problemas de indeosincracia. Se ve también como aumenta el nivel de egreso en forma progresiva.



Fuente: SPU

Los estudiantes de postgrado también muestran un incremento que casi ha duplicado la matrícula entre 2000 y 2005 para el sector público frente a un

25% del sector privado. En el sector privado los alumnos de doctorado son casi el 10% y el resto se divide entre especializaciones y maestrías, en el sector público el cerca del 20% corresponde al doctorado, cerca del 45% realiza maestrías y 35% especialidades. Influye en esto la demanda de graduados con especializaciones y maestrías, ya que disminuye el costo de especialización de las empresas que demandan profesionales.

#### Estudiantes de postgrado por sector y nivel de estudios

	Total		Estatal		Privado		
	2000	2006	2000	2006	2000	2006	
<b>Total</b>	<b>39.725</b>	<b>62.670</b>	<b>28.314</b>	<b>48.331</b>	<b>11.411</b>	<b>14.539</b>	
<b>Doctorado</b>	<b>Total</b>	<b>6.046</b>	<b>11.548</b>	<b>4.395</b>	<b>10.254</b>	<b>1.651</b>	<b>1.294</b>
	Instituto Universitario	-	111	-	-	-	111
	Universidad	6.046	11.437	4.395	10.254	1.651	1.183
<b>Especialidad</b>	<b>Total</b>	<b>17.281</b>	<b>23.942</b>	<b>12.934</b>	<b>18.862</b>	<b>4.347</b>	<b>5.080</b>
	Instituto Universitario	211	1.099	80	298	151	803
	Universidad	17.070	22.843	12.854	18.568	4.196	4.277
<b>Maestría</b>	<b>Total</b>	<b>16.398</b>	<b>27.380</b>	<b>10.985</b>	<b>19.215</b>	<b>5.413</b>	<b>8.165</b>
	Instituto Universitario	398	782	352	383	34	399
	Universidad	16.012	26.598	10.633	18.832	5.379	7.766

Fuente: SPU

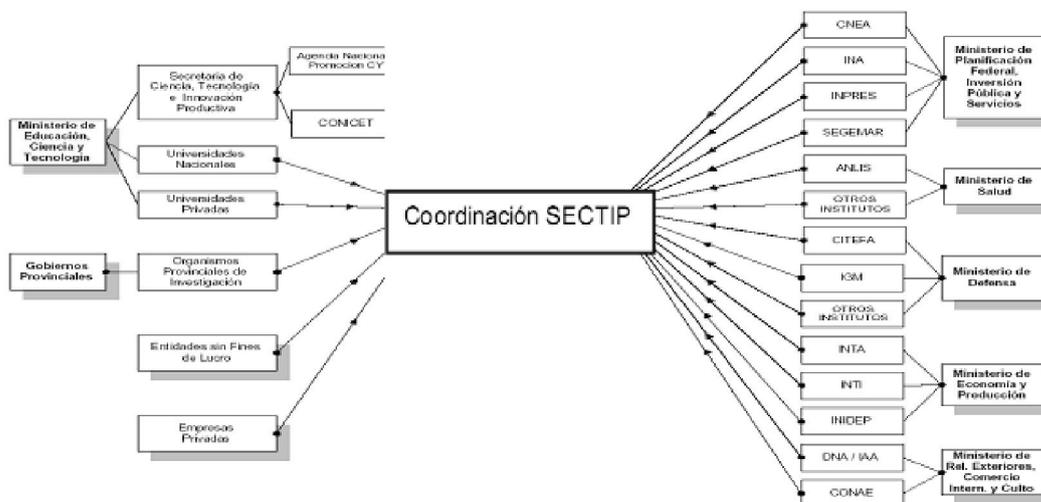
En este período hay 100 instituciones universitarias, con 38 universidades públicas, 41 universidades privadas, 18 institutos universitarios, 1 universidad extranjera (Bolonia), 1 universidad internacional (FLACSO) y 1 universidad provincial (Entre Ríos). De las 100 universidades, 47 se localizan en la región de la ciudad de Buenos Aires y su periferia.

Las actividades científicas se concentraron en el Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y en organismos especializados como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y otros dependientes de diversos ministerios. El principal órgano de formación de investigadores y producción científica básica y aplicada sigue siendo el CONICET. El criterio que imperó desde su fundación, fue mantener una cierta independencia de las universidades, ya que se consideraba que eso permitiría tener mejores condiciones para el desarrollo de las tareas de investigación. Esta situación se ha revertido y actualmente más del 60% de los investigadores tiene alguna inserción en el sistema universitario.

En el período considerado, las políticas científicas y tecnológicas se han regido por la Ley de Educación Superior N° 24.521, de 1995, la cual destaca la importancia de la investigación científica pero formula directivas sobre la articulación con el sistema de C yT ni sobre como se debería realizar estas actividades. Pérez Lindo, señala al analizar la ley N° 24.521, que los contenidos de la ley *"reflejan el consenso de los legisladores en cuanto a la importancia de la formación científica ligada a los intereses de la sociedad como así también la idea de diversidad de enfoques formativos"*, aunque también señala que: *sólo las universidades tienen como funciones (art. 28) "formar científicos", "promover y desarrollar la investigación científica y tecnológica" o "extender su acción y sus servicios a la comunidad con el fin de contribuir a su desarrollo y transformación"*(PEREZ LINDO, 2005).

Se destaca en el análisis de Pérez Lindo: el art. 36 respecto a la necesidad de contar con docente universitarios con el máximo grado académico, indicando que más de la mitad de la matrícula de postgrado lo componen docentes universitarios, la creación del sistema de evaluación y acreditación por el impulso que ha dado en la búsqueda de mejores indicadores de producción científica, de rendimientos académicos y de calificaciones de los docentes universitarios y por último el hecho de poner en pie de igualdad a las universidades privadas con las universidades públicas para que compitan por subsidios concursables.

La Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 25.467 que rige las actividades científicas y tecnológicas relacionadas con el interés público en las universidades, órganos de gobierno, centros de investigación, empresas y otras instituciones del sistema científico y tecnológico argentino desde 2001. El organigrama de instituciones que plantea la ley, según su art. 4, denominándolo Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, es el siguiente:



**Fuente: SETCIP (2003)**

Este sistema de ciencia y tecnología se encuentra coordinado por el Estado Nacional a través de las siguientes dependencias, quienes tienen el poder de *"establecer las políticas nacionales y las prioridades consiguientes"*:

- La Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva (SETCIP). Tiene la responsabilidad de elaborar la propuesta del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Dependiendo de ella se crea la Agencia Nacional de Promoción Científica, Tecnológica y de Innovación, de la cual dependen el FONCYT y el FONTAR, que son fondos especializados en la producción científica y en la innovación tecnológica.
- El gabinete científico y tecnológico (GACTEC) que depende del Jefe de Gabinete de Ministros. Es responsable de la definición de políticas científicas y tecnológicas a nivel interministerial,

involucrando a todos los ministerios y dependencias del estado nacional.

- El Consejo Federal de Ciencia, Tecnología e Innovación (COFECYT). Tiene como función reunir a todas las unidades provinciales que se ocupan del tema y tiene asignadas funciones en la definición de políticas y del sistema de investigación del país
- El Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT).
- La Comisión Asesora para el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Según el análisis de Pérez Lindo, aunque *“la Ley de Educación Superior no establece directivas al respecto, en cambio la Ley Marco de Ciencia y Tecnología cuenta con la participación activa de las universidades. De hecho, ha sido motivo de preocupación constante en el período 1994-2004 establecer nexos, redes y articulaciones entre los distintos organismos científicos y las universidades”*, y *“se ha estimulado a los centros del CONICET para establecer relaciones más estrechas con las universidades para superar la compartimentación de ambos sectores”*(PEREZ LINDO, 2005).

Según el relevamiento en las universidades nacionales, en 1988, las actividades científicas y tecnológicas incluían 5.665 proyectos de I+D con 10.447 docentes dedicados a la actividad científica y tecnológica, casi un 11% de los docentes universitarios. En 1993 cuando se efectuó otro relevamiento sin que hubiera cambios significativos, a pesar que en las universidades se absorbía el 50% del personal científico y casi el 20% del presupuesto en C y T. En 1993, se diseñó un Programa de Incentivos a los Docentes Investigadores, que consistía en una asignación especial para los docentes que acreditan proyectos de investigación categorizados a partir de una evaluación previa. El incentivo varía entre el 20% y el 35% de incremento del salario. Este sistema tuvo una gran aceptación. Se logró que el porcentaje de docentes investigadores pasara del 11% en 1993 al 23% en 1998, porcentaje que no ha variado mucho hasta 2004. Se duplicaron los gastos en investigación de las universidades. Este programa se discontinuó entre 2001 a 2003 al agotarse el presupuesto que había destinado el Banco Mundial, en 2003 el gobierno nacional decide asumir con fondos del Tesoro Nacional la continuidad del Programa de Incentivos. La aplicación de este programa tuvo muchos elogios y críticas, ya que el único indicador que se incrementaron fueron las publicaciones y no hubo generación de patentes. También se criticó el abandono de tareas docentes para realizar actividades de investigación, en virtud de los subsidios.

En junio de 2005 el Ministro de Educación presentó el documento *“Bases para un plan estratégico nacional de mediano plazo en ciencia, tecnología e innovación”* que preparó la Secretaría de Ciencia y Tecnología. En el documento se afirma que la consolidación de la capacidad científica y tecnológica es un instrumento para superar las crisis del país, basándose en una sólida educación para formar profesionales, científicos y tecnólogos. Se manifiesta una voluntad política para que las universidades sean el centro de las políticas científicas y tecnológicas del país. El documento plantea metas respecto a: el aumento de la cohesión y la equidad social, el aseguramiento del

desarrollo sustentable, conformar un sistema de innovación, acceder a una sociedad y una economía basadas en el conocimiento. Se propone un incremento que llegue al 1% del PBI en la inversión para ciencia y tecnología en 2010, un incremento en la inversión privada en I+D que iguale la inversión pública, el aumento de investigadores hasta un 3% de la PEA y la regionalización de la actividad científica.

Este plan pone de manifiesto un retraso respecto de los países desarrollados cuya inversión en I+D ya es mayor y llegará al 3% del PBI hacia 2015. Otro aspecto es el incremento de los investigadores en relación con la PEA, lo que supone duplicar la actual cantidad de investigadores, tendencia que no se aprecia en la evolución del número de investigadores que se trató en el apartado anterior, si se desea incorporar docentes universitarios a tareas de investigación triplicando el número de docentes investigadores, las universidades se verán disminuidas en su capacidad de llevar a cabo su tarea docente, habida cuenta que con un casi 25% de docentes dedicados a tareas de investigación surgen voces críticas al abandono de la tarea docente, si dicho número fuera mayor, mayor sería el problema.

El documento propone un paradigma de sinergia entre los factores, como son: centros de investigación, universidades públicas, universidades privadas, empresas, organismos del Estado y organizaciones sociales. Se reconoce que existe un déficit en los recursos científicos para las áreas básicas y se propone reconvertir dedicaciones docentes en las universidades y mejorar la tasa de egreso de las carreras de post grado. Otros obstáculos señalados por el documento es la falta de articulación entre las instituciones productoras de conocimientos y el sector productivo, la baja capacidad de adaptación a los cambios internacionales y la excesiva concentración territorial.

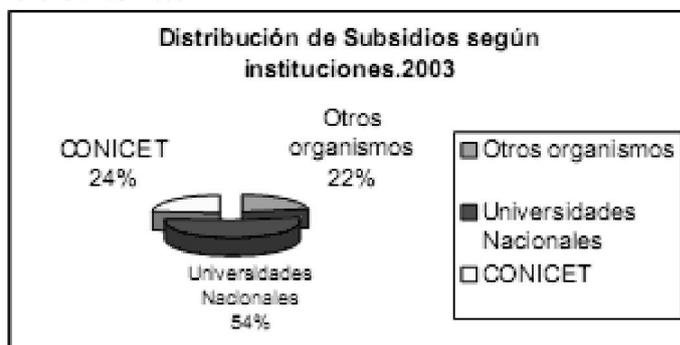
Los criterios que se proponen en el documento para mejorar el sistema de ciencia y tecnología, son: consolidar los vínculos entre las instituciones dedicadas a la investigación, compatibilizar los principios de excelencia y de pertinencia social, flexibilizar el comportamiento de los actores para favorecer la adaptación a cambios, fortalecer los grupos de excelencia, atender las áreas de vacancia temática, distribuir equilibradamente en las distintas regiones la actividad científica y aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles.

Respecto de las políticas de investigación en las universidades nacionales se han experimentado cambios en los últimos años, que reconocen distintos orígenes y lógicas, se deben a cambios en el contexto internacional, decisiones de política científica y universitaria. A comienzos de los 90 se había consolidado en las universidades, la convicción de que la actividad científica y tecnológica era inherente a las mismas. Esto se desprende de los estatutos universitarios nacionales en donde se aprecia la amalgama de tres finalidades. Docencia, Investigación y Extensión. Recién a fines de los 80 se organizaron en la mayoría de las universidades Secretarías de Ciencia y Técnica para ocuparse específicamente de la actividad científica.

Debe destacarse que el Programa de Incentivos a los Docentes Investigadores afirmó la cultura científica estimulando la presentación de proyectos a partir de las cátedras, muchas de las cuales pasaron a convertirse en unidades de investigación. Para observar la importancia relativa que ocupan las principales universidades el porcentaje de subsidios asignados en 2002, fue el siguiente: UBA el 17,2%, UN La Plata el 11 %, Córdoba el 8,1%, Rosario el

6,6, Tucumán el 6,5%, Litoral el 4,5%, Mar del Plata el 4,2%, Río Cuarto el 4,1%, San Juan el 3,9%, del Sur el 3,4% y San Luis el 3,4%.

Además del régimen de incentivos existen otros programas de la SECYT y del CONICET en los que participan las universidades nacionales. Por ejemplo, el programa PICT 2003 del FONCYT tuvo la siguiente distribución:



Fuente: FONCYT

Las críticas a este sistema de incentivos se resumen en: el descuido de la enseñanza, la figuración indebida de docentes como investigadores, la redundancia de informes de investigación, la reproducción de conocimientos ya conocidos. Se habla de una cultura de “papers” en publicaciones con “referato” y las imposturas o fraudes académicos incitados por la necesidad de mantener una carrera académica o científica. También se señala el incrementado en la burocratización de los procedimientos para obtener subsidios o para avanzar en la carrera de investigador. También se incrementó el número de profesores que iniciaron cursos de posgrado, el promedio de edad de los docentes universitarios en los cursos de posgrado se sitúa en los 40 años.

Esta expansión de actividades de investigación es muy fragmentada, ya que predominaron proyectos individuales, con un promedio de 2/3 personas, sin conexión entre instituciones, sin tener en cuenta la pertinencia social o inclusive teórica. Así el sistema científico y tecnológico argentino se ve como un conglomerado de proyectos y actividades, lo mismo sucede en la mayoría de las universidades nacionales. También el sistema nacional de ciencia y tecnología se puede considerar también como una gran base de proyectos aislados junto con un conjunto que tiende a adoptar objetivos estratégicos o prioritarios para la sociedad. Perez Lindo presenta esta realidad con la frase de Burton Clark: *“anarquía organizada”*. Las universidades tienen dificultades para acordar políticas de investigación ya que la evaluación de proyectos y la distribución de recursos se realizan a partir de intereses ya establecidos. Estas transacciones se basan tanto en el prestigio científico del grupo interesado como el peso de su unidad académica en los órganos superiores de gobierno (el Consejo Superior, el Rectorado).

