

1. MARCO TEÓRICO

Por si sola, ninguna teoría es suficiente para explicar la realidad y mucho menos cuando esta se refiere a un objeto en movimiento, cambiante y extremadamente específico como lo es la innovación tecnológica.

En la teoría económica existen estudios respecto al papel de la tecnología en la producción desde aquellos realizados por autores clásicos como Smith y Ricardo, sin embargo, el papel de la tecnología en esos trabajos tuvo sólo un carácter residual. Marx actuó de otra forma, pues atribuyó una parte relevante de la explicación del sistema capitalista al cambio tecnológico. Esto destaca en sus análisis sobre la competencia, la tasa de ganancia y el cambio tecnológico; la acumulación de capital y la modificación de los procesos productivos y; el papel del progreso técnico en la crisis.

Conforme la teoría económica evolucionó, se fueron incrementando la cantidad de preguntas y respuestas en torno a la tecnología y específicamente a la innovación; esto resulta lógico pues cada cuerpo teórico de acuerdo a sus intereses y metodologías de investigación establecía sus puntos de vista.

En esta investigación se ha intentado aprovechar las mejores cualidades de ciertas escuelas y expositores de la ciencia económica para dar un enfoque ecléctico a la base teórica que sustenta el proyecto de investigación cuyo objeto específico es una innovación tecnológica bajo la forma original de un producto: **la aleación Zinalco**.

Se ha preferido utilizar explicaciones: 1) de la escuela neoclásica respecto a los modelos de creación de tecnología nueva y a los determinantes de la innovación, así como del papel del poder de mercado y el tamaño de la firma; 2) De Schumpeter, respecto al papel del "emprendedor"; 3) de la Escuela Evolucionista ya que en ésta el cambio tecnológico y la innovación tienen el rol central en las explicaciones y porque sus estudios parten y se auto validan en trabajos empíricos y; de autores cuyo denominador común es su énfasis en Sistemas Nacionales de Innovación, redes y alianzas estratégicas, e instituciones que interactúan multidisciplinariamente.

En una primera aproximación al objeto de estudio, se pensó que las anteriores aportaciones teóricas podían contribuir con puntos que aunque aislados no se encuentran separados en el caso del **Zinalco** y que no entran en conflicto.

La profundización en otros enfoques teóricos de la economía podría alejar de la investigación que se quiere presentar, ya sea por que su ámbito excede la particularidad del tema y la adecuación sería forzada (por ejemplo la teoría marxista), o porque sus categorías epistemológicas son tan diferentes que tan siquiera asimilarlas implicaría otro tema de tesis.

No es posible, sin embargo, descartar el uso de todo el conocimiento que se tiene acumulado en la historia del pensamiento económico, nunca se podrá evitar en una ciencia social que el investigador se complemente en un "ir y venir" constante del objeto de estudio a la teoría y viceversa. Y precisamente por lo anterior, no puede cerrarse tampoco la puerta inclusive, a otras disciplinas.

A. LA TECNOLOGÍA EN LOS NEOCLÁSICOS

En forma considerable, hasta los años cincuentas del siglo XX los cambios en la producción eran explicados por cambios en los factores tradicionales: tierra, trabajo y capital; sin embargo, desde esos años a la fecha han crecido las interpretaciones económicas del progreso técnico. Son tantos y tan vigentes los autores que han publicado al respecto que resulta difícil siquiera enunciarlos a todos.

Las principales aportaciones del pensamiento neoclásico a la comprensión de la tecnología se pueden encontrar en dos modelos diferentes: la función de producción y el modelo lineal de cambio tecnológico. En los siguientes apartados se revisan ambas interpretaciones.

i. El modelo de la función de producción

En este modelo se encuentran los puntos de partida que explican el desarrollo tecnológico en el pensamiento neoclásico.

La función de producción mide el volumen máximo de producción que puede obtenerse con una cantidad dada de factores. En el caso en que hay dos factores, se han usado las isocuantas que representan el conjunto de todas las combinaciones posibles de dos factores, que son suficientes para lograr una cantidad dada de producción.

Utilizando la función de producción se han realizado aplicaciones para explicar el desarrollo de economías nacionales como la norteamericana, como las funciones de Abromovitz, Solow, Kendrick, Denison, Kuznetz, etcétera.

Cuando Solow publicó su trabajo en 1957 impactó al análisis económico dando un gran paso en la promoción de trabajos orientados a profundizar los estudios del cambio técnico en la economía. (Vegara, 1989)

Cuando se decide aplicar la función de producción, surgen importantes limitaciones pero su ventaja radica en que se simplifican comportamientos fácilmente aislables, en este modelo:

1. El cambio tecnológico es neutral;
2. Existen rendimientos constantes a escala;
3. Existe independencia entre los factores de la producción y;
4. Se considera el cambio técnico como una variable exógena.

Este modelo considera el impacto de la tecnología como algo residual y en este residuo, el progreso tecnológico se explica como un conjunto de insumos que la función de producción no alcanza a medir. Entre estos factores se cuentan los errores en la medición, en la transformación de dimensiones y en el levantamiento de estadísticas, así como efectos de las economías externas y mayores niveles de educación de la fuerza de trabajo.

El que el modelo haga el supuesto de que en todas las funciones de producción neoclásicas el progreso técnico es neutro implica que las productividades marginales del capital y el

trabajo permanecen constantes¹. Los neoclásicos recurrieron a la neutralidad como una condición para poder construir un modelo matemático, aunque en los estudios de Hicks y Harrod, el progreso técnico fue estudiado también por su papel como ahorrador de trabajo y ahorrador de capital, respectivamente.(Vence, 1995)

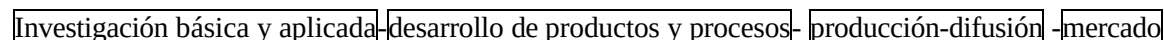
Cuando surge un nuevo método o mejoramiento de los ya existentes esto provoca que la función de producción se desplace hacia arriba y la isocuanta de la producción se desplace hacia el origen, lo cual demuestra que se puede tener el mismo volumen de producción con menos insumos o un volumen de producción mayor con la misma cantidad de insumos.(Varian, 1994)

Desde la perspectiva de la función de producción se considera que la variable tecnológica es exógena y el impacto que tiene el progreso tecnológico desde fuera del modelo es que puede ser intensificador del capital, si incrementa el producto marginal del capital, intensificador de trabajo, si incrementa su producto marginal, o bien, neutro, si permanecen constantes sus productividades marginales.

ii. El modelo lineal de cambio tecnológico (Modelo estandar)

En el modelo lineal de cambio tecnológico se concibe con importancia a la innovación suponiendo que ésta tiene un comportamiento secuencial como una especie de cadena de pasos, donde uno de los extremos es la investigación y desarrollo y el otro es la demanda o mercado (Fig. 1). Concibe una relación de causa efecto y las motivaciones para crear una innovación pueden venir de ambos extremos de la cadena; la secuencia tiene la siguiente forma:

Figura 1



La innovación puede darse como consecuencia de políticas de investigación y desarrollo; surgir como resultado de incrementos en la demanda, o como producto de otro grupo de variables, entre ellas, el tamaño de la firma y la estructura del mercado.

a) La innovación inducida (Tech-push)

En estas teorías, la innovación se concibe como el resultado de un conjunto de estrategias previamente planeadas y cuyo objetivo es lograr la creación de productos y procesos nuevos. Estas estrategias pueden venir de una firma en particular o bien por parte del Estado. Se habla de la innovación inducida cuando se parte de planear la investigación, tanto básica como aplicada. Según esta concepción en este punto es donde tienen mayor contribución las universidades, políticas en ciencia y tecnología, institutos y centros de investigación, así como los laboratorios de las grandes firmas. En este sentido, se ha dado

¹ Esto es una generalidad, aunque hay esfuerzos de otros autores neoclásicos para dar un enfoque más dinámico, sobre todo en estudios sobre la economía de la empresa y la organización industrial.

importancia a la inversión en I+D cuya finalidad es producir conocimientos, sin determinar qué tipo de problemas se deben resolver con los conocimientos creados.

En el pensamiento de John R. Hicks la innovación se origina por la escasez de los factores, o bien, debido al incremento en los costos relativos de éstos; pero dicha innovación sigue un camino muy diferente al desarrollo de la firma. Según este autor, las innovaciones se deben a cambios históricos en los precios relativos de la fuerza de trabajo (salarios) frente a los precios observados en el capital (tasa de interés). Por ello las innovaciones se han encaminado a sustituir fuerza de trabajo, es decir a la adopción de tecnologías intensivas en capital. Un aumento de los precios relativos de un factor cualquiera de la producción haría que se buscara la implantación de técnicas ahorradoras de ese factor. Por tanto, la vinculación estaría en función de la escasez de uno de los factores de la producción (trabajo y capital).

La firma juega un papel preponderante para la vinculación, porque ésta busca nuevas tecnologías en el mercado, con el fin de sustituir un factor de producción o bien para el ahorro de insumos, que al final de cuentas reduzca sus costos.

Este modelo distingue diferentes funciones a cumplir por la innovación: innovación de producto, innovación de proceso, innovación para eliminar dificultades técnicas en manufactura o servicios, innovación para ahorrar recursos e innovación para mejorar las condiciones de trabajo. (Vegara, 1989).