También dificulta la elaboración de políticas de investigación en las Universidades, el hecho de que no hay presupuesto para las actividades de ciencia y tecnología y sí lo cargos docentes y los subsidios de investigación otorgados por programas especiales (régimen de incentivos, fondos de la SECYT y otros). Las secretarías de ciencia y técnica actúan como mediadores administrativos para realizar los trámites destinados a obtener subsidios y fondos de investigación.

Las universidades tienen menos del 15% del total de docentes con cargos de dedicación exclusiva y más del 60% tienen dedicación simple. Los que tienen dedicación exclusiva deben compartir sus tareas docentes con tareas de investigación. La expansión de las carreras de posgrado atrajo a investigadores calificados por las mejores retribuciones que ofrecían.

Existen en el país cerca de 300 centros e institutos de investigación en las universidades nacionales, 70 de ellos funcionan en convenios con el CONICET que a su vez dispone de 170 unidades de ciencia y tecnología, muchas de las cuales por distintos canales se articulan con las universidades nacionales. Resulta así, muy difícil elaborar consensos sobre las políticas científicas a seguir. A pesar de lo cual se observa: la voluntad explícita de fortalecer la investigación, el incremento del número de investigadores y de proyectos de investigación, el incremento de las vinculaciones con el sector productivo, los organismos del Estado y la sociedad civil, la búsqueda de fuentes complementarias de financiamiento: Tesoro Nacional, Fondos externos, cooperación internacional, contratos de consultorías, venta de servicios, la generalización de los mecanismos de evaluación y de categorización de los investigadores y el incremento de la productividad científica medida por el número de publicaciones por investigador con dedicación exclusiva.

Las principales limitaciones son: la baja inversión en actividades científicas y tecnológicas (menos del 0,46 % del PBI) y la falta de estrategias sistemáticas para asegurar la vinculación entre los investigadores y las necesidades económico-sociales.

Un último elemento para completar la visión del sistema universitario son los distintos sistemas de cooperación inter-institucionales. La Ley de Educación Superior indica las siguientes instancias, como órganos de coordinación:

- El Ministerio de Educación a través de la Secretaría de Políticas Universitarias.
- El Consejo de Universidades.
- El Consejo Inter universitario Nacional que reúne a los Rectores de las universidades nacionales.
- El Consejo de Rectores de Universidades Privadas.
- Los Consejos Regionales de Planificación de la Educación Superior (CPRES)

Se nota que a pesar de que hay gran cantidad de organismos y muy complejos y que los rectores representan grupos dentro de una Universidad y no a su conjunto (por lo que las dedicciones del CIN no son vinculantes), hay una voluntad generalizada de establecer mecanismos reales de cooperación. Con respecto al sistema científico y tecnológico nacional se ha visto como se compone y los distintos organismos de coordinación, aunque resulta más efectiva la interacción entre equipos de investigadores y profesores a partir de un proyecto concreto. Se han promovido proyectos cooperativos a través de los subsidios del FONCYT y el FONTAR que estipulan preferencias para proyectos en redes. El CONICET mantiene convenios y relaciones con todas las universidades nacionales y con universidades privadas donde se establecen núcleos de investigadores pertenecientes al organismo. También

Argentina participa en el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología, en proyectos de la OEA, de la UNESCO y de la Unión Europea, participa del Instituto Interamericano para la investigación del cambio global, es miembro de de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo y de la Red Latinoamericana de Ciencias Biológicas.

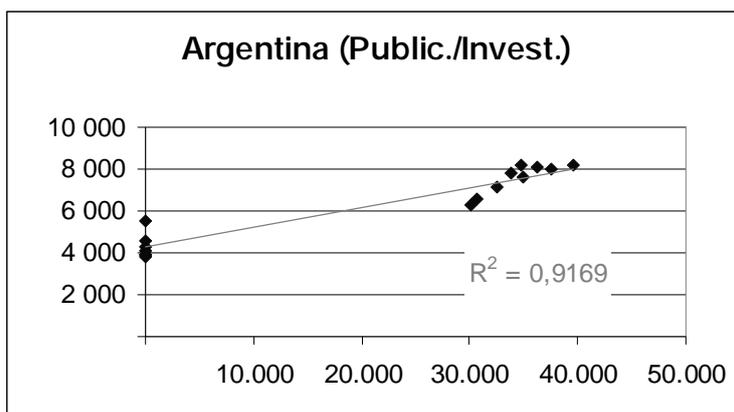
#### 4.2.2.- La universidad argentina como productora de tecnología

El primer problema a resolver es como se mide la producción de tecnología en la universidad, dado que los principales *outputs* considerados: las publicaciones y las patentes, provienen de investigadores que pertenecen simultáneamente a organismos de nacionales o provinciales de investigación y a la universidad, por ello la diferenciación entre universidad y sistema nacional de C y T, es casi imposible de realizarse.

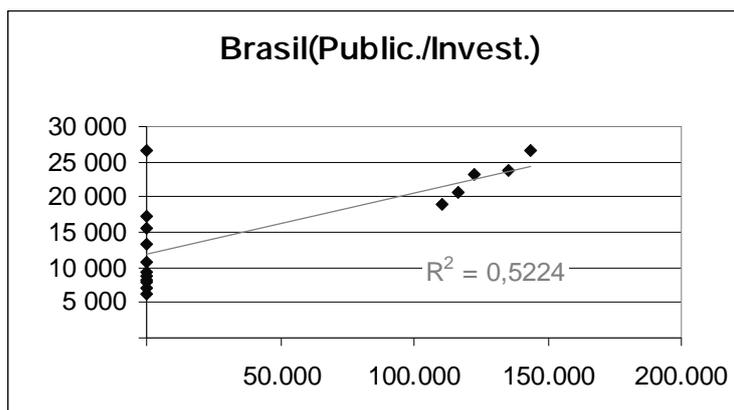
Si se analizan los indicadores de salida y entrada en conjunto, las características del conjunto serán representativas tanto de los institutos, como de las universidades. Por lo tanto un primer análisis será inevitablemente del conjunto del sistema de C y T.

Un primer análisis sería establecer alguna relación entre los principales *inputs y outputs*. Tomado como primer *output* las publicaciones podemos establecer una regresión simple entre las publicaciones y los investigadores y entre las publicaciones y la inversión en i+D.

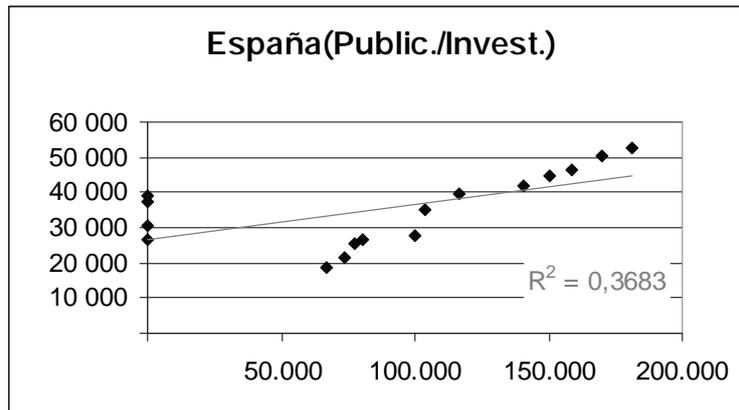
Para la regresión entre publicaciones y la inversión obtenemos:



Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT



Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT



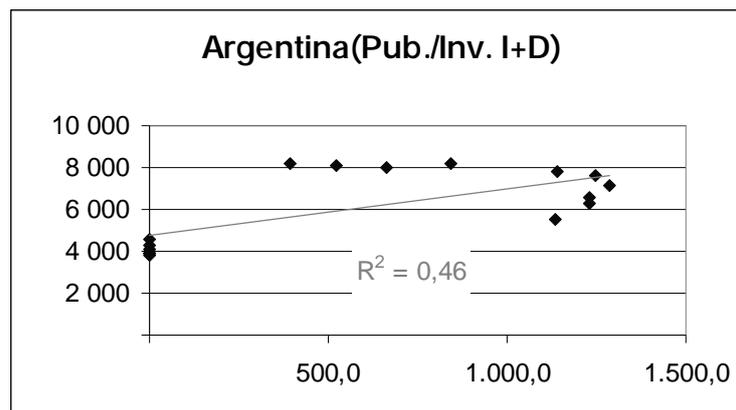
Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT

Se ve que para Argentina, la cantidad de investigadores tiene un buen poder explicativo de la cantidad de publicaciones, lo que apoya la hipótesis de que la principal preocupación de los investigadores es la producción de publicaciones, el valor de la regresión arroja como resultado:

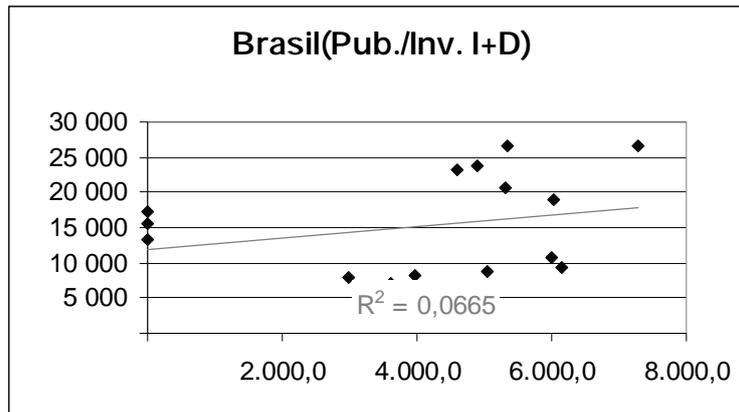
$$y = 0,0959x + 4247,2$$

Con y=cantidad de publicaciones y x= numero de investigadores.

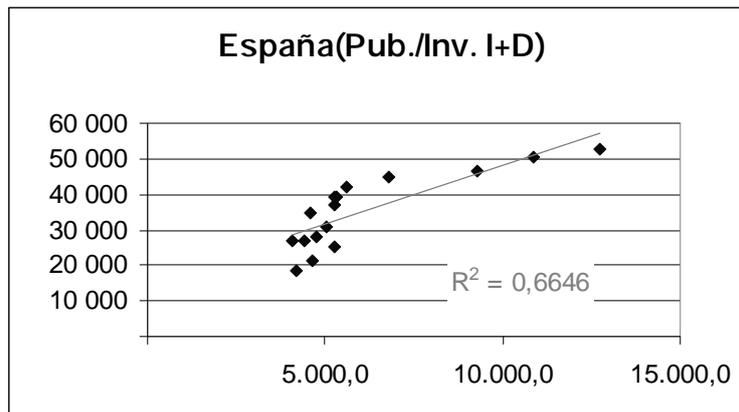
Para las regresiones entre publicaciones y la inversión en I+D se obtiene:



Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT



Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT

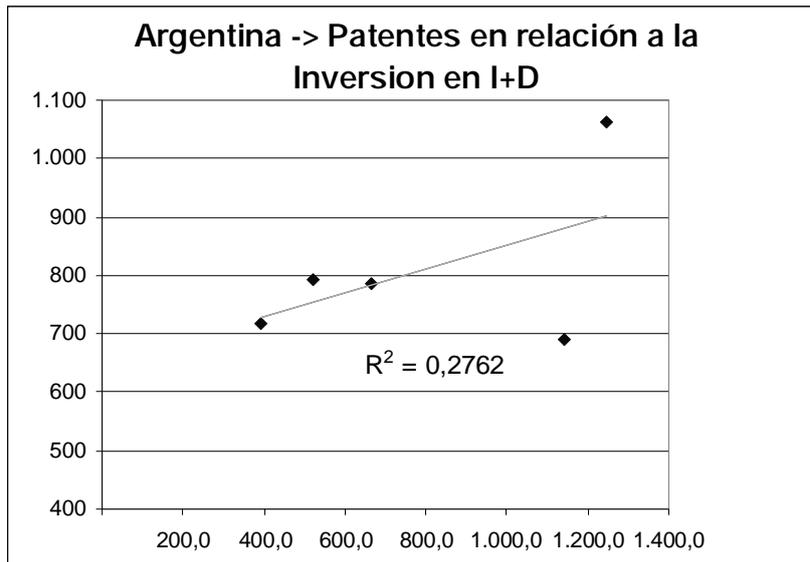


Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT

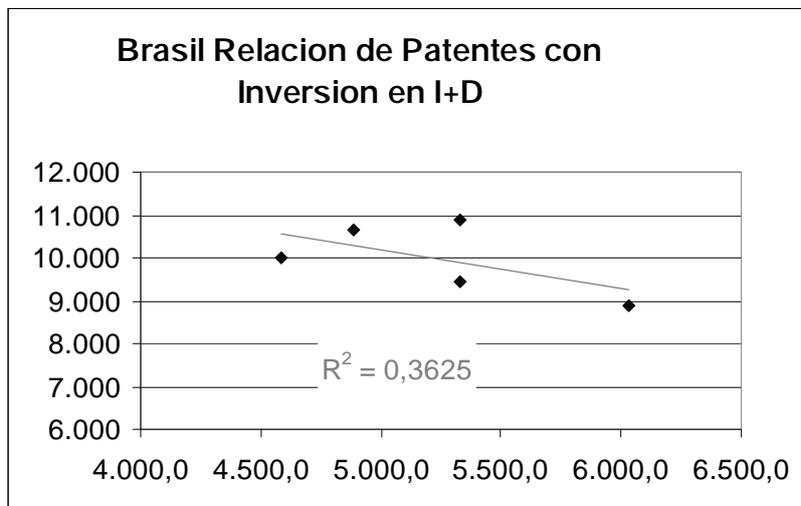
Se ve que, en la Argentina, la inversión en I+D no explica la cantidad de publicaciones a pesar de que la mayor parte de la inversión se dedica al pago de salarios. Esto confirma la tendencia a publicar en forma independiente de la inversión realizada.

En síntesis se puede establecer en base al análisis de los datos sobre publicaciones, que la tendencia a publicar es algo que depende de los investigadores y no de la inversión que se realice.

Para la producción de patentes, la RICYT no publica en forma precisa los detalles de información y se obtienen solamente, regresiones con valores suficientes para Argentina y Brasil en períodos similares.