Para introducir nuevas tecnologías en la producción se necesita un cierto aprendizaje previo; es decir, en una determinada región o empresa resulta imposible disponer de tecnologías nuevas si antes no se cuenta con personal educado para ese fin, lo que representa una forma de inducción. Para la existencia de una vinculación, es condición necesaria la existencia de personal preparado en la aplicación de nuevas tecnologías, tanto en la firma como en las dependencias productoras de dicha tecnología, lo cual representa un empuje y es resultado de una inducción.

b) La demanda de innovaciones (Market-pull)

El desarrollo de la tecnología está completamente vinculado al desarrollo de la sociedad. Fuerzas económicas y sociales actúan como variables explicativas de las innovaciones tecnológicas. Autores como Shmoockler la resumen en lo que llaman “la presión de la demanda”, defendiendo la idea de que una demanda externa influye en una tasa de aplicación de nuevos inventos en los procesos de producción.

Shmoockler realizó un estudio de las invenciones en los ferrocarriles, la construcción y la refinación de petróleo desde 1860 a 1950, en sus conclusiones, acerca de la relación entre producción e invención en las industrias examinadas, señala que ambas variables tienden a marchar juntas en el largo, mediano y corto plazos, esto se debe a dos posibles causas: las variaciones en la producción son consecuencia de variaciones en la invención o bien ambas reaccionan juntas debido a los movimientos en otro conjunto de variables.

Encuentra que las olas de invenciones vienen después de períodos de auge en la producción o se empatan o adelantan pero en períodos muy breves, y que en sus estudios no es la invención la que surge antes de la producción (Rosemberg, 1979).

Ambas variables están determinadas por un conjunto de causas, un conjunto de fenómenos socioeconómicos que hacen que estas variables se relacionen muy estrechamente.

Según este autor, la vinculación es más dinámica en los momentos en que la actividad económica presenta un índice de crecimiento más alto, ya que:

1. Los inventos requieren de costos de equipo, personal y trabajo arduo, lo cual es posible sólo en períodos de auge de la economía.
2. Los proyectos deben ser óptimos y además de correcta utilización en los lugares adecuados.
3. Las perspectivas de investigación de un proyecto, son más favorables cuando el producto que se va a desarrollar está experimentando una tendencia industrial ascendente.
4. La relación de la invención con las ventas puede ser no lineal a corto plazo; si aumentan las ventas demasiado en relación con la planta y el personal, los inventores potenciales pueden carecer de recursos y de la presión para innovar. (Rosemberg, 1979)

c) El tamaño de la firma, la estructura del mercado y la innovación tecnológica

Los estudios a este respecto tienen su origen en la ola de estudios sobre la economía de la empresa. En los supuestos originales de los neoclásicos, el mercado se conforma de una multitud de firmas que no pueden modificar individualmente el comportamiento del mercado, sin embargo, estos supuestos era muy difíciles de verificar en la realidad, por lo que comenzaron a surgir una multitud de estudios interesados en firmas diferentes de las del modelo puro. En la teoría neoclásica, la gran corporación no correspondía a una adecuada estructura del mercado, debido a la carencia de una libre competencia y a la fijación de precios desde el punto de vista del monopolio. Sin embargo, Schumpeter, señala que la competencia de las firmas no se da únicamente en lo relativo a la fijación de precios sino que también compiten en otro ámbito como es el desarrollo de nuevos procesos y productos. Este tipo de competencia tiene bases diferentes a la establecida por la fijación de precios en el mercado. Se consideraba que las únicas empresas que contaban con recursos suficientes para dedicarlos a la investigación y desarrollo eran las que obtenían ganancias extraordinarias, lo cual es posible sólo en las grandes firmas. Una estructura de mercado en competencia perfecta sólo resulta adecuada en un mundo poco cambiante, pero en un mundo caracterizado por el dinamismo donde la tendencia es hacia la configuración de mercados oligopólicos, las firmas grandes cuentan con una serie de ventajas sobre las empresas pequeñas, aunado a la posición que les concede ventajas extraordinarias en

cuanto a patentes, registro de marcas y algunas otras derivadas de la legislación. (Vence, 1995)

Por otro lado, la gran firma utiliza su poder de monopolio para mantener durante algún tiempo los mismos procesos y productos, retardando de esta manera la introducción de innovaciones. Este hecho hace mas difícil la difusión de las nuevas tecnologías y, por lo tanto, comprime el crecimiento de un sector científico – tecnológico.

Para Schumpeter, en el capitalismo competitivo, la empresa pequeña que tiene poca presencia en el mercado monetario y no puede pagar departamentos científicos o producción experimental, la innovación en la práctica comercial o técnica resulta algo muy arriesgado y difícil. La innovación es realizada por las empresas nuevas. En cambio, en el capitalismo monopolizado, la innovación ya no se logra de manera exclusiva por este tipo de empresas sino que es capaz de desarrollarse al interior de las grandes unidades existentes, en gran medida en modo independiente de los individuos.

En cuanto al tamaño de la empresa e innovación, Freeman², postula que las pequeñas empresas pueden tener una ventaja comparativa en las primeras etapas del trabajo de invención y en las investigaciones menos costosas pero más radicales, mientras que las grandes empresas tienen ventajas en las últimas etapas y en el escalamiento de una invención, lo cual resulta explicable pues en esas etapas donde mayores recursos son necesarios para concretizar el proceso de innovación, idea que tambien apunta Schmoockler. Esto también se diferencia dependiendo de la industria, en la química resulta costoso; desde la investigación hasta la innovación y explotación de los resultados; en cambio, en la industria mecánica el ingenio puede jugar un importante papel para el logro de las invenciones.

B. LA INDUCCIÓN DEL "EMPREENDEDOR" EN EL PENSAMIENTO DE SCHUMPETER.

Una aportación teórica de gran relevancia para la comprensión del cambio tecnológico y la innovación, y en específico para esta investigación es la de Joseph A. Schumpeter. Para Schumpeter el cambio técnico es una variable explicativa del desarrollo económico, en el que la inducción espontánea de un tipo de empresario innovador resulta fundamental. El desarrollo económico está asociado al cambio tecnológico discontinuo y viene dado por el desenvolvimiento económico, el cual implica nuevas combinaciones de medios productivos que dan origen a nuevos productos o procesos.

El sistema económico puede tener el crecimiento natural impulsado desde su interior por el mismo proceso económico, pero este fenómeno no se considera como desenvolvimiento, sino como una simple adaptación de la economía a un conjunto de cambios que se experimentan en el mundo que la rodea.

El desenvolvimiento económico viene dado por:

² En su estudio sobre firmas en Japón.

1. La introducción de un nuevo bien; esto es, con el que no se hayan familiarizado los consumidores o de una nueva calidad del bien.
2. La introducción de un nuevo método de producción; o sea, de uno no probado por la experiencia en la rama de la manufactura de que se trate, que no precisa fundarse en un descubrimiento nuevo desde el punto de vista científico, y puede consistir simplemente en una nueva forma de manejar comercialmente una mercancía.
3. La apertura de un nuevo mercado: un mercado en el cual no haya entrado la rama especial de la manufactura del país de que se trate, a pesar de que existiera anteriormente dicho mercado.
4. La conquista de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o de bienes semimanufactureros, haya o no existido anteriormente, como en los demás casos.
5. La creación de una nueva organización de cualquier industria, como la de una posición de monopolio (por ejemplo, por la formación de un *trust*) o bien la anulación de una posición de monopolio existente con anterioridad.

La definición de innovación presentada por Schumpeter está muy relacionada con el mercado, para este autor significa el empleo de recursos productivos en usos no probados hasta ahora en la práctica, y su retiro de los usos a que han servido hasta ahora. (Rosemberg, 1979)

Shumpeter atribuye al desempeño del liderazgo una gran relevancia, la innovación afortunada no representa una hazaña del intelecto sino de la voluntad. Es un caso especial de fenómeno social de liderazgo. La dificultad en la innovación consiste en la resistencia y en las incertidumbres que implican hacer lo que no se ha hecho antes y ésta sólo puede intentarlo un tipo diferente que es el “empresario innovador”.

Pareciera que para Schumpeter la innovación es discontinua e implica cambios considerables que sólo es posible que los realicen empresarios nuevos, para lo cual requieren de gastos adelantados antes de la obtención de algún ingreso, de modo que la única forma de hacerse de recursos es mediante el crédito, de donde se transforma en un elemento esencial para el proceso de creación de empresas nuevas. (Rosemberg, 1979)

Para Schumpeter el empresario es el agente que activa el capitalismo. La introducción de elementos que desencadenen el desenvolvimiento debe promoverse por algunos agentes dentro del sistema, este papel de introducción de nuevas combinaciones de los factores de producción le corresponde al “empresario”.

En cuanto al tema específico de la vinculación, Rosemberg, critica a Schumpeter sobre el progreso técnico, pues piensa que este resulta de rupturas y discontinuidades con respecto a procesos anteriores, en tanto Rosemberg sostiene que el cambio técnico es producto de un conjunto de hechos y experiencias que se van acumulando hasta que se presentan las condiciones sociales y económicas necesarias para la innovación.

Para Rosemberg, la vinculación es como un proceso continuo y no como un desarrollo a saltos, que sería la idea de Schumpeter de la vinculación, al considerar al emprendedor como un inductor espontáneo. La innovación representaría el inicio del proceso de difusión

del producto y es en sí un proceso complicado en el cual están implicados un conjunto de factores, pero no constituye un efecto de salto como señala Schumpeter.

Rosemberg, sostiene que la innovación, desde el punto de vista económico está constituida por una serie de actos unidos a un proceso inventivo, que se consolida sólo a través de un intensivo rediseño, modificación y una serie corta o muy larga de pequeñas mejoras que la convierten para el mercado.

Mansfield es otro autor que se incluye en la corriente que ve la tecnología como una variable inducida, al considerar que la tasa de innovación tecnológica constituye una variable dependiente del capital invertido en investigación. Sostiene que a períodos bajos de innovación tecnológica le anteceden períodos bajos en investigación y desarrollo. Esta idea implica una dependencia de la innovación respecto de la inversión³.

c. LA DIVERGENCIA EVOLUCIONISTA (Partiendo de lo empírico)

i. Las ideas comunes

Autores como Nelson, Winter, Rosemberg, Dosi, Cimoli, Malecki, Carlota Pérez, Soete, entre otros, presentaron una orientación distinta a la economía de la innovación tecnológica, llegando a definir un conjunto de categorías nuevas y a establecer relaciones entre éstas, dando forma a un paradigma diferente a los de los anteriores estudiosos de la economía de la tecnología.

Se ha considerado esta serie de investigaciones como "*Neo-schumpeteriana*". Éstas, parten de criticar el pensamiento neoclásico y, toman una forma concreta como una nueva versión de la teoría schumpeteriana con ideas que representan analogías de la biología. En el pensamiento evolucionista sobresalen Nelson y Winter. La teoría neoclásica se propone explicar la determinación de los precios, productos e insumos de equilibrio bajo ciertos supuestos, maneja siempre la idea de optimizar conservando determinadas restricciones; sin embargo, dicha optimización, según los evolucionistas, lleva implícita la idea de una regresión infinita.

Aunque el pensamiento de los evolucionistas aporta nuevos enfoques para abordar la economía del cambio técnico, no han desarrollado, todavía, un cuerpo científico que pueda sustituir al pensamiento neoclásico - en tanto una teoría - ya que sus estudios tienen una orientación fundamentalmente empírica. A nivel microeconómico presentan nuevas interpretaciones en torno a la empresa: su desarrollo y ambiente, pero no logran conformar una teoría de precios alternativa. A nivel macroeconómico sus preocupaciones principales giran en torno al comercio internacional y sus ventajas, pero sin llegar a presentar una explicación teórica de la economía nacional.

Según los evolucionistas, la firma persigue varios objetivos, y no sólo la optimización; por ejemplo el beneficio es una de las variables a maximizar, pero no conciben una idea pura

³ Más adelante en el Cap. 2 de este trabajo se aborda este tema.

del maximizar. En este esquema se rechaza la idea de función de producción en la cual existen variables que la empresa puede manejar. La competencia y el equilibrio en la firma están determinados por un conjunto de variables sobre las que se puede influir, pero además hay otras fuerzas que están fuera del alcance de la firma, fuera de ella, se encuentran un conjunto de técnicas que la empresa desconoce y que no puede llegar a dominar. Dentro de ese conjunto de técnicas se encuentran unas que están cerca de la empresa y de las cuales se puede apropiar, otras que se consideran intermedias y otras que definitivamente no se pueden conseguir porque se encuentran demasiado lejos.

Dosi y Cimoli contribuyen al pensamiento evolucionista al incorporar categorías como la de "paradigma tecnológico", el cual está constituido por un conjunto de "trayectorias tecnológicas" que conforman el mapa de oportunidades técnicas y organizativas que tienen las empresas para desarrollarse tecnológicamente.

Pérez usa el concepto de paradigma tecno-económico, el cual alude a los sistemas tecnológicos, cuyo denominador común es la capacidad para transformar el aparato productivo. Un nuevo paradigma tecno-económico surge cuando influye en el rumbo del aparato productivo, mediante tecnologías que revitalizan las industrias maduras y tradicionales y crean nuevas ramas.(Corona, 1999)

Otra idea que sostienen los evolucionistas y que difiere del pensamiento neoclásico es lo que se refiere a la selección de empresas que hace el mercado, las mejor equipadas y mejor preparadas tecnológicamente tienen mayores posibilidades de lograr expandirse (asimilando al idea de selección natural). Por ello, la tecnología no es un bien gratuito que se halle al alcance de todas las empresas, sino todo lo contrario, involucra aspectos de aprendizaje, niveles de conocimiento alcanzados, o, como lo ha planteado Dosi (1999), que no es un bien de libre uso, sino que tienen que ver con grados de aprendizaje e investigación en cada región o empresa, lo cual hace que exista variación en el grado de oportunidad, apropiación y acumulación de cierta técnica.

Algunas ideas generales en los trabajos evolucionistas marcan que:

- A. El proceso innovador tiene algunas reglas propias que, por lo menos en el corto y mediano plazos, no pueden describirse como reacciones simples y flexibles a los cambios a las condiciones del mercado. La naturaleza de las tecnologías mismas es la que determina el rango dentro del cual los productos y procesos se pueden ajustar a las condiciones económicas cambiantes, y las posibles del progreso técnico.
- B. El conocimiento científico desempeña un papel cada vez más crucial en la apertura de nuevas posibilidades de grandes avances tecnológicos.
- C. La competitividad creciente de las actividades de investigación e innovación se desenvuelve en torno a instituciones especializadas (laboratorios de I + D, oficinas de diseño, laboratorios gubernamentales, universidades, etc.), que se

conciben como el ambiente típico para la producción de innovaciones, en oposición a los innovadores individuales.

- D. Una gran cantidad de innovación y mejoramiento sucede a través del “aprendizaje por medio de la práctica” (*learning by using*) y generalmente está “dentro” de la gente y las organizaciones (sobre todo empresas). Lo mismo puede decirse para la I + D, la cual está generalmente incorporada y vinculada, a las actividades productivas de las empresas.
- E. A pesar de la creciente formalización industrial, las actividades de innovación e investigación mantienen una naturaleza incierta. Los resultados técnicos de las actividades de investigación son difíciles de predecir con anterioridad al proyecto (incertidumbre).
- F. . El cambio técnico no ocurre necesariamente al azar (mutación) por dos razones principales: 1) a pesar de variaciones considerables con respecto a innovaciones específicas, las direcciones de los cambios técnicos están definidas frecuentemente por el grado de avance de las grandes tecnologías que ya se usan, y 2) la probabilidad de avances tecnológicos por las empresas, organizaciones e incluso países, es, entre otras cosas, una función de los niveles que éstas ya lograron. En otras palabras, el cambio técnico, es en gran medida una actividad acumulativa.

ii. Los conceptos: paradigmas y trayectorias.

En el pensamiento evolucionista la teoría de la demanda no es buena para explicar a la tecnología, sostienen que ésta no depende de los factores tradicionales que determinan el comportamiento comercial de un bien, su explicación tiene que ver con otro tipo de factores, tales como el grado de aprendizaje e investigación que existe en determinado país o región, lo cual hace que exista variación en el grado de oportunidad, apropiación y acumulación de cierta tecnología o conocimiento.

No se puede medir el grado de avance tecnológico de una empresa o un país con los coeficientes técnicos que intervienen en una función de producción. La función de producción neoclásica se concentra sólo en procesos eficientes, y la realidad no se ajusta de manera tan simple.

Debido a las deficiencias explicativas, se forjan conceptos diferentes en el pensamiento evolucionista. En éste, una trayectoria tecnológica “define el proceso evolutivo en el que se constituyen las líneas que generan cada uno de los paradigmas tecnológicos”.

Cuando las empresas observan que su producción se restringe por las trayectorias tecnológicas conocidas, y no pueden resolver caídas en la productividad y declinación de sus ganancias buscan o desarrollan nuevas trayectorias, en este proceso evolutivo surgen un conjunto de trayectorias nuevas, que deriven un paradigma alternativo.

El paradigma tecnológico se constituye por el cúmulo de trayectorias tecnológicas formado por las oportunidades técnicas y organizativas que tienen las empresas para desarrollarse tecnológicamente. El paradigma tecnológico como forma de ver las cosas abarca de manera gradual todas las actividades productivas; comprende nuevos criterios de eficiencia y nuevos modelos de gestión y organización, y, a medida que se difunde, define productos y procesos que llevan a situar a las industrias en una trayectoria renovada de innovación.

Para Carlota Pérez, el proceso de propagación de un paradigma tecnológico pasa por cuatro períodos distintos: difusión inicial, rápido crecimiento temprano, rápido crecimiento tardío y madurez.

El grado de apropiación y acumulación de las trayectorias que conforman un paradigma se da con base en el nivel de conocimientos con que cuenta la empresa o el país. De hecho un paradigma tecnológico presenta barreras a la entrada, las cuales están constituidas por la falta de conocimientos necesarios para apropiarse de dicho paradigma.

En esta idea de paradigma tecnológico, las empresas forman parte de un ambiente donde los medios institucionales y científicos y las políticas resultan fundamentales para la innovación, porque afectan: a) los mecanismos de enlace entre ciencia pura y aplicación tecnológica; b) la capacidad de investigación de los agentes económicos; c) las restricciones, incentivos y elementos de incertidumbre que se pueden plantear ante las posibles innovaciones. En este entorno, el éxito de una innovación tecnológica depende de i) el contexto y la capacidad tecnológica de la región; ii) las características de las instituciones de enlace; iii) las condiciones económicas precisas (precios relativos, naturaleza y dimensión del mercado, disponibilidad de escasez de materias primas y fuerza de trabajo, etc.); iv) el carácter de las reglas y estrategias de comportamiento y formas de organización de los agentes económicos. (Dosi, 1999).