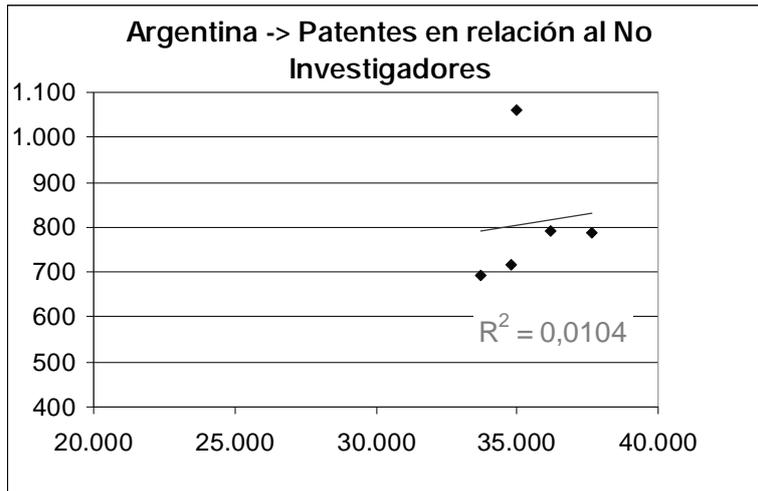
Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT



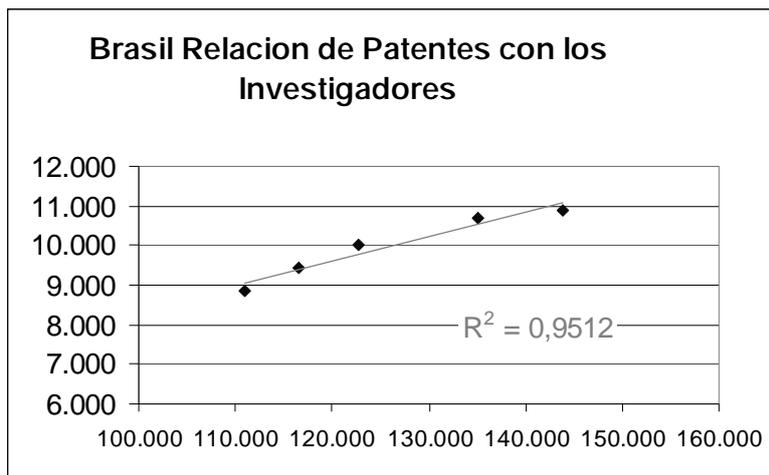
Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT

Es interesante observar que no hay relación entre las patentes y la inversión en I+D, lo cual es congruente con la información, sobre el origen de las patentes, las cuales solo en un porcentaje menor al 10% corresponden al Sistema Nacional de C y T. También en Brasil no se relaciona la inversión en I+D con las patentes.

La relación entre Patentes y la cantidad de investigadores es la siguiente:



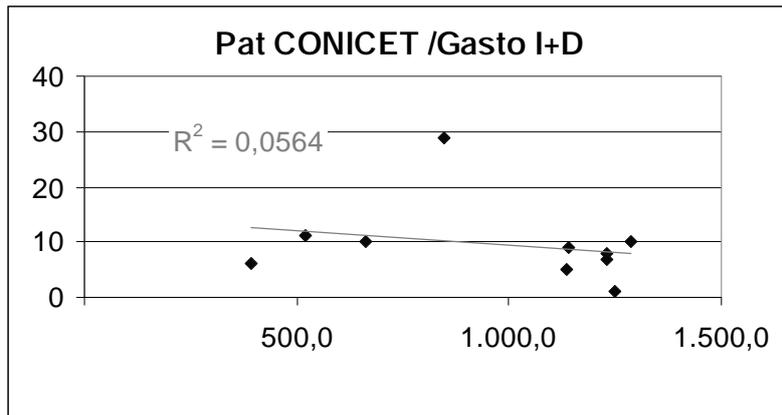
Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT



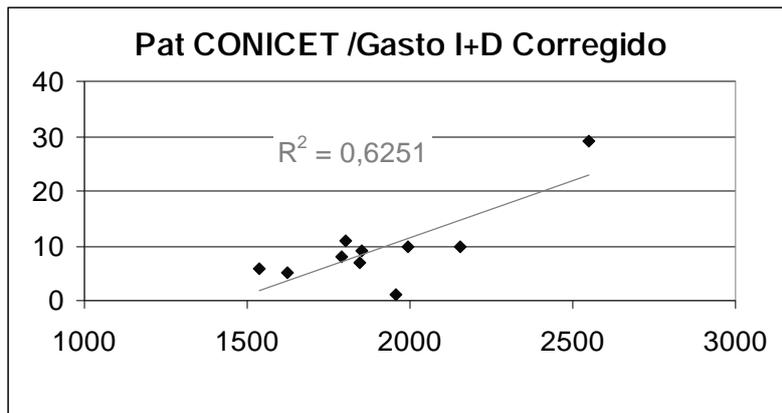
Fuente: Elaboración Propia sobre datos RICYT

Aquí nuevamente en Argentina no hay relación entre la producción de patentes, y la cantidad de investigadores, pero sí la hay en Brasil, donde la mayor parte de las patentes se producen en el sistema nacional de C y T.

Para tratar de establecer algún tipo de relación sobre la inversión en I+D y la producción de patentes en el sistema nacional de C y T, se tomó la producción de patentes en el CONICET y se utilizó para corregir la inversión en I+D la relación entre el PBI doméstico y el PBI, esto permite incorporar en el análisis la importancia de la inversión en función del poder adquisitivo que esta tiene. Aplicando esta corrección, se obtuvieron los siguientes resultados:

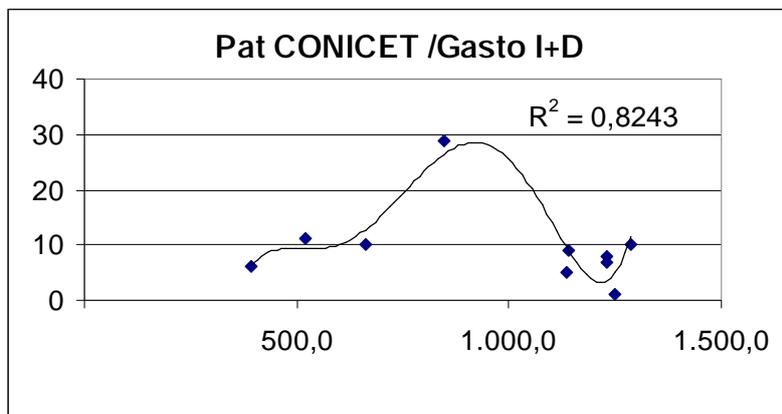


Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT

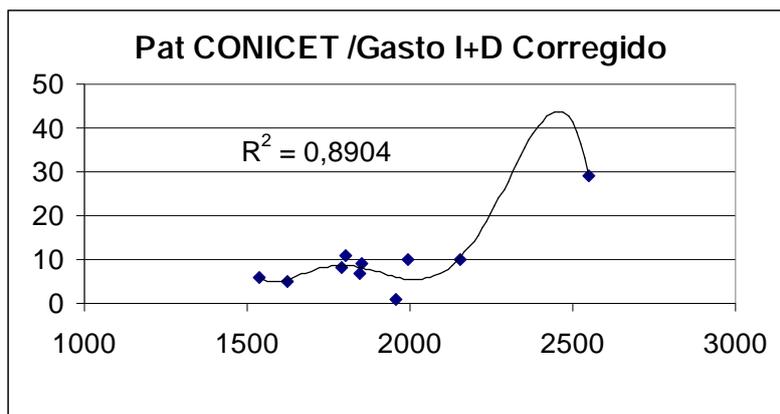


Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT

Se ve que si bien no se obtiene un coeficiente de error satisfactorio de la regresión, el poder explicativo de la inversión corregida mejora. Como pensamos que se podía obtener una relación que explique mejor como influye la inversión en I+D y las patentes, se probaron varios tipos de regresión y se encontró que un polinomio de orden 5 obtenía una relación significativa, como puede observarse:



Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT



Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT

Nuevamente la utilización de la corrección por PBI domestico, tiene mayor poder explicativo. La ecuación que podría explicar la relación es la siguiente:

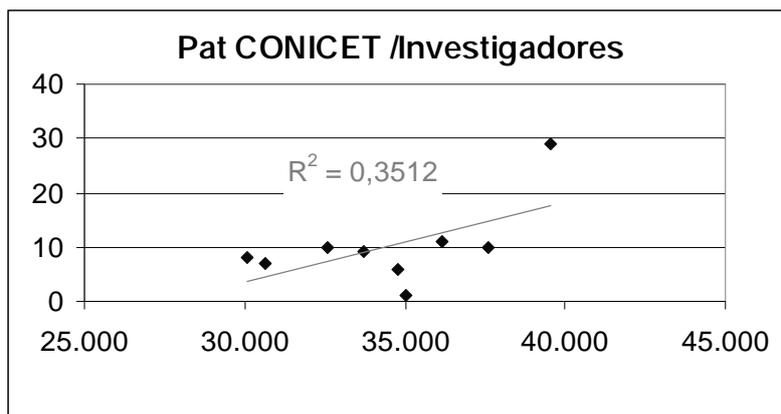
$$y = -2E-12x^5 + 2E-08x^4 - 7E-05x^3 + 0,1353x^2 - 129,17x + 48939$$

Con  $y$ = número de patentes y  $x$ = inversión en I+D corregida por PBI domestico

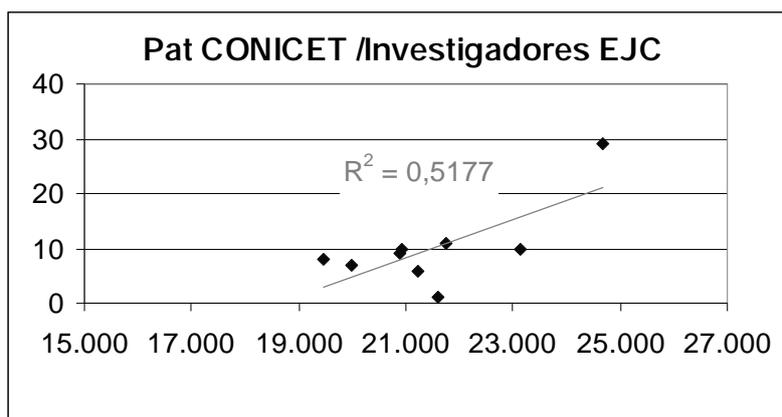
Esta ecuación presenta una tendencia a presentar máximos en forma periódica, a medida que aumenta la variable explicativa, esto puede interpretarse como, la necesidad de los grupos de investigación de contar con cierta infraestructura base para poder obtener un volumen dado de producción de patentes y para aumentar ese volumen de producción de patentes requiere un monto de infraestructura mayor y a partir de cierta infraestructura puede que la inversión tenga relación con las patentes que se obtengan. La falta de infraestructura, la rápida obsolescencia de los equipos necesarios y el uso de la mayor parte de la inversión para el pago de salarios hace que en el Sistema Nacional de C y T, no se cuente con esa infraestructura base requerida para que se relacione la inversión con la producción de patentes y la producción de publicaciones se convierte en una forma de producción para que los investigadores justifiquen su trabajo.

Con las mismas consideraciones que se hicieron respecto al PBI y las patentes del CONICET, utilizando la corrección entre el número de investigadores y el número de investigadores EJC, los resultados obtenidos, permiten inferir, que al considerar las patentes producidas dentro de un organismo del sistema nacional de C y T, mejora el poder explicativo de la variable independiente y al efectuar la corrección por la dedicación de los investigadores, aumenta su poder explicativo, lo que indica que existiría cierta dependencia entre el esfuerzo medido en horas de dedicación de los investigadores y los resultados obtenidos, dependiendo la producción de patentes, mas de la dedicación de los investigadores que de su número.

Los resultados obtenidos, son los siguientes:



Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT



Fuente: Elaboración Propia sobre datos CONICET y RICYT

Se ha visto, sin que se lo haya propuesto, que se debe corregir las relaciones entre *inputs y outputs* de los indicadores de tecnología para que aparezcan relaciones más significativas.

Otra prueba que se ha realizado sin obtener resultados significativos, fue la aplicación de los modelos utilizados por Azagra (AZAGRA, 2003), ya estudiado en el capítulo 3 y por Fernández López (FERNANDEZ LOPEZ, 2004). Para aplicar estos modelos se utilizó la información suministrada por la RICYT, se utilizó el programa E-Views ver. 5.0, pero los valores reunidos no obtuvieron la misma significación que en los trabajos mencionados ya que siempre se obtuvo valores de  $R^2$  menores que 0,1, por lo que se descartó la utilización de estos modelos para hacer el análisis de que factores influyen en los *outputs* tecnológicos.

Se puede resumir, que no hay una relación entre la Inversión en I+D y la producción de patentes y tampoco se relaciona con las publicaciones. Las publicaciones tienen una fuerte dependencia con el número de investigadores pero no con la inversión en I+D.

Se puede decir también, que la inversión en I+D, debiera valorársela en función de su poder adquisitivo, mas que por su valor nominal y para la producción de patentes. La inversión en I+D debe superar ciertos montos para que se logre cierta infraestructura mínima a partir de la cual se podría relacionar la inversión con la producción de patentes: Por último debiera utilizarse medidas del esfuerzo de los investigadores, mas que cantidad de investigadores para relacionarla con la producción de patentes.

La Universidad no registra entre sus *outputs* una producción de patentes significativa, pero si en publicaciones, donde participa con cerca del 60% de las publicaciones que se realizan en todo del sistema de C y T.

Se puede concluir que la producción de la Universidad se concentra en la realización de publicaciones, en donde la productividad por investigador en la universidad pública puede evaluarse tomando como ejemplo que en 2004 sobre 8741 publicaciones en revistas internacionales, la universidad pública realizó 5.808.

Varios trabajos citan la productividad por investigador, indicador que no compartimos, ya que en principio varias publicaciones tienen origen en investigadores que comparten su tiempo entre algún organismo de investigación y la universidad, además se deben considerar las publicaciones que tienen origen en los trabajos realizados en las tesis de postgrado por becarios de institutos de investigación. Debe establecerse, sin embargo, que si bien la productividad por investigador no puede establecerse claramente, si se demuestra claramente la relación entre la cantidad de investigadores y la cantidad de publicaciones, conclusión que es aplicable a la universidad pública.

El análisis de los principales *inputs* del sistema de C y T demuestra que estos no pueden aplicarse directamente para realizar evaluaciones, ya lo se vio al considerar el número de investigadores, donde un valor representativo del esfuerzo que realizan sería la cantidad de investigadores EJC. También la inversión en I+D, debe ser analizada en función de su poder adquisitivo, como se vio al corregir la inversión por medio del PBI doméstico.

Además se debe considerar que la inversión se plica por proyectos que suelen administrar investigadores que también comparten su tiempo entre institutos y la universidad. La universidad pública no dispone de asignaciones importantes para investigación, destinando parte de sus recursos generales a estos fines, pero aquí se debe tener en cuenta lo indicado por Pérez Lindo al señalar que esta asignación de recursos se distribuye según la fuerza de representación de distintas áreas, siendo las áreas tecnológicas solo una parte de ellas, las asignaciones que recibe no alcanzan para lograr un nivel de infraestructura que le permita el desarrollo de patentes.

Otro factor a tener en cuenta también lo señala Pérez Lindo: *"El "brain-drain" argentino se puede estimar en cerca de 100.000 graduados de la educación superior (sin contar las personas con otras calificaciones que componen la emigración creciente de argentinos estimada en más de 800.000 personas). En términos económicos si tomamos un promedio del costo por graduados de 25.000 dólares tendríamos que el país destinó 2.500 millones para formar recursos humanos de otros países. El sistema universitario nacional, a un promedio de 35.000 graduados por año, dedicó casi tres años de su esfuerzo a proveer gratis graduados para el exterior."* (PEREZ LINDO, 2001). El sistema nacional de C y T es el que mas se resiente, pues muchos de los emigrados son investigadores formados y en formación, como surge de la variación de la cantidad de investigadores en períodos de crisis económicas.