La naturaleza de las trayectorias tecnológicas permite distinguir cuatro grupos principales de industrias: dominadas por los proveedores, industrias intensivas a escala, dominadas por proveedores especializados e industrias con base científica.⁴

⁴ Las ideas son presentadas por Pavitt, como categorías tecnológicas que se usan ampliamente en estudios de caso:

1. Las industrias dominadas por los proveedores.- concentradas en sectores de manufactura tradicional, agricultura, construcción producción informal familiar y servicios profesionales. Se basan en habilidades profesionales, diseño estético, acceso privilegiado a fuentes de recursos, marcas y publicidad. La mayoría de las innovaciones provienen de oferentes de equipo y materiales, los servicios de investigación y desarrollo, generalmente son financiados por el gobierno, una proporción importante de las innovaciones son producidas en otros sectores.
2. Las industrias intensivas a escala se caracterizan por una creciente división del trabajo y la simplificación de tareas en la producción le permiten la sustitución de máquinas para el trabajo y en consecuencia, una disminución en los costos de producción. En el mejoramiento de esta trayectoria ha influido el progreso en los medios de transporte, el incremento del comercio, mejoramiento en los niveles de vida, el perfeccionamiento de la maquinaria, en los sistemas de control y en las fuentes de energía.
3. Un grupo diferente de empresas son aquéllas relativamente pequeñas especializadas en proporcionar equipo e instrumentación a las mencionadas en el apartado anterior, se complementan con ellas.

d. SISTEMAS, REDES E INSTITUCIONES

i. Los sistemas nacionales de innovación

El concepto fue introducido a mediados de los años ochenta por Freeman y fue desarrollado posteriormente por Nelson, Lundvall, Metcalfe, Cimoli, etc., en los años noventa.

Un sistema de innovación debiera describir los elementos y los instrumentos - locales, nacionales e internacionales - que se deben interceptar, interactuar y trabajar sinérgicamente para lograr que los descubrimientos de la investigación y las innovaciones tecnológicas salgan de los laboratorios, hacia las firmas o en su caso al mercado internacional. El sistema conforma un ambiente complejo en el que muchos jugadores están conectados no linealmente, sino bajo la forma de redes con flujos de dos sentidos. (Mytelka, 1999). La vinculación no puede ser tarea individual, pues como mínimo, para establecerse necesita dos actores, pero en la realidad intervienen un conjunto de instituciones, algunas porque poseen el conocimiento, otras porque lo van a aplicar, etc., pero además, todas las vinculaciones buscan establecer los lazos entre necesidades y oportunidades y serán exitosas cuando establezcan adecuadamente estos lazos.

A diferencia del modelo lineal, que se basa en un sistema cerrado, el SNI es un sistema abierto en el que los actores influyen en un momento u otro en el proceso de innovación.

El aspecto institucional resulta clave ya que, la tecnología se incorpora a las empresas a través de otras empresas en el afán de ser competitivas en sus respectivos mercados, pero también las empresas están rodeadas e incluidas en redes que se relacionan entre sí y con diferentes entidades institucionales, que van desde organismos privados, a gubernamentales y universidades. Este conjunto de redes y entidades institucionales con sus intereses específicos conforman el sistema nacional de innovación tecnológica. Por tanto, la vinculación constituye parte activa de este sistema.

El comportamiento y características del sistema nacional de innovación tiene serios impactos sobre el paradigma tecnológico a nivel micro, en general ocurre que los paradigmas a nivel microeconómico pueden internacionalizarse con las mismas características y presentar efectos diferentes y comportamientos distintos en cada uno de los sistemas de innovación, porque se asocia a políticas, factores e instituciones específicos en cada país. De esto se concluye que las empresas, aún cuando importen sus tecnologías

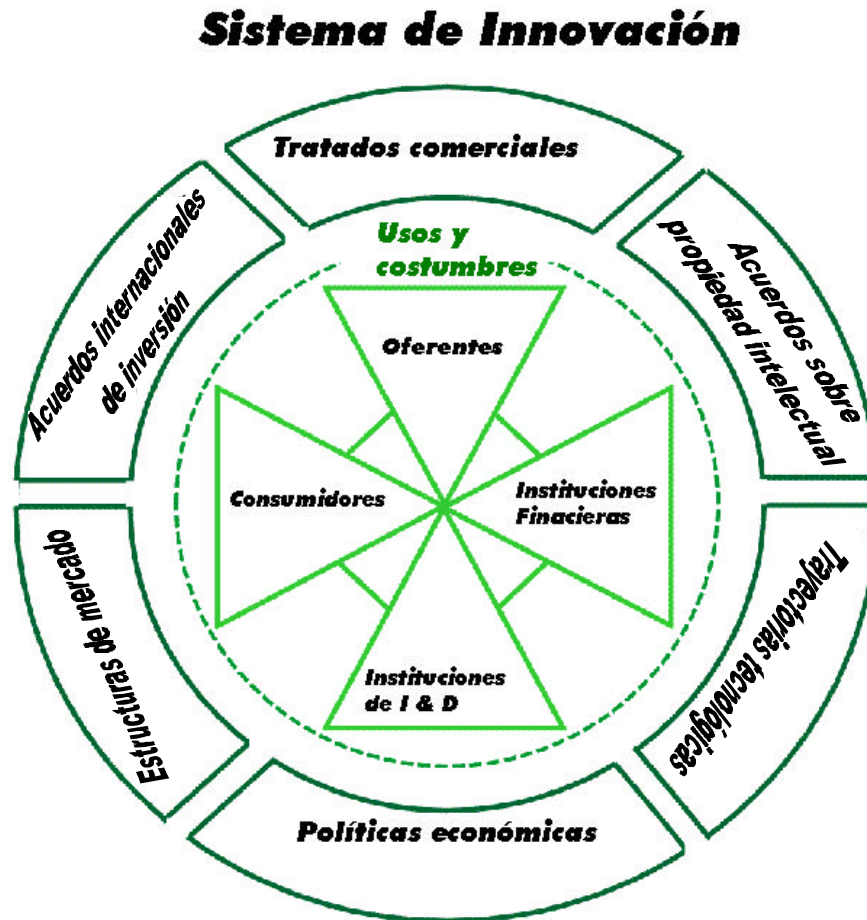
-
4. Por último se encuentra la categoría de las empresas basadas en las ciencias, donde sus principales fuentes de tecnología son las actividades de investigación y desarrollo, por lo cual dependen de una rápida evolución de las ciencias, sobre todo en las universidades y en los centros de investigación. Este tipo de empresas se localizan en la química, en particular en la química sintética, en la bioquímica y la electrónica. Estas empresas han crecido sobre la base de innovaciones en el producto.

tienen que desarrollar procesos de aprendizaje o contar con conocimiento acumulado para realizar las adaptaciones necesarias que el sistema nacional requiere.

Los conocimientos tecnológicos no viajan libremente a través de las fronteras nacionales y se instalan en un sistema de innovación tecnológica, este hecho depende del nivel de conocimiento acumulado por el sistema nacional, de la dinámica en los niveles educativos y de factores institucionales.

Tres ideas caracterizan la relación entre las empresas y el sistema nacional de innovación tecnológica: a) las empresas deben ser depositarias de conocimientos, en gran medida, los cuales cambian por la dinámica de sus rutinas operativas a través del tiempo y debido al cambio en las normas de comportamiento de la sociedad y por las estrategias de las mismas empresas; b) las empresas están insertas en redes de vínculos con otras empresas e instituciones no lucrativas (como las dependencias del sector público), universidades y organizaciones dedicadas al fomento de las actividades productivas, de donde son capaces de tomar los conocimientos cuando no cuentan con ellos; y c) los sistemas nacionales incorporan una noción general sobre el comportamiento microeconómico en forma de redes, donde se desarrolla el conjunto de relaciones sociales, reglas y obligaciones políticas. Cuestiones como las formas de gobierno, la cultura, el lenguaje, las políticas leyes y regulaciones establecen oportunidades y restricciones en los procesos de innovación en las naciones. (Cimoli, 2000)

Figura 2



Elaboración propia con base en Mytelka (1999).

ii. Vinculación y redes

El sistema de innovación tecnológica es a final de cuentas un gran red donde es posible explicar la vinculación utilizando un sistema de redes, donde las instituciones constituyen los diferentes nodos del sistema y los arcos están compuestos por los flujos de información y el intercambio de conocimientos, a este tipo de redes se les denomina *de conocimiento*, porque además existen las redes comerciales. En el sistema de redes de conocimiento no es posible concebir una red dirigida donde la información transite solo en una dirección o se trabaje y considere la existencia solo de arcos. La concepción interactiva está referida a que el conocimiento puede viajar a través de varios arcos y considerando ambos sentidos.

Se pueden encontrar un conjunto de redes de conocimientos, entre las cuales están:

- 1) Acuerdos conjuntos para desarrollar proyectos de investigación y desarrollo;
- 2) Acuerdos de intercambio de tecnologías;
- 3) Licenciamiento de tecnologías;
- 4) Subcontratación para la realización de proyectos de investigación;
- 5) Bancos de información computarizados para el intercambio científico y tecnológico;
- 6) Intercambio de personal para la realización de actividades en las diferentes instituciones y;
- 7) Redes informales. (OCDE, 1992)

Estas pueden ser horizontales cuando se establecen a nivel de usuarios de una tecnología y verticales cuando la relación se establece entre productor y usuario de esa tecnología.

En estas redes se establecen vínculos entre las mismas empresas con el fin de lograr la innovación tecnológica. Estos vínculos vienen dados por:

- a) Relaciones de subcontratación con otras empresas, generalmente realizan subcontratación de capacidad.
- b) Empresas del mismo ramo que se asocian para establecer alianzas de tipo estratégico, que son competidoras en el mercado regional, pero por el mecanismo de cooperación logran insertarse en el mercado internacional.
- c) Las asociaciones para realizar actividades complementarias en una región.
- d) Las empresas que mantienen nichos o mercados reducidos y que están basadas en un conocimiento o actividad artesanal especial se pueden convertir en surtidoras de un proceso productivo para empresas grandes.
- e) Conjuntos de empresas que se mantienen aisladas en sectores tradicionales y cuya producción depende de las cualidades manuales de la región.

En un sistema nacional de innovación tecnológica existen dos tipos de aprendizajes: el institucional y el técnico, el primero genera el cambio institucional y el segundo, el cambio técnico. Cuando se habla de institucional se hace referencia a las relaciones entre personas y cuando se habla de cambio técnico se refiere a las relaciones entre personas y cosas. Para un sistema de innovación tecnológica no sólo es importante el cambio técnico, sino también el cambio institucional.

La adquisición y acumulación de conocimientos, ya sea sólo para operar la maquinaria o emprender procesos de innovación más complicados, dependen de variables más amplias que la estructura productiva y organizativa de la empresa, su relación con el marco institucional que la rodea es definitivo para el desarrollo exitoso de tecnologías al interior de las empresas.

iii. Redes: Concepto y formas.

En la literatura reciente sobre Economía Industrial, se ha discutido con frecuencia las características de configuraciones inter-organizacionales, necesarias para hacer frente a la inestabilidad y a la complejidad del ámbito económico. En los estudios de este tipo se

muestra la existencia de múltiples formas de cooperación productiva y tecnológica entre empresas, que pueden ser vistas como opciones para enfrentar de mejor manera un ambiente económico turbulento.

Britto (2000) logra explicar de forma clara el conjunto específico de las redes industriales y su relación con el proceso de innovación y la diversidad tecnológica. Las redes industriales pueden conceptualizarse como acuerdos institucionales estructurados que permiten eficientizar la organización de las actividades económicas, a través de la coordinación de relaciones sistemáticas establecidas entre firmas como parte de una cadena productiva.

El análisis de redes trata de describir la estructura de las relaciones de cooperación entre empresas, así como su localización en un ambiente económico.

En el concepto de redes industriales se sostiene que los nodos que componen la estructura, se relacionan con empresas con características específicas, estos nodos se interconectan a través de actividades o recursos en una interdependencia funcional. Los flujos de las relaciones forman el esqueleto en la red y dan forma a su desarrollo tecnológico.

Se pueden ubicar cuatro tipos de redes(ver cuadro 1, p.21):

- (a) **Redes tradicionales de subcontratación:** Se relacionan con las industrias tradicionales, en la producción de productos no-complejos, que pueden ser producidos en escalas pequeñas, y que se basan relativamente poco en el conocimiento. En estas redes el número de componentes y de sub-sistemas que deben ser integrados es relativamente pequeño, asociándose a arquitecturas “no complejas”. Los beneficios competitivos se asocian a la diseminación del proceso de flexibilización de especialidades entre los proveedores, lo que lleva a reducir los costos de producción y a aumentar la productividad del trabajo. Las interacciones entre oferentes y demandantes tienden a guiarse por una predefinición de reglas, acompañada de un limitado intercambio de información entre los miembros de la red. Los esfuerzos de innovación también son limitados en ese tipo de redes, que son mas de tipo incremental⁵ en el diseño del producto, que de un cambio radical en su “arquitectura”. Ejemplos de industrias con este tipo de acuerdos de red son la textil, del calzado, muebles, metal mecánica y alimentos.
- (b) **Redes de ensamblado modular:** Vinculadas con la producción en masa de productos con “arquitectura modular”, en sus componentes y subsistemas. La producción es gran escala implica una compleja jerarquización de los componentes que deben integrarse entre la red. Sin embargo, estas redes usualmente se relacionan con una relativamente estable base tecnológica, producto de una maduración en el ciclo de vida de los bienes. Actúan en un continuo proceso de diferenciación basado en principios de “modularidad”. Los mas claros ejemplos son la industria automotriz y otras industrias de ensamblado (computadoras, electrónicos, equipos, etc.). Los beneficios que se logran en estas redes significan no solo la reducción de costos en componentes sino una mayor variedad en el

⁵ Es decir, como mejoras o adiciones.

rango de productos, basándose en la posibilidad de mejorar el producto con cambios en la integración de los componentes.

- (c) **Redes de productos complejos:** Se orientan a la producción de bienes de alto costo, intensivos en bienes de capital de sofisticada ingeniería, que pueden ser producidos en número reducido, usualmente bajo la forma de un proyecto, y que se producen para compradores individuales específicos. Estas redes giran alrededor de productos con alta complejidad técnica – que requiere la integración de diferentes tecnologías- y que implica la existencia de distintos campos del conocimiento. Ejemplos de este tipo de productos son: los sistemas de control de tráfico aéreo, motores para aviones, sistemas bancarios, simuladores de vuelo, edificios o construcciones inteligentes, sistemas automatizados de producción, supercomputadoras, plantas nucleares, plataformas petroleras, robots, y satélites. La dinámica de la innovación en este tipo de redes depende básicamente de interfaces complejas entre componentes y subsistemas y en una amplia intervención de los usuarios. Es común que los componentes o los subsistemas sean casi independientes a lo largo de la producción. La ventaja de trabajar en estas redes es la posibilidad de poder solucionar problemas, atendiendo a demandas específicas con proveedores sofisticados.

(d) Redes industriales basadas en tecnología.

Estas redes están específicamente relacionadas con productos que tienen su base en nuevas tecnologías en términos de su “ciclo de vida”, implican la integración de conocimiento complejo y requieren fundamentalmente de inversión en I+D. Las relaciones al interior de estas redes están asociadas con la interrelación de diversas metas y objetivos, originados por conocimientos de esferas científicas diferentes. Por otro lado, la complejidad técnica de la producción es relativamente baja en tanto que no se puede identificar un conjunto demasiado complejo de componentes y sub-sistemas que deban ser integrados para generar un producto específico. En los acuerdos de este tipo de redes las actividades mas relevantes en la cadena productiva están relacionadas con empresas de alta tecnología, especializadas en campos específicos de conocimiento. Ejemplos de estas industrias de alta tecnología son la biotecnología, soluciones de optoelectrónicos, nuevos materiales, semiconductores y desarrollo de software, las cuales son recurrentemente asociadas con este tipo de acuerdos. Desde un punto de vista espacial, estas redes bien pueden ser vistas como una variación de “distritos industriales”⁶, específicamente orientados por industrias de alta tecnología, basándose en la idea de “polos tecnológicos” El cuadro 1 presenta un resumen del comportamiento general de estas redes.

Los productos generados con estas redes usualmente tienen alto valor agregado y no tienen un gran volumen de producción⁷, están basados en la intensidad de esfuerzos de I+D y demandan conocimiento complejo. El carácter emergente de sus mercados refuerza la relevancia que tiene el acceso a capacidades complementarias, con el fin de facilitar la entrada del producto al mercado. En algunos casos, la creación de un mercado para estos productos puede verse como el resultado de conexiones que surgen a la par de la

⁶ Por su concentración geográfica.

⁷ Se alejan mucho de la producción en masa.

consolidación de la red. El referirse al carácter emergente de los mercados implica dos hechos principales. Primero, la consolidación del mercado puede estar relacionada con un largo ciclo de desarrollo, en el cual se puede observar la intensificación de conexiones productivas y tecnológicas entre agentes diferentes en la red. Segundo, como consecuencia del carácter emergente de los mercados, las propiedades del producto tienden a ser definidas en base a las mutuas interacciones y mecanismos de aprendizaje entre productores, proveedores y usuarios.

Estas redes están basadas en las relaciones de cooperación entre firmas con cualidades complementarias, con el fin de acelerar la introducción de innovaciones tecnológicas al mercado. Esta situación implica dos aspectos: (i) la existencia de conexiones cercanas entre actividades de I+D y la producción industrial, comúnmente basadas en relaciones de subcontratación; (ii) la existencia de una división del trabajo en términos de los estadios de un ciclo de I+D, generalmente caracterizado por circuitos de retroalimentación. En este sentido, se pueden relacionar dos objetivos principales relacionados con la consolidación de este tipo de acuerdos. Primero, aumentando la integración de capacidades en diferentes momentos del ciclo I+D - producción, reduciendo el tiempo de ventaja de ser pionero en el desarrollo de nuevas tecnologías. Específicamente, estas redes facilitan el proceso de transferencia de tecnología entre la actividad científica y las empresas de alta tecnología. Segundo, estas redes juegan un papel importante en términos de la construcción de mercados, promoviendo la existencia de encadenamientos que pueden progresivamente inducir a la consolidación de cadenas productivas en industrias de alto contenido tecnológico.

Estas redes pueden relacionarse con diferentes beneficios técnico - productivos. Primero, como ya se ha mencionado, la reducción de tiempos muertos asociados con la transición de la I+D a la producción junto con el intercambio de información entre los miembros de la red que se da en diferentes momentos del proceso. Segundo, existen algunas economías externas que se logran por la posibilidad de obtener servicios tecnológicos al interior de la red, conforme esta se consolida. El aprovisionamiento de estos servicios requiere la existencia previa de una demanda -que generalmente se limita a algunas empresas aisladas-, que crece conforme se establecen encadenamientos más sistemáticos entre las empresas de una red. Tercero, beneficios de especialización asociados con la formación de un núcleo tecno-científico de capacidades que se logran al nivel de la red, reforzando la productividad de las actividades en las que la posesión de activos intangibles es un determinante de la competitividad industrial. Cuarto, la incorporación de innovaciones generadas en la red aumenta la sofisticación de los productos para usuarios finales reforzando la competitividad de estas empresas.