En esa línea debe considerarse también, las limitaciones actuales para el acceso a la carrera de investigador, o de estímulos a la realización de tareas de I+D, ya que no existen estímulos para docentes que superen cierta edad (las convocatorias a becas de las SPU excluyen a varones mayores de 35 años y mujeres mayores de 40 años), el ingreso a la carrera de investigador también esta limitada por edad. Esto impide la reconversión de profesionales que

deseen ingresar como investigadores luego de haberse desempeñado en otras áreas, estos aspirantes de mayor edad por su situación de vida tendrían mayor estabilidad, más experiencia de las necesidades y la realidad empresaria y mejores posibilidades de vincularse con el medio al cual pertenecían.

Un aspecto relevante son los factores que surgen del análisis histórico de la vida universitaria argentina, el primer aspecto es la ingerencia de los distintos gobiernos, en la vida universitaria, a través de intervenciones, cambios de políticas universitarias, quitas y aumentos del presupuesto universitario, persecución ideológica de docentes e investigadores y crisis económicas que repercutieron en el poder adquisitivo del personal universitario. Esto, sumado a la falta de estabilidad laboral del docente universitario, genera una situación de inseguridad y falta de perspectiva a largo plazo, que afecta las conductas y las decisiones. En síntesis, se produce una búsqueda de resultados a corto plazo, incompatibles con planes de desarrollo a largo plazo que se reflejan en la producción de patentes, estos proyectos requieren más personal, un flujo continuo de fondos, incentivos apropiados y un adecuado manejo de los riesgos de proyectos que pueden conducir a resultados no óptimos y pueden ser superados por investigadores de otros países que cuenten con mejores condiciones de trabajo.

Este factor, el manejo del riesgo, es un condicionante ideosincrático importante, ya que se busca siempre minimizarlo en función de las condiciones de inestabilidad laboral, la urgencia en la obtención de resultados, las experiencias históricas, la falta de incentivos y la falta de horizonte laboral.

También es importante destacar, en base a las encuestas del INDEC, que las empresas no ven en la universidad una fuente importante de información, esta percepción indica un mal manejo de las políticas y estrategias de vinculación, sobre todo en la falta de una imagen institucional. De las empresas que consultan a la universidad solo la cuarta parte de ellas llega realizar algún convenio de trabajo conjunto, en esto debe incluirse convenios de pasantías que dan a las empresas la posibilidad de pagar sumas irrisorias por un trabajo profesional y seleccionar personal con un riesgo de selección mínimo. Este sistema de pasantías beneficia a los alumnos que pueden acceder a oportunidades laborales, pero el beneficio que obtienen las empresas es mucho mayor y lo obtienen en desmedro de empresas de selección de personal y de empresas de profesionales independientes que no pueden ofrecer servicios al valor que pagan las empresas por pasantías. También hay que considerar que estos convenios no dejan ningún beneficio a la universidad, ya que la vinculación es por motivo de reducción de costos y la prueba se ve en el escaso porcentaje de empresas que quedan vinculadas a la universidad.

Actualmente las grandes empresas multinacionales buscan vincularse con instituciones sociales y de promoción en función de la búsqueda de crear una imagen de responsabilidad social que le permita acceder a beneficios impositivos y crediticios, en sus países de origen, por ello es muy común ver a grandes empresas financiar congresos científicos o académicos, publicaciones etc., pero es muy poco común ver a las mismas empresas desarrollando convenios de investigación con universidades sobre sus productos o procesos.

Debe destacarse que la realización de trabajos a empresas por parte de las universidades, muchas veces se realiza en competencia directa con sus graduados, utilizando recursos que son comprados con fondos públicos y que

generan beneficios solo a las empresa contratantes y generan de este modo una oferta que distorsiona los precios de mercado, ya que el personal universitario que interviene obtiene un escaso beneficio sobre su salario, los recursos que utilizan se desvían de sus propósitos originales (ya que no fueron comprados originalmente para dar servicios a terceros sino para fines académicos o de investigación) y el perjuicio que genera es a sus propios graduados, habiéndose generado conflictos entre universidades y colegios profesionales.

Otro aspecto importante para resaltar es la falta de incentivos sobre la producción de patentes, ya que no hubo una regulación a favor de los investigadores y las universidades que produjeran patentes como la hubo en EEUU con el acta Bath-Doyle donde las universidades y los inventores compartían los derechos de las patentes.

También debe destacarse, la falta de estabilidad de los docentes universitarios, ya que los cargos que desempeñan se concursan cada 2, 3 o 7 años dependiendo de la categoría, mayoritariamente con concursos de antecedentes y oposición, estando siempre la posibilidad de que otro docente se presente y obtenga el cargo. Esto conspira contra planes de trabajo a largo plazo sin resultados inmediatos, como son los trabajos de desarrollo donde hay que acondicionar instalaciones y equipos, realizar muchas pruebas y no siempre se dispone de los fondos necesarios, por lo que se debe esperar bastante para producir algún resultado, lo que no ocurre con la producción de publicaciones sobre desarrollo teóricos, que puede requerir un equipamiento mínimo, fácilmente obtenible.

En síntesis, las características de la universidad pública argentina respecto a la producción de tecnología es la siguiente:

- La principal fuente medición de una producción científica y académica son las publicaciones.
- La producción de patentes es poco significativa.
- El riesgo es un factor que condiciona las decisiones sobre los proyectos a desarrollar a largo plazo.
- La falta de estabilidad docente condiciona la búsqueda de resultados a corto plazo.
- Hay una falta de políticas que promocionen la producción de patentes, proveyendo no solo la inversión necesaria, sino criterios de evaluación de resultados que permita llevar a cabo proyectos a largo plazo.
- No se establecen vínculos estables con las empresas, ya que la vinculación obedece a intereses puntuales, donde prima el beneficio más que la intención de generar proyectos de desarrollo.
- Existe, en la universidad pública, la capacidad potencial de desarrollar proyectos de investigación y desarrollo, hecho demostrado por la calidad de las publicaciones que produce.
- Faltan políticas para incorporar docentes o investigadores, que provengan de una carrera en el ámbito privado y que pueden

aportar nuevas visiones sobre las tareas a realizar y pueden favorecer la vinculación de la universidad con el medio.

- No hay cluster productivos, solo algún tipo de desarrollo basado en las características propias de distintas regiones, se observa una concentración de actividades en la región pampeana, mas que nada por la gran concentración demográfica y económica. La existencia de actividades de gran rentabilidad, más que nada concentran recursos y no forman ningún tipo de un cluster productivos con las características que se menciona en el marco teórico.

Por lo tanto no hay una contribución directa de la universidad en desarrollo tecnológico que pueda evaluarse en base a los indicadores de *outputs* tecnológicos y la difusión de los conocimientos existentes en el ámbito de la universidad.

## Conclusiones

A lo largo de estos cuatro capítulos se ha desarrollado la verificación de los postulados e hipótesis que se ha planteado en la introducción de este trabajo.

Se ha visto en el capítulo 1 que existe una relación entre los conceptos crecimiento económico y desarrollo, donde la tecnología juega un rol significativo en ambos. Analizando como se desarrollaron históricamente estos distintos enfoques, se plantea en los primeros modelos de crecimiento, a la tecnología como componente exógeno, y durante su evolución, los enfoques avanzan hacia la consideración de la tecnología como un componente endógeno. Estos conceptos se pusieron de manifiesto al analizar los distintos modelos de desarrollo en detalle.

Esta relación entre desarrollo y tecnología se hace más evidente en modelos como la teoría del Capital Humano, donde además se incluye otras consideraciones tales como: la estabilidad política, las barreras comerciales, la infraestructura física y el gasto de funcionamiento del gobierno. Asimismo con las Teorías Territoriales se incluye al territorio y sus recursos productivos, y las interacciones entre subsistemas productivos, institucionales y culturales. El enfoque de los procesos industriales analiza las complementariedades entre empresas y sectores productivos, como fuente de avances o bloqueos del proceso de crecimiento. Schumpeter distingue desarrollo de crecimiento de la economía, por que este no presenta fenómenos cualitativos distintos, sino sólo procesos de adaptación. También la teoría del Desarrollo Sustentable presenta al crecimiento vinculado a categorías económicas, factores, recursos y las fuentes de los recursos, como una condición necesaria de la sustentabilidad del crecimiento del producto y del desarrollo económico. . Por lo tanto, resulta claro que el concepto de desarrollo excede el marco económico y se vincula con aspectos sociológicos, culturales y geográficos.

Al analizar los modelos económicos, se ve que Solow, consideró la acumulación de capital físico, la creación de grandes empresas, la producción en serie y a gran escala y a la tecnología; afectada por: la fuerza de trabajo por unidad de producto y el capital por producto. Kaldor y Verdoorn comprobaron que el incremento de la producción manufacturera, se debe a un aumento de la productividad del trabajo (por el proceso de aprendizaje) y una especialización mayor proveniente del progreso técnico y la mecanización de las actividades productivas. Robinson consideró como factores de desarrollo a las condiciones técnicas, la investigación y la mejora en la educación. Hayek indicó como factor de desarrollo y crecimiento, el tipo de tecnología que se usará en los procesos productivos. Romer consideró a la tecnología, la innovación, el desarrollo y la investigación, como procesos endógenos y convergentes y al conocimiento como un factor de producción que incrementa la productividad marginal. Por lo tanto desde las teorías económicas la tecnología es un componente, tanto del crecimiento económico, como del desarrollo.

La teoría del Desarrollo Humano propuso al conocimiento como eje transversal del estudio y el capital físico, determinado por la tecnología y el capital humano. En la teoría del Desarrollo Territorial, se da mayor importancia a las potencialidades endógenas de cada territorio, incluyendo factores no económicos, como: sociales, culturales, históricos e institucionales. Schumpeter, el “desarrollismo”, la CEPAL, el PNUD y otros autores e

instituciones que tratan al desarrollo desde otros puntos de vista que incorporan otros elementos a los económicos, como son los geográficos, sociológicos o culturales coinciden en ver a la tecnología como un componente, tanto del crecimiento económico, como del desarrollo.

En el capítulo 2 se ha visto como es la evolución del pensamiento científico sobre la tecnología y como se puede crear una cronología que identifica distintos estadios identificados por los elementos tecnológicos que no están vinculados ni se originan a partir de otros hechos sociales, culturales o políticos, por lo tanto se ve que la creación de nuevas tecnologías tiene características particulares y son muy pocos los factores no vinculados a ella que condicionen esta evolución, salvo quizás, los descubrimientos científicos. Se ve que no puede vincularse directamente ciencia y tecnología, pero en la definición de las etapas tecnológicas, la ciencia está presente como parte del conocimiento que se aplica, por lo tanto se puede aceptar a la ciencia no como causal de la tecnología pero si como un condicionante de los avances de la tecnología.

Al ver los distintos modelos de la tecnología, en particular los modelos basados en el Ciclo de Vida Tecnológico, se observa lo que Schumpeter definió como procesos de “destrucción creativa” donde la aparición de distintas tecnologías genera el proceso de evolución a través de procesos de innovación, que vinculan a la producción de bienes y servicios, descubrimientos científicos y adelantos tecnológicos. También, los modelos que contienen un enfoque desde la empresa con contenido social, tratan de explicar esta innovación tecnológica en las empresas como algo más complejo que la clásica transferencia tecnológica; tiene como fuente una organización tecno-social en su conjunto, lo que se convierte en la clave de la productividad. Dejando establecido que la innovación se genera por la producción de nuevos conocimientos y el desarrollo de nuevos productos o nuevos medios de producción, y generalmente en ámbitos que no son los específicos de la producción.

Cuando se analizan las estrategias europeas de fomento de la innovación tecnológica, incluidas en el Libro Blanco de la Unión Europea, se señala como característica de esta etapa al uso masivo de las tecnologías de información y comunicación en todos los ámbitos sociales. Estos factores facilitan las transformaciones en los procesos sociales y en la organización de los procesos de trabajo, por lo tanto la capacidad de innovación está estrechamente relacionada a la capacidad de gestionar conocimiento. Se desprende, por lo tanto, que un factor esencial para que se genere una innovación tecnológica es la difusión del conocimiento desde los centros de producción del mismo hacia las empresas.

En el capítulo 3, se analiza el rol de la universidad en los procesos de innovación. Según Azagra, una de las misiones tradicionales de la universidad, es la de producir ciencia. Destaca también que históricamente hubo una falta de necesidad para que la universidad adopte un papel activo en la difusión del conocimiento que genera, puesto que la empresa puede transformarlo en innovación. Por lo tanto, la universidad ha sido históricamente una fuente de conocimiento para los cambios tecnológicos y la innovación y ha podido difundir conocimientos, no solo por su propio prestigio, sino por el reconocimiento de las empresas sobre su participación en los descubrimientos científicos y tecnológicos. Los economistas desarrollan la idea que la ciencia es

un bien público y la empresa privada invertirá menos de lo que es deseable socialmente, por lo que la financiación pública debe cubrir la diferencia.

A pesar de varias posiciones en contrario y otras escépticas, las patentes universitarias ofrecen protección a las empresas y visibilidad a las universidades y esa fue la lógica del Acta Bayh-Dole en EE.UU. También las patentes se consideran un mérito en el currículum de los investigadores y su licencia ayuda a la creación del empleo, especialmente entre los titulados si son explotadas por empresas derivadas de las universidades, tal como es el caso del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Esta y otras universidades comenzaron a patentar después del Acta Bayh-Dole y generaron un modelo de empresa vinculada a la universidad. Finalmente, hay indicios que este modo de estímulo se ha adoptado, o está en proceso de adopción, en países como Italia, Japón, Reino Unido, Canadá, Suecia y Alemania. Bajo esta óptica una de las fuentes de generación de innovación tecnológica y del reconocimiento por parte de las empresas de este rol, son las patentes que se producen en el ámbito universitario.

Bajo estas, y otras consideraciones ya detalladas, se ve como se verifican los primeros postulados a partir del propio marco teórico que constituyen la bases de este trabajo.

En el capítulo 4 se presenta la información con que se analizará la situación de la universidad argentina, desde las condiciones del entorno económico, las bases históricas, las características del entorno tecnológico, el sistema nacional de C y T, los *inputs y outputs* tecnológicos y la participación de la universidad en este proceso.

La historia económica durante el período de análisis, vista a través de la evolución del PBI, el PBI doméstico, el PBI per cápita y el análisis del contexto histórico-político nos permite aseverar que la Argentina ha tenido ciclos de crecimiento entre distintas crisis económicas. En particular desde mediados de los 90 hasta 2005 se alternan distintos ciclos económicos de crecimiento, crisis y períodos de estancamiento, siendo varias las crisis y los períodos de estancamiento más prolongados que los de crecimiento. A pesar de la crisis que se presentó en 1994, la disminución de crecimiento a partir de 1998 y la crisis de 2001, el crecimiento continuó y solo fue alterado por estas crisis.

La historia política de la Argentina nos muestra un país dependiente de su producción agrícola y ganadera, con una muy baja producción industrial y alta dependencia de la importación de productos industrializados, hasta la década del 30, cuando comienza un periodo de sustitución de importaciones y de desarrollo de la industria liviana, de mano de obra intensiva; proceso que se profundiza con el primer gobierno del General Perón. Durante este lapso de tiempo, aparece una incipiente industria nacional, se nacionalizan los ferrocarriles y las empresas de servicios públicos, se producen autos y tractores argentinos, se crea la marina mercante y se nacionalizan los seguros de las exportaciones argentinas, se inicia el desarrollo de una industria aeronáutica nacional y se generaliza la educación técnica mediante un sistema que se iniciaba en las escuelas de artes y oficios, continuaba en las escuelas técnicas y terminaba en la Universidad Obrera. En este período Argentina gozó un cierto grado de desarrollo tecnológico propio.

El análisis de las exportaciones e importaciones de servicios muestran una tendencia a importar mas de lo que se exporta. A pesar de las distintas crisis siempre el volumen importado es superior al exportado. Para el caso de

la balanza tecnológica, llama la atención que las exportaciones de tecnología son desproporcionadamente bajas respecto a las importaciones y además las importaciones crecen significativamente en el período de análisis, si se excluye la crisis de 2001. Esto se debe a que la mayoría de las empresas productoras de cierta envergadura son sucursales de empresas transnacionales cuya presencia se hace más importante a partir de la década del 50 y utilizan tecnología suministrada por sus casas matrices.

Para determinar los *inputs* de la producción de innovación tecnológica el primero, es el monto de la inversión en I+D, que se comparó con la inversión que realiza Brasil y España, se observó que corrigiendo la inversión por el PBI doméstico, se refleja mejor la inversión en términos de su poder adquisitivo local. El segundo *input* analizado fueron los recursos humanos, utilizando la cantidad de personas trabajando a jornada completa (EJC), que mostró ser más relevante para medir la influencia de este *input*. Para Brasil y España este input es similar y tres veces mayor que la cantidad de investigadores EJC en Argentina. Esta relación se reduce al considerar una corrección en función de la PEA: A pesar de estas diferencias, estos *inputs* argentinos no son inferiores en 3 o 4 veces a España y Brasil, por lo tanto los inputs del desarrollo tecnológico de la Argentina, difieren en menos de un orden de magnitud, de los de otros países con superiores outputs de desarrollo tecnológico y economías no muy diferentes como son Brasil y España.

El primer output del sistema tecnológico analizado fueron los trabajos publicados en revistas con referato y perteneciente a los sistemas SCI y Pascal. Esto garantiza que los artículos de una revista sean tenidos en cuenta por otros científicos para informarse sobre descubrimientos logrados en un campo de investigación y a quien citar en sus propios artículos. Se observó una tendencia generalizada a publicar en revistas del SCI más que en PASCAL, lo mismo que España y Brasil. Al analizar las publicaciones en el SCI de los 3 países, la cantidad de investigadores es relevante para explicar la producción de publicaciones. También es importante señalar que la productividad medida en publicaciones cada 100 investigadores, es igual que en Brasil, aunque España los duplique. También se observó que el grueso de las publicaciones corresponde a monografías y tesis, las que se concentran en las áreas de Ciencias de la Vida, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Tierra. En síntesis, la cantidad y calidad de la producción de publicaciones científicas en el sistema nacional de C y T argentino, no es significativamente inferior al de España y Brasil y la productividad de los investigadores argentinos es similar a la de sus pares de España y Brasil.

El segundo *output* del sistema tecnológico son las patentes, que es el indicador más relevante en cuanto a la contribución al desarrollo por creación de tecnología. El sistema de C y T en Argentina, no alcanza a producir el 10% de las solicitudes de patentes, y esto incluye el ámbito de la investigación universitaria. Los resultados son muy inferiores a los que exhiben España y Brasil. Se recuerda que en el informe del CONICET de 2007, se reporta como un logro la presentación de 30 solicitudes de patentes, frente a las más de 1000 que presentaron en el INPI residentes argentinos en 2005. Estas solicitudes corresponden a las áreas de Salud, Industria y Tecnología y Química y Petroquímica. Es interesante destacar que inventores particulares logran la mayor parte de las patentes que se producen en el país, con menores recursos y conocimiento. Se concluye que la cantidad de patentes que produce

*el sistema nacional de de C y T en Argentina es muy inferior al de Brasil y España y en las universidades argentinas no hay una producción de patentes que sea significativa.*

Al analizar la difusión de las actividades de C y T, se utilizó la percepción que tienen las empresas sobre la universidad y el sistema nacional de C y T, en base a la Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas entre 1998 – 2001, realizada por el INDEC. Allí se observa que los objetivos de la vinculación se refieren a la búsqueda de información, asistencia técnica y Capacitación, siendo las actividades de I+D las menos consideradas en el momento de vincularse. Emerge de esta información, que solo una de cuatro empresas que elige a la universidad para vincularse mantiene su vínculo. En total si se trasladan las relaciones entre empresas que buscan a la universidad, se vinculan y se relacionan, solo alrededor del 1%, mantiene el vínculo establecido. También se observa el desconocimiento de las empresas sobre la existencia de los fondos, para proyectos de innovación, siendo el FONTAR el único que ha aplicado estos fondos, pero solo un 20% de los disponibles. Esto indica que las agencias de vinculación que existen dentro del sistema no han podido comunicar apropiadamente la existencia de estos fondos. Por todo ello se concluye que *la mayoría de las empresas argentinas no ven a la universidad como una fuente de obtención de conocimiento y no se vinculan a ella en proyectos de I+D.*

Esta información completa la verificación del cumplimiento de los postulados que requerían del análisis de la información disponible.

En base a la información que se expuso sobre la balanza tecnológica y la balanza de pagos en el rubro servicios, se ve que las licencias por tecnología y los servicios de implantación de las mismas, constituyen el grueso de las erogaciones y que son muy superiores a los ingresos. Esto permite concluir que debido a la concentración de la economía, las grandes empresas multinacionales importan tecnología desde sus matrices, utilizando esto también para aumentar la remisión de ganancias. Por ello la tecnología no se genera dentro de las empresas, no hay difusión, ni intervención del sistema nacional de C y T o de la universidad pública, tampoco se producen cluster de innovación y la tecnología que se incorpora se difunde por copia o imitación. Todo esto permite concluir que mayoritariamente *el desarrollo tecnológico en Argentina no es endógeno.* De este modo se verifica la primera hipótesis.

Del análisis de la producción de patentes y de cómo esta influye en los países con mayor desarrollo tecnológico como Brasil o España, se ve que el sistema nacional de C y T en general y la universidad pública en particular en Argentina no generan una cantidad significativa de patentes. Aunque pueda apuntarse a razones como la mentalidad de corto plazo de las empresas argentinas, la concentración económica en empresas multinacionales, el sistema de C y T, es evidente que *la universidad pública argentina no contribuye al desarrollo tecnológico mediante la generación de innovaciones medidas en la producción de patentes.* En esta aseveración se debe incluir el hecho verificado por la encuesta del INDEC, que las empresas no se acercan a las universidades para generar proyectos de I+D. Por todo esto se verifica la segunda hipótesis.

Al comparar los resultados sobre generación de patentes y las publicaciones en revistas internacionales con referato, se ve que los

investigadores se inclinan a producir trabajos de un buen nivel internacional, por lo que el recurso humano tiene la capacidad para producir tecnología. La inversión en I+D, si bien existe, aparenta ser insuficiente. Podría explicar su insuficiencia la necesidad de disponer de un flujo regular de recursos que generen una base de infraestructura que permita el trabajo en tareas de desarrollo que generen patentes. También el régimen de evaluación, exige de los investigadores resultados a corto plazo y son más fáciles de producir las publicaciones que las patentes. La inestabilidad que exhibe el sistema institucional argentino, donde las alternancias de administraciones públicas cambian las políticas que rigen las instituciones del sistema de C y T, generan proyectos de corto plazo. En definitiva, se puede concluir que hay una tendencia generalizada a trabajar en el corto plazo, lo que se ha instalado como una idea de trabajo y de construcción de proyectos, por esto la falta de generación de patentes en la universidad argentina tiene raíces idiosincrásicas, basadas en la historia pasada y reciente y en el manejo del riesgo tanto por parte de los investigadores, como de las empresas. Esto verifica la tercera hipótesis.

En contraste con lo observado en otros países a través de distintos modelos de generación de patentes, no se ha encontrado que los modelos sean relevantes para nuestra situación y tampoco explican el comportamiento que exhiben. Las diferencias que se observan son las economías de escala, las pautas de conducta impuestas por razones históricas y políticas han generado pautas de conductas distintas, por lo tanto, las características del desarrollo tecnológico en el mundo, no son las mismas que en la Argentina por razones económicas, idiosincrásicas y culturales.

Se puede concluir que la universidad publica argentina, no contribuye al desarrollo mediante la producción de patentes. Esto resulta de esta manera no por incapacidad de hacerlo; sino que la historia del país y las condiciones socioeconómicas tanto institucionales como empresariales, han formado una idiosincrasia de corto plazo que prioriza la búsqueda de resultados obtenibles con bajo riesgo, dando como resultado condiciones distintas a las existentes en otros países, donde ocurre lo contrario.

Algunas propuestas para revertir lo indicado sería:

- Generar un cuadro de motivaciones e incentivos que contribuya a predisponer a los investigadores a dirigir sus esfuerzos hacia áreas de desarrollo tecnológico e investigación aplicada, en especial se debería mejorar el actual régimen de estabilidad laboral de los docentes investigadores.
- Generar planes que incorporen a profesionales que se retiran del ámbito privado para que se integren con grupos de investigación y aporten una óptica distinta a la existente.
- Integrar en proyectos de investigación a empresas del mismo ámbito geográfico que puedan usufructuar los resultados de la misma.
- Generar espacios donde se puedan desarrollar vínculos informales entre investigadores y empresarios, que tengan continuidad en el tiempo.

- Generar líderes de grupos de investigación (equivalentes a los investigadores estrella que describen muchos trabajos).
- Garantizar flujos continuos de fondos para planes de desarrollo a largo plazo, con participación de instituciones empresarias locales y otras organizaciones sociales que participen, controlen y difundan el conocimiento y los resultados de estos trabajos.

En síntesis, se debería buscar liderazgos para los grupos de investigación basados en resultados obtenidos, experiencia y autoridad intelectual. A estos grupos se los debería dotar de fondos continuos y suficientes para cubrir sus gastos. En estos grupos se deberían incorporar profesionales provenientes del ámbito privado y mantener fuertes lazos informales y formales con empresarios e instituciones que garanticen una vinculación real con el medio, una difusión efectiva de los resultados obtenidos y una transferencia permanente al medio. Estos resultados deberían ser los evaluados, a partir de un plazo razonable del establecimiento de estos grupos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABERNATHY, J. y UTTERBACK, J. (1978). *Patterns of Industrial Innovation*. Technological Review Vol. 80 Ej. 7.
- ABERNATHY, W y CLARKE, K. (1985) *Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction* Research Policy, Vol. 14. Pg. 3-22.
- ACS, Z. (1991) *Real effects of academic research: Comment* American Economic Review Vol. 82 Ej. 1 Pg. 363-7.
- ACS, Z. y AUDRETSCH, D (1990) *Innovation in Large and Small Firms: An Empirical Analysis* American Economic Review Vol. 78 Ej. 4 Pg. 678-90.
- ACUÑA, F. H.( 2004). *La calidad de las revistas científicas y el uso del Science Citation Index*. Nexos, Vol. 14 Pg. 11-13.
- AFUAH, A. y TUCCI, L. (2003) *Internet business models and strategies: text and cases* Ed. McGraw-Hill, NY.
- AGLIETTA, M (1979) *Regulación y crisis del capitalismo: La experiencia de los Estados Unidos*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.
- AGRAWAL, A y AJAY, R (2001) *University to industry knowledge transfer: literatura review and unanswered questions*, International Journal of Management Review, Vol 3, Ej 4, Pg. 286-302.
- ALLEN, D. y NORLING, F. (1990) *Exploring perceived threats in faculty commercialisation of research*, Ed. Rowan and Littlefield, MA.
- ANDERSON, P y TUSHMAN, M. (1990) *Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change*: Administrative Science Quarterly, Vol. 35 Pg. 604-633.
- ANISI, L. (2000). *Teorías del Crecimiento Económico*, Work Paper, Universidad de Salamanca
- ANSOFF, I. (1965). *Corporate Strategy*. McGraw-Hill, NY
- ARCHIBALD, D. (1976) *Managing high technology programs and projects*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- ARROW, K. (1962) *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Inventions* Ed. Princeton University Press, Princeton, MA
- ARROW, K. (1962) *The economic implications of learning by doing*. Review of Economic Studies, Vol. 6, Pg.155-173.
- ARTHUR, D (1981) *The strategic management of technology*, Cambridge, Massachusetts.
- ARTHUR, W (1987) *Competing technologies: an overview* Ed. Columbia University Press, New York.
- AUDRETSCH, D y FRITSCH, M (1999). *The industry component of regional new firm formation processes*. Review of Industrial Organization, Vol 1. No.15.
- AZAGRA, J (2003) *Academic Research Benefits: University Patents, output and input indicators*, Research Evaluation, Vol. 12 N° 1. Pg. 5-16
- AZAGRA, J (2001) *Determinants of university patents: The case of the Polytechnic University of Valencia* ETIC Final Conference Proceedings, Strasbourg
- AZAGRA, J (2003) *University patents: Output and input indicators... of what?* Research Evaluation 12 (1): 5-16.
- AZAGRA, J (2003a) *University-industry interaction: support to its objectives and response to policy initiatives* DRUID Summer 2003 Conference, Copenhagen (Denmark), June 12-14.
- AZAGRA, J (2002a) *Do university patents reduce the quality of research?* R&D Management Conference, 8-9 de julio de 2002, Lovaina, Bélgica.
- AZAGRA, J y LLERENA, P. (2003a) *Types of contractual funding and university patents: from analysis to a case study*, ASEAT Conference, Manchester (UK), April 7-9.

- AZAGRA, J y LLERENA, P. (2003b) *Types of contractual funding and university patents: from analysis to a case study*, CCC Conference, Toronto (Canada), April 11-12.
- BALCONI, M. (2003) *Networks of inventors and the role of academia: an exploration of Italian patent data*. Research Policy Vol.7 Pg. 47-58
- BARRO, R. (1990). *Government spending in a simple model of endogeneous growth*.: The Journal of Political Economy. Vol. 98, No. 5
- BARRO, R. y XAVIER, S. (1999). *Economic Growth*. Ed.MIT Press, Cambridge, MA.
- BEER, S. (1985): *Diagnosing the system for organizations*, Ed. J. Wiley & Sons, Chichester.
- BEHRENS, T. Y GRAY, D. (2001) *Unintended consequences of cooperative research: impact of industry sponsorship on climate for academic freedom and other graduate student outcome* Research Policy Vol.30 Pg. 179-199.
- BEISE, M. y STAHL, H. (1999) *Public research and industrial innovations in Germany*. Research Policy Vol. 28 Ej. 4 Pg. 397-422.
- BEXATTINI, W (1979) *Industrial districts and inter-firm co-operation in Italy*. Working Paper. International Institute for Labour Studies, Ginebra
- BLUMENTHAL, D. (1997) *Withholding research results in academic life science: evidence from a national survey of faculty*. Journal of the American Medical Association Vol. 277 Pg. 1224-1228.
- BLUMENTHAL, D. (1986) *Universityindustry research relationships in biotechnology: implications for the university* Science Vol. 232 Pg. 242-246.
- BLUMENTHAL, D. (1996) *Participation of life-science faculty in research relationships with industry*New England Journal of Medicine Vol. 335 Pg.1734-1739.
- BOK, D. (1982) *Beyond the Ivory Tower: Social Responsibilities of the Modern University*, Cambridge. Ed. Harvard University Press.
- BOUND, J. (1984) *Who does R&D and who patents?*Ed. University of Chicago Press
- BOYER, R (1992). *La Teoría de la Regulación un análisis crítico*. Ed. Alfonso Magnánimo. España.
- BOZEMAN, B. (2000) *Technology transfer and public policy: a review of research and theory* Research Policy Vol. 29 Pg. 627-655.
- BROOKS, H. (1993) *Research universities and the social contract for science* Ed. MIT Press, Cambridge, MA.
- BROOKS, H. (1994) *The relationship between science and technology* Research Policy Vol. 23 Pg. 477-486.
- BROWN, L POSTEL, S y FLAVIN, C (1992) *Del crecimiento al desarrollo sostenible* El Trimestre Económico, Vol. LIX, No 234.
- BRYNJOLFSSON, E. (1993): *The productivity paradox of information technology*, Communications of the ACM, Vol. 36 No.12 Pg. 67-77
- BUENO, E. (1999). *Estrategia y Dirección Estratégica (Una Guía en la Formación para un MBA)*. Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona.
- BUENO, E. (2000). *Retos y Claves para la Dirección de Empresas en el Nuevo Milenio: El Paradigma de la Ultramodernidad*. Material del Curso, Universidad San Lorenzo de El Escorial, España
- BURACHIK, G (2000) *Cambio tecnológico y dinámica industrial en América Latina* Revista de la CEPAL No. 71.
- CALLON, M. (1991) *Techno-economic networks and irreversibility*, Ed. Routledge London

CAMPBELL, T. (1997) *Public policy for the 21st century: addressing potential conflicts in university-industry collaboration* Review of Higher Education Vol.20 Pg.357-379.