El tipo de instituciones presentes en este tipo de redes son "empresas de base tecnológica" (EBT), usuarios potenciales de la tecnología generada, proveedores de componentes, equipo y servicios, institutos de investigación y universidades. Ya se había mencionado que las relaciones entre las empresas implican una división de tareas en el ciclo I+D-producción. Específicamente, puede observarse una convergencia de flujos internos a la red hacia las empresas de base tecnológica, que juegan una papel fundamental en el proceso de innovación. Aunque, estas empresas usualmente dependen de recursos complementarios y de activos en manos de otros actores de la red. Algunas veces, estas empresas establecen

relaciones de subcontratación con otros agentes actuando como proveedores (cuando interactúan con los usuarios finales de la tecnología a desarrollar, como ocurre en las relaciones entre empresas de biotecnología y compañías farmacéuticas), algunas otras veces como compradores (cuando interactúan con actores en el área científico-tecnológica, como universidades e institutos de investigación).

La estructura organizativa de estas redes esta basada en la capacidad para definir fluidamente las tareas, de acuerdo a los requerimientos de cada una de las distintas etapas del proceso de I+D. A pesar de la heterogeneidad de las estructuras de organización, puede resaltarse la importancia de las empresas de base tecnológica en la coordinación de flujos en la red. Así, se pueden mencionar tres posibles estructuras organizativas. La primera implica situaciones en las que el usuario final de la tecnología induce la consolidación de la red, estableciendo lazos de cooperación con empresas de base tecnológica que buscan desarrollar tecnologías específicas. La segunda opción contempla situaciones en las que empresas de base tecnológica actúan como líderes de la red, coordinando la división de tareas con otras empresas de la red con las que puede alcanzar una complementariedad de capacidades. La tercera opción se basa en la consolidación de redes "compactas", que permiten la posibilidad de que los distintos participantes puedan innovar, basadas en una inestable división del trabajo y en reglas difusas. Estas redes tienden a ser relativamente volátiles en situaciones en que el proceso de innovación demanda cambios importantes en la estructura de la red - con la adquisición de empresas de base tecnológica, por parte de grandes compañías, por ejemplo- lo cual es muy común. Pueden observarse también adaptaciones en términos de la estructura organizativa de estas redes que evolucionan a lo largo del ciclo de vida de las tecnologías y productos generados. A lo largo de las diferentes etapas del ciclo, el nivel de centralización de la estructura tiende a incrementarse, con acuerdos que progresivamente van cambiando las estructuras también cambian, de aquellas estrictamente caracterizadas como redes de investigación (que implican mayor difusión) a estructuras mas cercanas a redes industriales (en las que la apropiación de beneficios es fundamental)

Las formas de coordinación tienen un carácter especial en este tipo de redes. En la fase de consolidación de la red, la realización de proyectos de I+D a cargo de EBT's es lo mas relevante. También es posible la coordinación compartida a través de programas de cooperación de carácter público o semipúblico. La imposibilidad de definir los resultados (en especial los económicos) ex ante a la realización de los proyectos incentiva el uso de "contratos incompletos" como herramienta para definir las reglas de interacción entre las empresas. Entre las características de estos contratos, destaca la importancia generalmente atribuida al establecimiento previo de definiciones respecto a la apropiabilidad de las innovaciones generadas. Destaca también la progresiva "formalización" de los mecanismos de coordinación y de las bases contractuales que orientan las relaciones entre empresas. Es común que este proceso de formalización se combine con una progresiva centralización en la red. En este sentido, destaca la coparticipación de los derechos de autor entre EBT's y grandes empresas que producen para usuarios finales usando las tecnologías generadas, lo cual fomenta la cooperación.

Los flujos de información son generalmente muy complejos, pues implican circuitos de retroalimentación en las diferentes partes de la I+D. Estos flujos por lo general están

basados en relaciones interpersonales e intergrupales, por medio de las cuales es posible la transmisión de conocimiento tácito de importancia. De hecho, la red cumple un importante papel como estructura que induce la "codificación" de un conocimiento que combina diferentes campos tecno-científicos⁸. Con relación a esto, la existencia de "instituciones puente" que acerquen a actores de diversas formaciones cognitivas (de EBT's, de empresas de productos finales, de universidades, institutos de investigación, etc.) es particularmente útil en la consolidación de estas redes.

Los mecanismos de aprendizaje interactivo que caracterizan a estas redes están fuertemente ligados a reducciones de costos y tiempo en el proceso de I+D. Entre los aspectos que se relacionan con una mayor eficiencia de los esfuerzos en la innovación, pueden mencionarse: (i) la existencia de una división del trabajo, en términos del desarrollo de la innovación, basados en una especialización tecnológica de los actores en la red; (ii) el establecimiento de conexiones cercanas entre EBT's y usuarios finales, lo cual puede acercarse a los mecanismos de "aprender usando" (*learning by using*); (iii) la integración de capacidades científicas y tecnológicas con carácter complementario. La magnitud de los mecanismos del "aprendizaje interactivo" (*learning by interacting*) también puede tener importantes consecuencias. Primero, porque facilita la definición de las "condiciones de apropiabilidad" de las innovaciones generadas, que pueden resultar de negociaciones entre las partes estableciendo canales de comunicación entre ellos. Segundo, porque facilita la definición de un lenguaje común entre los distintos campos del conocimiento, lo cual facilita el intercambio de información y la integración de capacidades.

Los esfuerzos innovativos en estas redes están íntimamente ligados con las distintas etapas del proceso de I+D, y están basados en una división del trabajo en cada etapa de acuerdo a la especialización entre actores. A pesar de la dificultad para establecer por anticipado los resultados de los proyectos de I+D, usualmente éstos implican tecnologías relativamente bien definidas, que se supone, pueden tener utilidad en la esfera productiva. La división de trabajo asociada a estas redes incluye esfuerzos específicos en investigación básica, donde se pueden obtener nuevos conocimientos de relevancia. El proceso de I+D en estas redes asume un carácter interdisciplinario que no sólo se refiere a actividades en las empresas sino también a fuertes interconexiones con la infraestructura científica y tecnológica existente. Un resumen se encuentra en el cuadro 2 (p. 22).

⁸ Esta síntesis de conocimientos, incluye también áreas de las ciencias sociales y administrativas, y no solamente científico técnicas, aunque estas son las que mas destacan.

Cuadro 1
Tipos de redes industriales

Redes de ensamblado modular -Productos de producción masiva con arquitectura modular -Producción a gran escala con jerarquización de componentes y subsistemas -Ganancias competitivas: diferenciación de producto y modularidad	Redes de productos complejos -Productos muy complejos, basados en la integración de subsistemas -Producción basada en proyectos (muy específicos) -Ganancias competitivas: gran capacidad para solucionar problemáticas concretas
Redes tradicionales de subcontratación -Productos poco complejos, vinculados a industrias tradicionales -Producción en pequeña escala y especialización entre empresas -Ganancias competitivas: bajos costos y flexibilidad productiva	Redes basadas en tecnología -Productos de alta tecnología asociados a mercados emergentes -Desarrollo de tecnologías específicas con potencial económico -Ganancias competitivas: rentas de innovación generadas por productos nuevos

Cuadro 2
Características de las redes basadas en tecnología

Dimensiones	Características
I. Características técnico productivas	
Características básicas	Relaciones productivas orientadas a la generación de productos de alto contenido tecnológico que requieren la integración de recursos y capacidades complementarios. Integración entre el campo científico y tecnológico. posibilidad de organización espacial en "polos tecnológicos".
Atributos de los productos	Alto valor; escala reducida; alto contenido de I+D; asociados a mercados emergentes; conjugan conocimiento tácito y codificado; ciclos de desarrollo largos; propiedades fuertemente influidas por usuarios finales
Objetivo de la cooperación	Integración de capacidades en diferentes etapas del proceso de I+D- producción, reducción de tiempos de transferencia de nuevas tecnologías. Aceleración del proceso de transferencia tecnológica entre empresa de alta tecnología y usuarios finales. Construcción de mercados a través de la interacción entre miembros de la red.
Beneficios técnico productivos	reducción en el tiempo de transferencia de tecnología. Economías externas por la provisión de servicios tecnológicos. Ganancias de la especialización asociadas con un foco de capacidades tecno científicas. Sofisticación tecnológica por la interacción con usuarios finales.
II. Características inter-organizacionales	
Relaciones típicas	Especialmente relacionadas con una división de tareas en el ciclo I+D-producción. Basadas en relaciones con EBT's y otros agentes, actuando como oferentes (con usuarios finales) o demandantes (con agentes científicos o tecnológicos)
Estructuras organizativas	El papel central lo juegan las EBT's. Integración en las diversas etapas del proceso de innovación. Estructuras "volátiles", que pueden cambiar con las adquisiciones de las EBT's. Adaptación de la organización a lo largo del proceso innovativo, con una progresiva centralización de flujos.
Formas de coordinación	Proyectos de I+D coordinados en general por EBT's. Posibilidad de coordinación clara a través de programas de cooperación con carácter público o semipúblico. Uso de contratos incompletos, con definiciones previas respecto a la apropiabilidad de las innovaciones.
III. Características tecnológicas	
Características de los flujos de información	Circuitos de retroalimentación en las diversas etapas del proceso asociadas con relaciones intergrupales e interpersonales. Los flujos de información están relacionados con la transmisión de conocimiento tácito. Flujos de información entre diversos campos del conocimiento y teorías. Las instituciones puente son relevantes
Impacto de mecanismos de aprendizaje interactivo	Reducción de costo y tiempo en el proceso de innovación. Integración de capacidades científicas y tecnológicas. Definición de "condiciones de apropiabilidad". Codificación de conocimiento tácito. Definición de lenguajes comunes entre diversos actores en la red.
Proceso de innovación	Carácter interdisciplinario, que implica diferentes etapas del proceso de innovación, con circuitos de retroalimentación (<i>chain linked model</i>) La investigación básica es fundamental para obtener conocimientos nuevos. Dificultad para definir por anticipado los resultados de los proyectos de I+D. Fuerte interconexión con la estructura científica y tecnológica.

Elaborado con base en Britto (1999)

iv. Sistema Mexicano de Innovación (estructura)

A finales del siglo XX en México empezó a adoptarse con animo el concepto de sistema nacional de innovación⁹. En este concepto, se considera la innovación como un proceso

⁹ El introducido por Freeman en 1987; desarrollado por Nelson, Lundvall, Metcalfe, Edquist, de la Mothe y Paquet y Cimoli y Della Giusta.

interactivo, cuyo eje central se haya en la conducta tecnológica de la empresa¹⁰, en las relaciones entre empresas¹¹ y las interacciones entre éstas y los centros de investigación, universidades y otras instituciones (Cimoli, 2000).

Este concepto se adopta en el Sistema Mexicano de Innovación para explicar el desempeño innovador de las empresas con base en las interacciones que se presentan en un conjunto de redes (al interior y al exterior)¹².

El entorno nacional e internacional en que se propone este sistema de innovación se caracteriza por un proceso de liberalización y acelerada inserción en la globalización, por lo que se remarcan constantemente dos distinciones: a) la primera, entre empresas nacionales y empresas extranjeras y; b) la segunda, entre redes al interior y redes al exterior.

Este mismo entorno influye en el tipo de análisis, puesto que se intenta entender cuál es el impacto de las políticas de liberalización en los esfuerzos tecnológicos, en la apropiación de beneficios en el ámbito local y en el desarrollo de redes entre las empresas y las instituciones mexicanas.

Con base en estudios de Casalet y la OCDE se pueden distinguir cuatro tipos de instituciones diferenciadas dentro del sistema mexicano de innovación atendiendo a las actividades funcionales que realizan:

- 1) Instituciones *incentivadoras* de la modernización y la innovación, así como organizaciones y bancos orientados a apoyar exportaciones no petroleras y redes de empresas para pequeñas y medianas empresas (Pymes);
- 2) Instituciones puente, como las organizaciones dedicadas a proveer información y reducir incertidumbre, y que se vinculan a la estandarización, certificación, calidad y capacitación;
- 3) Instituciones altamente especializadas de investigación y desarrollo que ofrecen apoyo en áreas específicas de conocimiento;
- 4) Instituciones dedicadas a investigación y desarrollo en ciencias básicas, desarrollo tecnológico regional y capacitación a nivel de posgrado (Cimoli, 2000).

La mayoría de estas instituciones tienen ya una antigüedad de por lo menos cuarenta años, pero, dentro de éstas existen algunas que están determinadas por un nuevo escenario que exige a las empresas cumplir normas de calidad, con cierta estandarización y con la certificación de productos y procesos. Las instituciones puente son "nuevas" instituciones

¹⁰ Esfuerzo de investigación y desarrollo, mejoras de proceso, etc.

¹¹ Relaciones productor-usuario, proyectos de investigación conjuntos, etc.

¹² Se espera que en el libro próximo a publicar por Cimoli se pueda tener una visión más clara sobre el Sistema Mexicano de Innovación

que orientan sus actividades a tratar de integrar a las empresas, formando redes donde fluya conocimiento tecnológico.

Dentro del tipo 1) de instituciones, las *incentivadoras* de la modernización y la innovación, así como organizaciones y bancos orientados a apoyar exportaciones no petroleras y redes de empresas para pequeñas y medianas empresas (Pymes) se incluyen:

- fi Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) con;
- fi Fondo de Investigación y Desarrollo para la Modernización Tecnológica (FIDETEC);
- fi Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Científicas y Tecnológicas (FORCCyTEC);
- fi Nacional Financiera S.N.C (NAFIN);
- fi Banco Nacional de Comercio Exterior S.N.C. (BANCOMEXT);
- fi Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)

Dentro del tipo 2): las instituciones puente están incluidas:

- fi Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX);
- fi Calidad Mexicana Certificada A.C (CALMECAC);
- fi Centro Nacional de Metrología (CENAM);
- fi Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI);
- fi Fundación Mexicana para la Calidad Total (FUNDAMECA);
- fi Programa de Calidad Integral y Modernización (CIMO);
- fi Fondo de Información y Documentación para la Industria (INFOTEC);
- fi Centro para el Desarrollo de la Competitividad Empresarial (CRECE);

En las instituciones tipo 3): las altamente especializadas de investigación y desarrollo que ofrecen apoyo en áreas específicas de conocimiento:

- fi Instituto Mexicano del Petróleo (IMP);
- fi Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE);
- fi Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ);
- fi Instituto Mexicano de Tecnología del AGUA (IMTA).

2. UN ENFOQUE GENERAL DE LA VINCULACIÓN ENTRE LA ACADEMIA Y EL SECTOR PRODUCTIVO

Al revisar algunas de las teorías de la innovación y del cambio tecnológico puede plantearse algún comentario; que al final de cuentas las conclusiones propias son finalmente hipótesis de trabajo. La innovación implica una "inestabilidad" teórica y empírica que entraña una dificultad considerable para la investigación, porque nunca se tiene una problemática "cerrada".

Sin embargo, la teoría suele tener esa tendencia cerrada. La literatura predominante sobre el cambio tecnológico ha venido centrando su atención en las relaciones entre tecnología y producción, la relación causal más socorrida es la que va del campo de la innovación y la tecnología hacia el campo de lo económico. Menos abundantes son los análisis que han dado por objeto la comprensión de las relaciones entre el sector productivo y la investigación científica y técnica.

Lo anterior se convierte en un problema cuando la dinámica de los sectores basados en la ciencia y la relevancia de las nuevas tecnologías expone la importancia creciente de la investigación como fuente de la tecnología y han evidenciado la necesidad de avanzar en la concepción de proceso de innovación como proceso acumulativo de creación de tecnología, cuyo desarrollo tiene bases en la interacción entre una pluralidad de elementos, incluidos la investigación pública, la investigación industrial, la producción, la comercialización,...(Campos, 1994).

La articulación de todo el conjunto de relaciones de naturaleza distinta es un problema más de organización que de mercado¹³; pero es un problema organizativo más grande que cada una de las organizaciones o instituciones involucradas. Las nuevas necesidades suelen forzar a una redefinición de la organización interna por parte de las empresas e instituciones, pero sobre todo obligan a una reestructuración de las relaciones externas para la investigación y el aprendizaje (Sutz, 2000). El problema ésta en que para vincular ese conjunto de relaciones es necesario "domesticar" un buen número de dificultades y obstáculos que tienen su origen, no en los individuos sino en la naturaleza contradictoria de muchos de los agentes que interactúan; la deficiente comprensión de esta realidad ha sido una de las causas que se pueden atribuir a buena parte de los fracasos de las políticas tecnológicas puestas en marcha (Jonson y Lundvall, 1994; Corona, Dutrenit y Hernández, 1994).

No es difícil constatar la existencia de una lógica y unos objetivos diferentes entre el medio científico y el medio industrial, lo cual plantea el problema de su armonización o, en todo caso, de su compatibilización (Corona, Dutrenit y Hernández, 1994). Existen factores en la relación entre estos espacios que pueden ser contradictorios. Por un lado, la industria exige periodos de maduración cortos e impone la conservación de los resultados, en tanto que en la investigación se requieren periodos en general más largos y, la validación científica exige la publicación de los resultados. A pesar de ello pueden destacarse diversos factores que contribuyen a darle coherencia a esa relación: i) el propio financiamiento, que es

¹³ Ya se han apuntado las limitantes que presenta la teoría neoclásica para explicar la tecnología.

tendencialmente creciente; ii) la creciente dependencia de las industrias respecto de los avances de la ciencia; iii) la red de organismos consultivos mixtos; iv) los intercambios personales formales e informales; v) la introducción de cambios institucionales, etcetera.

En este capítulo se trata de mostrar que la comprensión de las relaciones de vinculación entre la academia y la industria necesita un enfoque que revele las características, las formas de la vinculación y las expectativas de los actores de este tipo particular de vinculación.

Es difícil pensar que los cambios tecnológicos no hubieran dado pauta a considerar la producción en conjunto; desde la investigación, el proceso de fabricación, el diseño e industrialización, hasta su comercialización. Los problemas técnicos y la lógica económica-productiva en cada una de esas fases son diferentes, razón que, de partida, muestra la importancia de comprender y estudiar las condiciones para su vinculación.

La vinculación varía enormemente según las ramas, la etapa histórica considerada y la fase de evolución de cada producto. Y también deben considerarse las condiciones o influencias que el entorno socioeconómico e institucional introducen tanto en su configuración como en su evolución.