Carayol, N. (2001): "The diversity of science industry relations and insights from the compatibility of research agendas", ETIC Final Conference Proceedings, Strasbourg,

CARDONA, J., GUTIERREZ, D., MORENO, J., LEDIS, J. y VIANA, A (2003) *Modelo de gestión empresarial de las MIPYME en el circuito económico del municipio de Medellín: Los casos del sector software y alimentos.*, Work Paper, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

CARDONA, M y OSORIO, A (2003) *La gestión empresarial del desarrollo desde la transferencia tecnológica, las redes y las competencias laborales* Work Paper, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

CARDONA, M y OSORIO, A y CANO, C (2003) *Ciclo de vida y localización espacial de las firmas en Colombia 1995 – 2000* Work Paper, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

CARLSSON, B. y FRIDH, A. (2002) Technology transfer in the United States universities Journal of Evolutionary Economics Vol. 12 Pg. 199-232.

CARVAJAL, A y ZULETA, H (1997) *Desarrollo del sistema financiero y crecimiento económico.* Borradores de Economía Vol. 67

CASTELLS, M (1999) *La era de la información: Economía, sociedad y cultura. Vol. I. La sociedad Red* Ed. Alianza, España.

CECA-CEE-CEEA (1993) *Libro Blanco sobre crecimiento, competitividad y empleo. Retos y pistas para entrar en el siglo XXI*, Textos Básicos de la Unión Europea. Versión Digital

CECYT (2003) *Segunda Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas 1998/2001*

CEPAL (2000). *Equidad, desarrollo y ciudadanía.*

CETTO, A (2002) *Science and Development, a latin America Perspective* Instituto de Física, UNAM, Mexico

CHANDLER, A.. D. Jr. (1962). *Strategy and Structure.* Ed. MIT Press, Cambridge, MA.

CHECKLAND, P. (1981) *Systems thinking, systems practice*, Ed. J. Wiley & Sons, Chichester.

CHECKLAND, P. y. SCHOLLES, J (1990): *Soft Systems Methodology in action*, Ed. J. Wiley & Sons, Chichester.

CHRISTENSEN, C.; SUÁREZ, F. y UTTERBACK, J . (1998). *Strategies for Survival in Fast Changing Industries.* Management Science, Vol. 44.

CLARK, K y HAYES, R. (1985) *Exploring Factors Affecting Innovation and Productivity Growth within the Business Unit*, Ed. Harvard Business School Press,. MA.

CLARK, K. (1985) *The Interaction of Design Hierarchies and Market Concepts in Technological Evolution.* Research Policy, Vol. 14, Nº. 5 Pg. 235-251.

COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1989) *Innovation and Learning: The Two Faces of R&D.* The Economic Journal Vol. 99 Pg. 569-596.

COHEN,W. y LEVINTHAL, D. (1990) *Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation Administrative.* Science Quaterly, Vol. 35, Pg 128-152.

COLYVAS, K (2002) *How do University Inventions get into Practice*, Management Science, Vol 48 No 1, pp61-72

CONICET (2007), *Informe de Gestión 2002-2007*

CONICET-CAICYT. (1999). *Minutas del Primer Seminario de Edición Científica.* Buenos Aires, 26-27 de julio.

CORONADO, D. y ACOSTA, M. (1999) *Innovación tecnológica y desarrollo regional* Información Comercial Española: Revista de Economía Vol. 781 Pg.103-116.

COUPE, T. (2001) *Science is Golden: Academic R&D and University Patents*, Proceedings of the conference Innovations and Intellectual Property: Economic & managerial perspectives. Brussels, November 22nd & 23rd.

COZZENS, S. (1989) *What do citations count? The rhetoric first model*, *Scientometrics* Vol. 15 Pg. 437-447.

CROW, M. y BOZEMAN, B. (1987) *R&D laboratory classification and public policy: the effects of environmental context on laboratory behaviour*. *Research Policy* Vol. 16 Pg. 229-258.

CUSUMANO, M. (1997). *Strategic Maneuvering and Mass-Market Dynamics*. *Managing Strategic Innovation and Change*, Ed. Oxford University Press, NY.

CUSUMANO, M.; MYLONADIS, Y y ROSENBLOOM, R. (1992) *Strategic maneuvering and mass-market dynamics: the triumph of VHS over Beta Business*. *History Review*, Vol. 66, Pg 51-94

DASGUPTA, P. y DAVID, P. (1994) *Towards a new economics of science*. *Research Policy* Vol. 23 Ej. 5 Pg. 487-521.

DAVID, P. y HALL, B. (2000) *Heart of darkness: modelling public-private funding interactions inside the R&D black box*. *Research Policy* Vol. 29 Ej. 9 Pg. 1165-1183.

DAVID, P. A. (2000) *The political economy of public science* Ed. Macmillan, London

DAVIES, D. (1970) *Research planning diagrams* *R&D Management*, Vol. 1, N° 1 Pg. 22-29.

DE SOLLA PRICE, D (1963) *Little science, big science*, Ed. The Columbia University Press, New York

DESCHAMPS, J. (1998). *Innovación, Divino Tesoro*. *Trend Management*, Vol. 1 N° 1

DOYAL, L y GOUGH, I (1994) *Teoría de las necesidades humanas*. Ed. FUHEM/Icaria, Barcelona

DRUCKER, P. (1993). *Administración y Futuro*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires.

DRUCKER, P. (1993). *Administración y Futuro*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires.

DRUCKER, P. (1993). *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. Harperbusiness.

EDQUIST, C. (ed.) (1997) *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*, Ed. Pinter, London

ETZKOWITZ, H. (1998) *The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages*. *Research Policy* Vol. 27 Pg. 823-833.

ETZKOWITZ, H. y LEYDESDORFF, L. (2000) *The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of academic-industry-government relations*. *Research Policy* Vol. 26 Pg. 109-123

ETZKOWITZ, H. y LEYDESDORFF, L. (1996) *Emergence of a Triple Helix of University-Industry-Government Relations* *Science and Public Policy* Vol. 23 Pg. 279-286.

EVENSON, R (1968) *The contribution of agricultural research and extension to agricultural productivity*, PhD Dissertation, University of Chicago.

FAULKNER, W. y SENKER, J. (1995) *Knowledge Frontiers*, Ed. Clarendon Press, Oxford

FELLER, I. (1997) *Technology transfer from universities*, en: *Higher Education: Handbook of Theory and Research*, Ed. Agathon Press, NY.

FERNANDEZ LOPEZ, I (2004) *El desarrollo de patentes en las universidades públicas españolas*, Work Paper, Programa de Promoción General de Investigación, Universidad de Santiago de Compostela, España

FOLTZ, J. (2000) *Universities and Agricultural Biotechnology Patent Production* *Agribusiness* Vol. 16 Ej. 1 Pg. 82-95.

FOLTZ, J. (2001) *A Dynamic Count Data Analysis of University Ag-Biotech Patents* *Food Marketing Policy Center Research* Vol. 56.

- FORAY, D. (2000) *L'économie de la connaissance* Ed. La Découverte. Francia
- FORSMAN, M. y SOLITANDER, N. (2004) *Knowledge Transfer and Industrial Change in the Jewellery Industry - An Ecologies-of-Knowledge Approach*. Proceedings of The Fifth European Conference on Organisational Knowledge, Learning and Capabilities. Innsbruck, Session E-2.
- FOSTER, R. (1986) *Innovation: the attackers advantage*, Ed. Macmillan, Londres.
- FOSTER, R. (1987). *Innovación: la Estrategia del Triunfo*. Folio, Barcelona.
- FRANCIS, P. (1977) *Principles of R&D management*, Ed. AMACOM, Nueva York.
- FREEMAN, C. (1975) *La teoría económica de la innovación industrial*, Ed. Alianza Universidad, Madrid, España
- FREEMAN, C. (1987) *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan* Ed. Pinter, London
- FREEMAN, C. y SOETE, L. (1994) *Teoría económica del desempleo*, en : *Cambio tecnológico y empleo*, cap. 2. Ed. Fundación Universidad-Empresa y BT Telecomunicaciones, Madrid
- FREEMAN, C. y SOETE, L. (1999). *The Economics of Industrial Innovation*". Ed, MIT Press, Cambridge, MA.
- FUKUYAMA, F (1996). *Confianza, las virtudes sociales y la capacidad para generar prosperidad*. Editorial Atlántida. Buenos Aires.
- FURTADO, C (1979). *"El desarrollo económico. Un mito"*. Siglo Veintiuno editores S.A. México.
- FURTADO, C (1987). *"Breve introducción al desarrollo. Un enfoque interdisciplinario"*. Fondo de Cultura Económica, México.
- GALINDO, M y MALGESINI, G (1994). *"Crecimiento Económico. Principales teorías desde Keynes"*. Ed. McGraw Hill. España.
- GEORGESCU-ROEGEN, N (1971) *The Entropy Law and the Economic Process*, Eumed.Net. Versión Digital
- GEST (1986) *Grappes technologiques. les nouvelles stratégies d'entreprise*, Ed. McGraw-Hill, Paris.
- GEUNA, A. (1999) *The Economics of Knowledge Production, Cheltenham and Northampton* Ed. Edward Elgar.
- GEUNA, A. (2004) *The evolution of Contractual Funding at the Université Louis Pasteur-Strasbourg* Work Paper. Eumed.Net, Versión Digital
- GEUNA, A. y NESTA, L. (2003) *University Patenting and its Effects on Academic Research* DRUID Summer 2003 Conference, Copenhagen, Denmark
- GIAMATTI, A. (1982) *The university, industry and co-operative research* Science Vol. 218 Pg. 1278-1280.
- GIBBONS, M. (1994) *The New Production of Knowledge, Cheltenham and Northampton* Ed. Edward Elgar.
- GIBBS, W. W. 1995. *Ciencia del Tercer Mundo. Investigación y Ciencia*, Vol. 231 Pg. 70-79.
- GIDDENS, A (1999) *La tercera vía* Ed. Planeta, Bogotá, Colombia.
- GLUCK, M. (1987) *University-industry relationships in the life sciences: implications for students and post-doctoral Bellows*. Research policy Vol. 16 Pg. 327-336.
- GOLDSMITH, R. (1969) *Financial structure and developmen*. Ed. Yale University Press. CA
- GÓMEZ ESPELOSÍN, G (1998) *Introducción a la Grecia Antigua*. Ed. Gredos. Madrid
- GÓMEZ PALLETE, F. (1995): *La evolución de las organizaciones*, Ed. Noesis, Madrid.
- GÓMEZ PALLETE, F.(1993): *Estrategia empresarial ante el caos*, Ed. Rialp, Madrid.
- GONZÁLEZ, J (2004) *Lo público, lo estatal y lo privado* Ed. Facultad de Ciencias Humanas Universidad Nacional de Bogotá, Colombia.

- GOULD, D y RUFFIN, R (1993) *What determines economic growth?* Economic Review. Vol. 2 Ej. 4
- GRANOVETTER, M. (1985). *Economic action and social structure: The problem of embeddedness.* American Journal of Sociology Vol. 91 Pg. 481-540.
- GRILICHES, Z. (1958) *Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations.* Journal of Political Economy Vol. 56 Pg. 419-431.
- GRILICHES, Z. (1968) *Research expenditures, education and the aggregate agricultural production function* American Economic Review Vol. 54 No. 6 Pg. 961-974.
- GRILICHES, Z. (1984) *Who does R&D and who patents?* en R&D, Patents and Productivity. Ed. University of Chicago Press, London
- GRILICHES, Z. (1990) *Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey* Journal of Economic Literature Ej. XXVIII Pg. 661-707.
- GRIVEL, L (1995) *Thematic Mapping on Bibliographic Databases by Cluster Analysis: A Description of the SDOC Environment with SOLIS*, Knowledge Organization, Vol. 22, No. 2, Pg.. 70-77
- GROSSMAN, G and HELPMAN, E (1991) *Innovation and growth in the global economy* Ed. MIT Press, Cambridge, MA
- GUEDEZ, V. (2004) *Retos éticos de nuestro tiempo.* Ed. Alianza Social; Mexico
- HALL, B.y ZIEDONIS, A. (2001) *The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the U.S. semiconductor industry, 1979-1995* RAND Journal of Economics Vol. 32 Ej 1 Pg. 101-128.
- HAMEL, G. (1998). *Strategy Innovation and the Quest for Value.* Sloan Management Review. Vol. 7 Pg. 48-51
- HAMEL, G. y PRAHALAD, C.K. (1989). *Strategic Intent.* Harvard Business Review, Vol. 4
- HAMEL, G. y PRAHALAD, C.K. (1991). *La Organización por Unidades Estratégicas de Negocio ya no Sirve.* Harvard Deusto Business Review, Vol. 1.
- HAMEL, G.y PRAHALAD, C.K. (1994). *Competing for the Future.* Harvard Business School Press, Boston.
- HAMMER, M. y CHAMPY,J (1994) *Reingeniería*, Ed. Castellana, Norma, Bogotá.
- HAMMONDS, K. (2001). *Estrategia, El Lugar que le Corresponde. Entrevista a M. PORTER.* Revista Trend Management, Vol. 3 N° 4.
- HANDY, C. (1998). *Amanece que no es Poco. Entrevista.* Revista Trend Management, Vol. 1 N° 1.
- HAQ, M. (1995) *Reflections on Human Development* Ed.Oxford University Press. NY.
- HAUSMAN, J. (1984) *Econometric models for count data with an application to the patents-R&D relationship* Econometrica Vol. 52 Ej 4 Pg. 909-938
- HAX, A.y MAJLUF, N. (1993). *Gestión de Empresa con una Visión Estratégica.* Ed.Dolmen, Santiago de Chile.
- HAYEK, F. (1945) *The use of knowledge in the society*, American Economic Review Vol. 35 Pg. 519-530.
- HAYEK, F. (1976) *Derecho, legislación y libertad. El orden político de una sociedad libre?* Vol. III. Ed. Unión S.A. España.
- HENDERSON, R. y CLARK,K. (1990) *Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms* Administrative Science Quarterly, Vol. 35, Pg 9-30.
- HIRSCHMAN, A (1958). *The strategy of economic developmen.* Eumed.Net. Versión Digital

- HISSONG, R (1996). *Las teorías y las prácticas de desarrollo desde la perspectiva de la modernidad*. Cuadernos ocasionales No. 10. Centro interdisciplinario de estudios regionales CIDER. Universidad de los Andes. Bogotá.
- HODGSON, G (2002) El enfoque de la economía institucional Revista de Comercio Exterior de México, Vol. 53, Nº 10
- HUERTA DE SOTO, J (2000) *La Escuela Austríaca. Mercado y creatividad empresarial. Historia del pensamiento histórico*. Ed. Síntesis. Madrid, España.
- INDEC (2001) *Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas entre 1998 – 2001*
- INPI (2002) *Directrices de Examen en la Administración Nacional de Patentes*
- INPI (2003) *Solicitudes de Patentes de Invención y Modelos de Utilidad*(Resumen)
- JAFFE, A. (1989) *Real effects of academic research* American Economic Review Vol. 79 Ej. 5 Pg. 957-70.
- JIMENEZ BONILLA, F. (1995) *Estudio de la tecnología del groupware desde el punto de vista de su impacto organizativo y humano*. Work Paper, E.T.S. Ing.. de Telecomunicación, Madrid.
- KAHN, R. F. (1972). *Selected essays on employment and growth* Ed. Cambridge University Press.
- KALECKI, Michael (1962). *Observations on the Theory of Growth*. Eumed.NET. Versión Digital
- KAMIEN, M y SCHWARTZ,N. (1982) *Market Structure and Innovation*. Cambridge University Press. Cambridge
- KANTROW, A. (1980) *The strategy technology connection* Harvard Business Review, Julio/Agosto Pg. 13-21.
- KATTERINGHAM, J.y WHITE, J. (1984) *Making technology work for business*, en : *Competitive Strategic Management*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- KEEN, P. (1991): *Shaping the future*, Harvard Business School Press, Boston, (MA).
- KENNY, M. (1986) *Biotechnology: The University Industrial Complex*, Ed. Yale University Press.
- KENNY, M. (1987) *The ethical dilemmas of university-industry collaborations*. Journal of Business Ethics Vol.6 Pg. 127-135.
- KEYNES, J (1936) *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero* Eumed:net. Versión Digital.
- KLINE,S. y ROSENBERG,N. (1986) *An overview of innovation en: The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth*. Ed. National Academy Press, Washington
- KNORR-CETINA, K. (1982) *Scientific communities or transepistemic arenas of research? A critic of quasi economic models of science*SSS Vol. 12 Pg. 101-130.
- KOUMPIS, K. y PAVITT,K. (1999) *Corporate Activities in Speech Recognition and Natural Language: Another "New-Science"-Based Technology* International Journal of Innovation Management Vol. 3 Ej. 3 Pg. 335-366.
- KUHN, T. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*, University Chicago Press: Chicago.
- LANDRETH, H. y COLANDER, D (1994) *Historia del pensamiento económico*Ed. Continental, . México.
- LANFORD, H. (1972) *Technological forecasting methodologies: a syntesis*, Ed. AMACOM, NY.
- LATOUR, B. y WOOLGAR,S. (1979) *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts* Ed.Sage, Los Angeles.
- LAWSON, C. (1997), *Territorial Clustering and High-Technology Innovation: Industrial Districts to Innovative Milleux* WP 54, ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge, UK.

- LAZERSON, M. y LORENZONI, G. (1999) *The firms that feed industrial districts: A return to the Italian source* Industrial and Corporate Change, Volume 8, Number 2, pp. 235-266
- LEBORGNE, D y LIPIETZ, A (1988). "New Technologies, New Modes of Regulation: Some Spatial. Implications", *Society & Space*, vol. 6 No.3.
- LEE, Y. (1996) *Technology transfer and the research university: a search for the boundaries of university-industry collaboration* Research Policy Vol. 25 Pg. 843-863.
- LEÓN, G. y YELMO, J (1994).: *Perspectivas y modelos del proceso de transferencia/adopción de tecnologías* Sw. Revista de Informática y Automática, Vol. 27 No 1 Pg. 40-52
- LEVIN, R (1987) *Appropriating the returns from industrial research and development* Brookings Papers on Economic Activity, N° 3, Pg 783-820.
- LEVIN, R.C. (1987). *Appropriating the Returns from Industrial Research and Development*. Booking Papers on Economic Activities, N°3.
- LIPIETZ, A y BENKO, G (1989) *Las regiones que ganan* Ed. Alfonso Magnanimo, Madrid España.
- LOTKA, A. J. (1926) *The frequency distribution of scientific productivity* Journal of the Washington Academy of Sciences Vol. 16 Pg. 317-323
- LUNDVALL, B. (1988) *Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation* Ed. Pinter Publishers, London
- LUNDVALL, B. (1992) *National systems of innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* Ed. Pinter Publishers, London
- MAHDI, S. y PAVITT, K. (1997) *Key National Factors in the Emergence of Computational Chemistry Firms* International Journal of Innovation Management Vol. 1 Ej. 4 Pg. 355-386
- MAIDIQUE, M. y ZIRGUER, B. (1985) *The new product learning cycle* Research Policy, Vol. 14, Pg 299-313.
- MALERBA, F. y ORSENIGO, L. (1990) *Technological Regimes and Patterns of Innovation: A theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case. Evolving Technology and Market Structure*. Ed. Michigan University Press, Ann Arbor.
- MALERBA, F. y ORSENIGO, L.(1995) *"Schumpeterian Patterns of Innovation"*. Cambridge Journal of Economics, N° 19, Pg. 47-65.
- MALERBA, F. y ORSENIGO, L.(1996) *Schumpeterian Patterns of Innovation are Technology-Specific* Research Policy, N° 25 Pg. 451-478.
- MALMBERG, A (2000) *Agglomeration and firm performance: Economies of scale, localisation and urbanisation among Swedish export firms*. Environment and Planning Vol. 32 Pg. 305-321.
- MALMBERG, A (1996) *Spatial clustering, local accumulation of knowledge and firm competitiveness*. Geografiska Annaler Vol. 78B Pg. 85-97.
- MALMBERG, A y MASKELL, P. (1997) *Towards and explanation of regional specialization and industry agglomeration*. European Planning Studies Vol. 5 Pg. 25-41.
- MALMBERG, A. (1996) *Industrial geography. Agglomerations and local milieu*. Progress in Human Geography Vol. 20 Pg. 392-403.
- MALMBERG, A. (1997) *Industrial Geography: location and learning*. Progress in Human Geography Vol. 21 Pg. 573-582.
- MALTHUS, T. (1798) *Ensayo Sobre El Principio de La Poblacion*. Eumed.Net. Versión Digital
- MANSFIELD, E. (1968) *Industrial Research and Technological Innovation. An Econometric Analysis* Ed. Norton, New York
- MANSFIELD, E. (1971) *Research and Innovation in the Modern Corporation*. Ed. Norton, New York
- MANSFIELD, E. (1991) *Academic research and industrial innovation*. Research policy Vol. 20 Pg.1-12.

- MANSFIELD, E. (1992) *Academic research and industrial innovation: a further note*. Research policy Vol. 21 Pg. 773-776.
- MANSFIELD, E. (1998) *Academic research and industrial innovation: An update of empirical findings*. Research Policy Vol. 25 Ej. 3 Pg. 773-76.
- MARCA, D. y BOCK, G (1992): *Groupware: software for computer supported cooperative work*, Ed. IEEE. Ed. Computer Society Press, CA.
- MARKIDES, C. (2000). *All The Right Moves*. Ed. Harvard Business School Press, Boston.
- MASKELL, P. (1998) *Successful low-tech industries in high-cost environments: The case of the Danish furniture industry*. European Urban and Regional Studies Vol, 5 Pg. 99-118.
- MASKELL, P. (2000) *Social capital and competitiveness*. Cap. 6 en: *Social Capital. Critical Perspectives*. Ed. Oxford University Press. Oxford.
- MASKELL, P. (2001a) *Regional Policies: Promoting Competitiveness in the Wake of Globalisation* en: *Promoting Local Growth: Process, Practice and Policy*. Ed. Ashgate. London
- MASKELL, P. (2001b) *Towards a learning-based theory of the cluster*. Industrial and Corporate Change. Ed. Oxford University Press. Oxford.
- MASKELL, P. (1998) *Competitiveness, localised learning and regional development. Specialisation and prosperity in small open economies*. Ed. Routledge, London.
- MASKELL, P. y MALMBERG, A. (1999). *The Competitiveness of Firms and Regions: 'Ubiquitification' and the importance of Localised Learning*. European Urban and Regional Studies Vol. 6 Nº 1 Pg. 9-26
- MASKELL, P. y TORNUQUIST, G. (1999). *Building a Cross-Border Learning Region. The Emergence of the Northern European resund Region*. Ed. Copenhagen Business School Press. Copenhagen.
- MAX-NEEF, M. (1994). *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Ed. Icaria/Nordan, Barcelona, España
- MC EVILY, B. (1998). *Does trust matter? Exploring the effects of interorganisational and interpersonal trust on performance*. Organization Science, Vol. 9, Nº. 2, Pg. 141-159.
- MCEVILY, B. y ZAHEER, A. (1999). *Bridging ties: A source of firm heterogeneity in competitive capabilities*. Strategic Management Journal, Vol. 20 Nº 12 Pg. 1133.
- MCKINNON, R. (1973). *Money and capital in economic development*. Ed. Brookings Institution, NY
- MÉLESE, J. (1979). *Approches systémiques des organisations*, Ed. Hommes et Techniques, Suresnes.
- MÉNDEZ, R. Y CARAVACA, I. (1996). *Organización industrial y territorio*. Ed. Síntesis S.A. Madrid. España.
- MENDEZ, R. (1999). *Geografía económica. La lógica espacial del capitalismo global*. Eumed.Net. Versión Digital
- MERTON, R (1938). *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England, Burges* Sainte Catherine Press. Ed. Routledge, London.
- MERTON, R (1942). *Science and technology in a democratic order*. Journal of Legal and Political Sociology Vol 1 Pg. 115-126.
- MERTON, R (1968). *The Matthew effect in science*. Science Vol. 159 Pg 56-63.
- MERTON, R (1973). *The normative structure of science*, en: N. W. Storer (ed.): *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- MERTON, R. K. (1942). *Science and technology in a democratic order*. Journal of Legal and Political Sociology Vol. 1 Pg. 115-126
- MEYER, M. (2000a). *Does science push technology? Patents citing scientific literature*. Research Policy Vol. 29 Ej. 3 Pg. 409-434.

- MEYER, M. (2000b). *Análisis de las citas de patentes como herramienta de planificación política*. IPTS Report Vol. 49 Pg. 5-18.
- MEYER-KRAHMER, F. y SCHMOCH, U. (1998). *Science-based technologies: university/industry interactions in four fields*. Research Policy Vol. 27 N° 8 Pg. 835-51.
- MILL, J. (1808). *Commerce Defended*. Eumed.Net. Versión Digital
- MILLS, C. (1958). *The Power Elite*. Ed. Oxford University Press
- MINTZBERG, H.; WATERS, J. A. (1978). *Patterns in Strategy Formation*. Management Science, Vol. 24. Pg. 748-750
- MITCHELL, J.C. (1969) *The Concept and Use of Social Networks* Ed. Bobbs-Merrill, NY
- MOLAS-GALLART, J. (2002). *Measuring Third Stream Activities. Final Report to the Russell Group to the Russell Group of Universities*, SPRU, University of Sussex. MA
- MORCILLO, P. (1997). *La Dirección Estratégica de la Tecnología e Innovación*. Ed. Civitas. Madrid.
- MORIN, J. (1985) *L'excelence technologique*, Ed. Pub. Union, París.
- MOWERY, D (2001). *The growth of patenting and licensing by U.S. universities: an assessment of the effects of the Bayh-Dole Act of 1980*. Research Policy Vol. 30 Pg 99-119.
- MOWERY, D y SAMPAT, B (2001). *Patenting and Licensing University Inventions: Lessons from the History of the Research Corporation*. Industrial and Corporate Change Vol. 10 Ej2 Pg 317-355.
- MOWERY, D y SAMPAT, B (2003). *The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments?* hbs.edu. Versión Digital
- MOWERY, D y ZIEDONIS, A (2002). *Academic patent quality before and after the Bayh-Dole act in the United States*. Research Policy Vol 31 Pg 399-418.
- MOWERY, D. (2002). *Academic patent quality before and after the Bayh-Dole act in the United States*. Research Policy 31: 399-418
- MYERS, D (1969) *Successful industrial innovations*. National Science Foundation Vol. II Ej, 1
- NALEBUFF, B. J. y BRANDENBURGER, A.N. (1996). *Co-opetition*. Ed. Currency Books, Doubleday, New York.
- NARIN, F. (1997). *The increasing linkage between U.S. technology and public science*. Research Policy Vol. 26 Ej. 3 Pg. 317-30.
- NARIN, F. y NOMA, E. (1985). *Is technology becoming science?*. Scientometrics Vol. 7 Ej 3 Pg. 369-381.
- NARIN, F. y OLIVASTRO, D. (1988). *Technology indicators based on patents and patents citations* en: *The Handbook of Quantitative Studies of Science*. Ed. Elsevier, Amsterdam.
- NARIN, F. y OLIVASTRO, D. (1992). *Status Report: Linkage Between Technology and Science*. Research Policy Vol. 21 Pg. 197-206.
- NELSON, R. (1959). *The simple economics of basic scientific research* Journal of Political Economy Vol. 67 Pg. 297-306.
- NELSON, R. (1986). *R&D, Innovation and Public Policy*. American Economic Review Vol. 76 Pg. 186-189.
- NELSON, R. (1988). *Institutions Supporting Technical Change in the United States*, en: *Technical Change and Economic Theory*. Ed. Pinter, London.
- NELSON, R. (2000). *Knowledge and Innovation Systems* OECD.Paris.
- NELSON, R. (2001). *Observations on the Post-Bayh-Dole Rise in University Patenting*, Journal of Technology Transfer Vol. 26 Ej. 2 Pg. 13-19.
- NELSON, R. y WINTER, S (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Ed. Harvard University Press, Cambridge.

- NONAKA, I. y TAKEUCHI, H. (1995). *The knowledge-creating company*, Ed. Oxford University Press, Nueva York.
- NURKSE, R (1965). *La magnitud del mercado y el estímulo a la inversión*. Fondo de Cultura Económica. Vol. 1 Pg. 13 – 40.
- OCDE (1971). *Conditions du succès de l'innovation technologique*, Paris: OCDE.
- OCDE (1990). *University-Enterprises Relations in OECD Member Countries*, Paris: OCDE.
- OCDE (1996). *The Knowledge-Based Economy*, Paris: OCDE.
- OCDE (1997). *Medición de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica: Manual Oslo*
- OCDE (2000a). *Knowledge Management in the Learning Society*, Paris: OCDE.
- OCDE (2000b). *University Research in Transition*, Paris: OCDE.
- OCDE (2002). *Frascati Manual*, Paris: OCDE.
- OCEGUEDA, J. M. (2003). *Análisis Kaldoriano del crecimiento económico de los Estados de México, 1980 – 2000*. Revista de Comercio Exterior. Vol. 53, Nº 11, Noviembre.
- OECD (1997). *National Innovation Systems*. Paris.
- OECD (1996). *The Knowledge-based economy*. Paris.
- OECD (1997). *University Research in Transition*. Paris.
- ORLIKOWSKI, W y GASH, D (1994). *Technological frames: making sense of information technology in organizations*, ACM Transactions on Information Systems, Vol. 12 Nº 2 Pg. 174-207.
- OSORIO, A. R. (2002). *Políticas territoriales en el surgimiento y localización de firmas en la década de los noventa*. Universidad Eafit, Medellín.
- OTA (1995). *Innovation and Commercialisation of Emerging Technology*, Office of Technology Assessment, US Government Printing Office, Washington, DC.
- PATEL, P. y PAVITT, K. (1995). *Patterns of technological activity*, en: *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*, Ed. Blackwell. Oxford.
- PAVITT, K. (1984). *Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory*. Research Policy Vol.13 Pg. 343-373.
- PAVITT, K. (2000). *Why European Union Funding of Academic Research Should Be Increased: A Radical Proposal*. Science and Public Policy Vol. 27 Ej. 6 Pg. 455-460.
- PAYNE, A. y SLOW, A. (1999). *Does Federal Research Funding Increase University Research Output?* IGPA Working Paper .
- PEREZ LINDO, A (1982). *Gestión del Conocimiento*. Ed. Kapeluz, Buenos Aires.
- PEREZ LINDO, A (1992). *Creatividad, Actitud y Educación* Ed. Biblios, Buenos Aires.
- PEREZ LINDO, A (2000). *Ciencia, Educación y Desarrollo, El Paradigma Argentino* Ed. Eudeba, Buenos Aires.
- PEREZ LINDO, A (2001). *Documento de trabajo de la Comisión Nacional para el mejoramiento de la Educación Superior*, Ministerio de Educación.
- PEREZ LINDO, A. (2005). *Políticas de Investigación en las Universidades de Argentina*, IESALC – UNESCO.
- PETERSON, W (1967). *Return to poultry research in the United States*. Journal of Farm Economics Vol 49 Pg. 656-669.
- PICCALUGA, A. (2001). *La valorizzazione della ricerca scientifica*. Ed. Franco Angeli, Milan.
- PIZANO, D. (1980). *Algunos creadores del pensamiento económico contemporáneo*. Fondo de Cultura Económica, México.
- PLATÓN *Philebo*. Diálogos. Obra completa en 9 volúmenes. Ed. Gredos. Madrid:

- PNUD, A (1995). *Informe sobre Desarrollo Humano 1995*. Ed. Harla S.A. México.
- POLANCO, X (1995). *How to Do Things with Terms in Informetrics: Terminological Variation and Stabilization as Science Watch Indicators*, Proceeding of the Fifth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics, Koenig and A. Bookstein. Medford, N.J., Learned Information Inc., 1995, p. 436-444.
- POLANYI, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*, Ed. Routledge & Kegan Paul, London
- PÓLESE, M. (1998). *Economía Urbana y Regional*. Ed. LUR. Cartago, Costa Rica.
- PORTER, M. (1980). *Competitive Strategy*. Ed. Free Press, New York.
- PORTER, M. (1983). *The technological dimension of competitive strategy* Ed. Irwin, Homewood, Illinois
- PORTER, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. Ed. Macmillan. London
- PORTER, M. (1994). *The role of location in competition*. Journal of the Economics of Business Vol. 1 Pg. 35-39.
- PORTER, M. (1996). *What is Strategy?* Harvard Business Review, Vol. 11
- PORTER, M. (1998). *Clusters and the new economics of competition*. Harvard Business Review, Vol. 12 Pg. 77-90
- PORTER, M. (1998). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Ed. Free Press, New York.
- PORTER, M. (2000). *Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy*. Economic Development Quarterly Vol. 14 Pg. 15-34.
- POUDER, R. y ST. JOHN, C. H. (1996). *Hot spots and blind spots: Geographical clusters of firms and innovation*. *Academy of Management Review* Vol. 21 N° 4 Pg. 1192.
- RAPPERT, B. (1999) *Making sense of diversity and reluctance: academic-industrial relations and intellectual property* Research Policy Vol. 28 Pg. 873-890.
- RAZETO, L. (2000). *Desarrollo, transformación y perfeccionamiento de la economía en el tiempo*. Universidad Bolivariana, Santiago de Chile.
- REBELO, S. (1991). *Long – Run Policy Analysis and Long – Run Growth*. The Journal of Political Economy. Vol. 99, No. 3, Pg. 500 – 521.
- RIBOUD, A. (1987). *Modernisation, mode d'emploi*, Union Générale d'Éditions, Paris.
- RICARDO, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation* , Eumed.Net. Versión Digita
- RICYT (2001) *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y Caribe: MANUAL DE BOGOTÁ*, RICY
- RICYT (2006) *Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y RICYT*
- ROBERTS, E. y BERRY, C. (1985) *Entering New Businesses: Selecting Strategies for Success* Sloan Management Review, Vol 26, N° 3 Pg. 3-17.
- ROBINSON, J (1973). *Ensayos sobre la teoría del crecimiento económico*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.
- RODRIGUEZ, H (2003) *Análisis de la Balanza de pagos tecnológica Argentina*. SECYT
- RODRÍGUEZ, Ó (2001). *Economía institucional y corriente principal y heterodoxia*. Economía institucional. Revista de la facultad de economía. No. 4, Bogotá, Colombia.
- ROGERS, E. (2000) *Assessing the Effectiveness of Technology Transfer Offices at US Research Universities* Journal of the Association of University Technology Managers Vol. 12 Pg. 47-80.

- ROSENBERG, N. (1982) *Inside the black box. Technology and economics*, Cambridge University Press, Cambridge
- ROSENBERG, N. (1994) *Incertidumbre y cambio tecnológico* Revista de Historia Industrial, Vol 6 Pg. 11-30
- ROTHWELL, R y ZEGVELD, W (1984) *An Assessment of Government Innovation Policies* Review of Policy Research, Vol: 3, NO: 3-4, Pg: 436-444
- ROTHWELL, R. (1989) *Small Firms, Innovation and Industrial Change*, Small Business Economics, Vol 1, 51-64.
- ROTHWELL, R. y DOGSON, M. (1994) *Innovation and Size of Firm* en: *The Handbook of Industrial Innovation*, Aldershot: Edward Elgar Publishing Limited, Pg. 310-324.
- ROTHWELL, R. (1994) *Towards the Fifth-generation Innovation Process* . International Marketing Review Vol. 11 Nº 1 Pg. 7 - 31
- ROUSSEL, P. (1991) *Third generation R&D: managing the link to corporate strategy*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.
- SÁBATO, J. A. y BOTANA, N. (1968) *La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina*, Revista de la Integración, INTAL, Buenos Aires, Vol 1, Nº 3, Pg. 15-36.
- SÁBATO, J. A.(1975), *El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*, Ed. Piados, Serie Mayor Política y Sociedad, Buenos Aires.
- SÁBATO, J. (1971) *Ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia* Anales de la Conferencia en la Universidad Nacional de Tucumán. San Miguel de Tucumán
- SÁEZ VACAS F. (1988-89). *Apuntes sobre la percepción social de la informática*, Telos, Vol. 16, Pg. 13-19.
- SÁEZ VACAS, F. (1983): *Facing informatics via three level complexity views*, Proceedings of 10th. Int. Congr. on Cybernetics, Symposium XII, Namur.
- SÁEZ VACAS, F. (1990). *Ofimática compleja*, Ed. Fundesco, Madrid.
- SÁEZ VACAS, F. (1992). *Complejidad y tecnología de la información*, Inst. Tecn. Bull, Madrid; reimpr. 1994, E.T.S.Ing. Telecom., Madrid.
- SÁEZ VACAS, F. (1994). *Groupware: Promesas, "estado del arte" tecnológico, experiencias e impacto organizativo*, CITEC '94, Madrid.
- SÁEZ VACAS, F. (1994): *Biotiempos*, en: *El hombre y la técnica*, Ed. América Ibérica, Madrid.
- SAHAL, D. (1985) *Technology Guide-Posts and Innovation Avenues* Research Policy, nº 14, Pg. 61-82
- SALTER, A. y MARTIN, B. (2001) *The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review* Research Policy Vol. 30 Pg. 509-532.
- SAMPEDRO, J.L. (1967). *Las fuerzas económicas de nuestro tiempo*, Ed. Guadarrama, Madrid.
- SANZ MENENDEZ, L. y ARIAS, E. (1998). *Concentración y especialización regional de las capacidades tecnológicas: Un análisis a través de las patentes europeas* Economía Industrial Vol. 324 Pg 105-122.
- SAY, J. B. (1826). *Manual Práctico de Economía Política*. Eumed.net. Versión digital
- SCHARTINGER, D. (2002) *Knowledge interactions between universities and industry in Austria: sectoral patterns and determinants* Research Policy Vol. 31 Pg. 303-328.
- SCHOCKLEY, W. (1957) *On the statistics of individual variations of productivity in research laboratories* Proceedings of IRE Nº 45 Pg. 279-290.
- SCHUMACHER, D. (1992) *Get Funded! A Practical Guide for Scholars Seeking Support from Business*. Ed. Sage, CA
- SCHUMPETER, J. (1912). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig, Dunker & Humboldt.

SCHUMPETER, J. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harpers & Brothers, New York.

SCHUMPETER, J. A. (1934). *"Teoría del desenvolvimiento económico. Una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico"*. Fondo de Cultura Económica. México.

SCOTT, A. (2002) *The Economic Returns to Basic Research and the Benefits of University-Industry Relationships: A literature review and update of findings*, SPRU: Report for the Office of Science and Technology.

SECYT (2000) *Indicadores de Ciencia y Tecnología*

SECYT (2000) *Formación de Recursos Humanos 1998-2000*

SECYT (2001) *Indicadores de Ciencia y Tecnología*

SECYT (2001) *Opiniones acerca del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y la inversión pública en ciencia y tecnología*

SECYT (2002) *Indicadores de Ciencia y Tecnología*

SECYT (2003) *Indicadores de Ciencia y Tecnología*

SECYT (2004) *Plan Estratégico Nacional de Mediano Plazo en Ciencia, Tecnología e Innovación, Primer informe de avance*.

SEN, Amartya K. (1990). *Development as Capability Expansion*, Griffin y Knight 1990. Pg. 41-58.

SENGE, P. (1992). *The fifth discipline: the art and practice of the learning organization*, Ed. Century Business, Londres.

SHAW, E. (1973). *Financial Deepening in Economic Development*. Oxford University Press.

SMITH, A. (1776). *Investigación sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones*. Eumed.Net. Versión Digital

SOLIMANO, A. (1998). *Crecimiento, justicia distributiva y política social*. Revista de la Cepal, No. 65

SOLOW, R. (1956). *A Contribution to the Theory of Growth*. Quarterly Journal of Economics.

SOUDER, W. (1973) *Utility and Perceived Acceptability of R&D Project Selection Models* Management Science Vol. 19, Pg. 1384-1394.

SPIEGEL, H. W. *El desarrollo del pensamiento económico*. Eumed.Net. Versión Digital

STEINMUELLER, E. (1994). *Basic Research and Industrial Innovation en: The Handbook of Industrial Innovation*. Ed. Edward Elgar, Cheltenham.

STORPER, M. (1993) *Regional worlds of production: Learning and innovation in the technology districts of France, Italy and the USA*. Regional Studies Vol. 27 Pg.433-455.

STORPER, M. (1995) *The resurgence of regional economies, ten years later: the region as a nexus of untraded interdependencies*. European Urban and Regional Studies Vol. 3 Pg. 191-221.

STORPER, M. (1997). *The Regional World*. Ed. Guilford. New York.

STREETEN, P. (1995). *Desarrollo humano: el debate sobre el índice*. En *Revista Internacional de Ciencias Sociales*; No. 1 Pg. 35 – 47.

SUTCLIFFE, B. (1993). *Desarrollo Humano: una valoración crítica del concepto y del índice*. Bilbao: Hegoa, cuadernos de trabajo n1 11, junio.

SWEDBERG, R. y GRANOVETTER, M. (1994). *La sociologie économique. Les propositions fondamentales de la sociologie économique*. Revista del MAUSS, París.

TALLMAN, J (1996) *Effects of International Diversity and Product Diversity on the Performance of Multinational Firms*. The Academy of Management Journal, Vol. 39, No. 1

TEECE, D. (1987) *Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy* en: *The competitive challenge. Strategies for industrial innovation and renewal*, Ed. Harper & Row, NY.

THURBY, J. y KEMP, S. (2002) *Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing* Research Policy Vol. 1 Nº 31 Pg. 109-124

TIRADO, R. (2003). *La nueva teoría del crecimiento y los países menos desarrollados*. Comercio Exterior de México, Vol. 53, No 10.

TOBIN, James (1964). *Economic Growth as an Objective of Government Policy*. American Economic Review, vol. 54.

TOFFLER, Alvin (1994) *Power Shift*, Bantan Books, NY

TUSHMAN, M. y O'REILLY III, C. (1997) *Winning through innovation*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.

UTTERBACK, J. (1994) *Mastering the dynamics of innovation*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.

VANDENDORPE, L. (1997) *Basic Research White Paper* Special publication of R&D Magazine.

VANNEVAR BUSH (1945) *Science, the Endless Frontier: A Report to the President, Washington, D.C.* National Science Foundation.

VEBLEN, T. (1918) *The Higher Learning in America. A Memorandum on the Conduct of Universities*. Business Men. Ed. Routledge/Thoemmes Press, London

VON HIPPEL, E. (1988) *The sources of innovation*, Oxford University Press, Nueva York

WALLMARK, J. (1998) *Innovations and patents at universities: the case of Chalmers University of Technology*, Technovation Vol. 17 Nº 3 Pg. 127-39.

WEITZMAN, M. (1996). *Hybridizing Growth Theory* en: American Economic Review. Vol. 86, No. 2.

WINTER, S. (1984) *Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes*. Journal of Economic Behaviour and Organisation, nº 5. Pgs. 287-320

WINTER, S. (1987) *Knowledge and competence as strategic assets*, en: *The competitive challenge. Strategies for industrial innovation and renewal*, Ed. Harper&Row, NY.

ZAHRA, S. y COVIN, J. (1995) *Contextual Influence on the Corporate Entrepreneurship-Performance Relationship*. Journal of Business Venturing. Vol. 10 Pg. 43-58

ZANDER, U. y KOGUT, B. (1995) *Knowledge and the speed of transfer and imitation of organizational capabilities: an empirical test* Organizational Science, Vol. 6, Nº 1, Pg. 76-92.

ZIMAN, J (2000) *Real Science: What it Is, and what it Means*. Ed. Cambridge University Press, MA

ZUCKER, L. y DARBY, M. (1996) *Costly information: firm transformation, exit, or persistent failure* American Behavioral Scientist Nº 39 Pg. 959-974.

ZUCKER, L. y DARBY, M. (1997a) *Present at the biotechnological revolution: transformation of technological identity for a large incumbent pharmaceutical firm* Research Policy Nº 26 Pgs. 429-446.

ZUCKER, L. y DARBY, M. (1997b) *Individual action and the demand for institutions* American Behavioral Scientist Nº 40 Pg. 502-513.