En general, entre los economistas la ciencia ha sido una galaxia aparte en un contexto en el que incluso la técnica es considerada exógena. En los últimos años existe un intento de explicar la *creación de tecnología* en el enfoque secuencialista de la innovación pero, a pesar del avance que esto significa, no fue capaz de interiorizar el análisis de la vinculación real existente entre la investigación científica y tecnológica con la creación de oportunidades de inversión. Otro tipo de estudios como los de Rosemberg intenta integrar la investigación industrial y la difusión de la tecnología. Sin embargo, son muy escasos aun los estudios que abordan de forma central las relaciones entre "las ciencias" y la producción (Masahiro, 1998).

a. Ciencia y producción

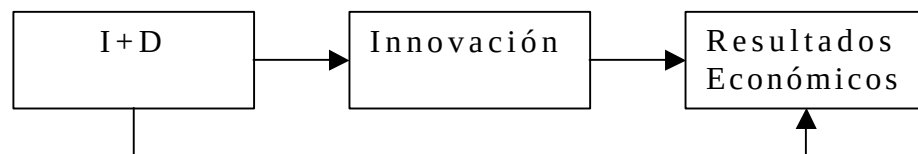
La ciencia no tuvo un papel importante y sistemático en la producción hasta una época más o menos reciente (siglo XIX) en la que se reúnen ciertas condiciones que hacen posible su aparición. La ciencia y la tecnología no son fuerzas autónomas sino que son un resultado social e histórico incluido en las transformaciones productivas. La ciencia en particular no es un círculo autónomo de la actividad humana, sino que la producción científica debe entenderse más bien como una actividad social que responde a fuerzas económicas (Sutz, 2000). Los cambios en las características y condiciones de la actividad productiva, por un lado, inducen el desarrollo de la ciencia y, por otro, sólo a partir de la introducción del maquinismo es posible su aplicación y desarrollo.

En cierto sentido, los orígenes de la ciencia han originado un cierto tipo de dependencia por parte de ésta a la industria. La relación de retroalimentación ha sido en general una orientación de la investigación científica a responder las exigencias cambiantes de la industria, hecho este que se ha fortalecido actualmente.

En el enfoque neoclásico, la ciencia se considera como un *dato* en cuyo análisis el economista no necesita ahondar, del mismo modo que incluso la técnica se considera también exógena al modelo. En los análisis de la innovación donde la idea predominante es la schumpeteriana¹⁴, se parte de la hipótesis de que la evolución científica y tecnológica determina un campo de opciones, en cuyo interior cada entorno socioeconómico y los actores sociales guardan un margen de autonomía para elegir entre las posibilidades a seguir¹⁵. En el primer caso la ciencia y la técnica son variables exógenas a las que la dinámica social se limita en una dependencia de tipo determinista, y en el segundo, la ciencia es exógena y los agentes sociales se limitan a seleccionar entre un abanico de posibilidades que la ciencia y la técnica ofrecen. Esta afirmación puede ser una simplificación muy general, pero posible. Vistas así, ambas variantes corresponden a un modelo tradicional en el que las relaciones de causación son de tipo lineal y ordenadas en el tiempo con la forma: ciencia → tecnología → producción → mercado.

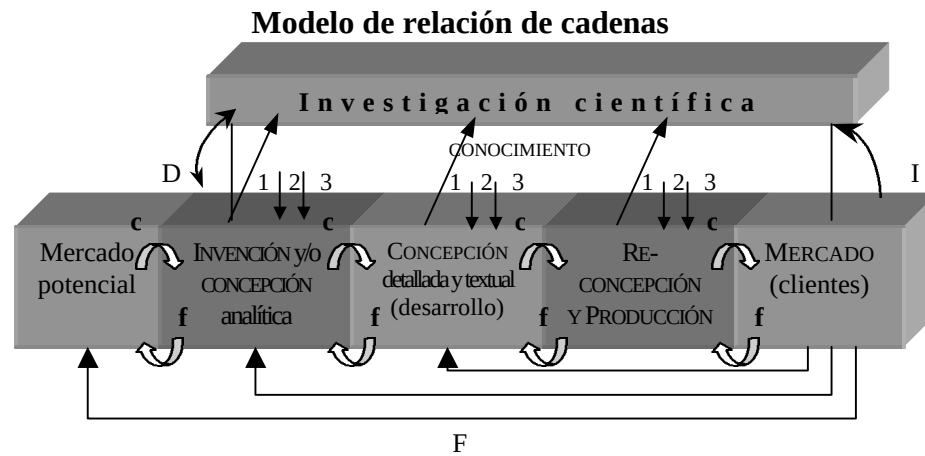
La problemática privilegiada en estos enfoques es la de los "efectos" del cambio tecnológico, dejando de lado las condiciones de producción de los conocimientos científicos y técnicos así como los factores y relaciones recíprocas que orientan la evolución de estos últimos. Un modelo que intenta incorporar ese conjunto de retroalimentaciones es el desarrollado por Kline y Rosemberg conocido como "modelo de relación de cadenas" (*Chain linked model*).

Figura 3
Relaciones del sistema ciencia tecnología (modelo lineal)



¹⁴ Que en buena medida recuperan los evolucionistas

¹⁵ De aquí se entiende la idea del "paradigma tecnológico".



[C]: cadena central de la innovación

[f]: feedbacks entre las fases sucesivas de la cadena C

[F]: feedbacks entre el mercado y las fases de la cadena C

[D]: relaciones directas entre innovación e investigación

[I]: relaciones directas entre mercado e investigación

[1,2]: relaciones indirectas entre investigación y las fases de la cadena C

[3]: relación entre investigación y la cadena central

b. Tendencias en la relación entre ciencia, industria y mercado.

La integración reciente (desde finales del siglo XIX y principios del XX) entre la investigación científica y la actividad productiva ha dado origen a dos transformaciones destacadas.

La primera gran transformación es la materialización de los conocimientos científicos y técnicos mediante la conversión de los datos de la investigación en productos. Esa materialización de los resultados de la ciencia forma parte de un movimiento más general de mercantilización de "bienes" no materiales cuya característica común es la de contener un alto grado de información y conocimientos (Hagedoorn y Schakenraad, 1992). En el ámbito de la producción la importancia de la "concepción", de la "organización", de la "gestión", de la "comercialización", y de todo lo que se denominan intangibles, tuvo un crecimiento constante. Incluso la producción y gestión de información llegó a constituirse como una rama de producción aparte (asesorías y servicios a empresas, oficinas de estudios, ingenierías, etc.). En particular, la producción de conocimientos y de tecnologías constituye una actividad diferenciada no sólo en el interior de las empresas sino que existen empresas cuya actividad es la producción y comercialización de conocimientos y tecnología.

La segunda gran transformación consiste en la industrialización de la investigación científica. Los rasgos básicos de esta industrialización se hallan en la división del trabajo científico, la mercantilización de conocimientos, la mecanización y la automatización que contribuyen a materializar el conocimiento científico. La aceleración de la competencia introduce un ritmo de investigación y de obsolescencia rápida de los conocimientos científicos. A su vez, esto induce una dinámica de competencia entre los equipos de los

investigadores, cuya "eficacia y productividad" será medida con criterios de evaluación y gestión análogos a los aplicados en la esfera industrial.

Aunque lo anteriormente dicho es una tendencia conviene entender que tales transformaciones pueden agrupar, pero también diferenciar. La actividad investigadora no es homogénea; los objetivos inmediatos y las formas de organización y gestión son diferentes por ejemplo entre la investigación y el desarrollo tecnológico que hacen las empresas y, la investigación realizada en los organismos públicos, particularmente, en las universidades

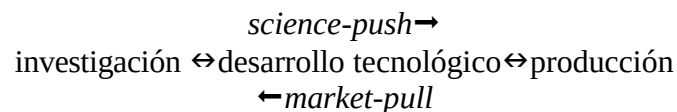
Precisamente esta heterogeneidad es fundamental para comprender la vinculación entre la academia y la industria en su conjunto, y acercarse más a enfoques reales.

c. Modalidades y formas generales de las relaciones ciencia -producción

Es muy importante señalar que tanto el proceso de creación de la investigación como las modalidades de las relaciones entre ésta y la producción industrial no son homogéneas ni responden a un modelo único y universal. En su lugar, más allá de ciertas características y tendencias comunes existe una diversidad de configuraciones muy considerables. La misma infinidad y originalidad de los problemas a resolver explica la heterogeneidad de configuraciones, de modalidades de las relaciones y de forma de organización de las transferencias de resultados entre investigación y producción. Estas expresan tanto la diversidad de ramas científicas y de especialidades existentes como de ramas industriales, de entornos socio-institucionales y de tipos de empresas. Por lo anterior, el establecer algunos criterios de diferenciación en las actividades de investigación y desarrollo tecnológico tiene que ser de utilidad.

Pueden distinguirse al menos cuatro factores y razones que exigen una diferenciación en las modalidades de las relaciones entre ciencia y producción.

- i. La necesidad de matizar la concepción general de la relación ciencia-producción. En un plano ampliamente difundido se acostumbra establecer una distinción entre tres campos sustancialmente distintos: Ciencia-Tecnología-Industria o, en otros términos, Investigación-Desarrollo tecnológico-Producción. Pude decirse incluso que convencionalmente se establece una secuencia de determinaciones unidireccionales en cascada entre estos tres momentos, en unos casos de arriba abajo (teorías de empuje de la ciencia o *science-push*), e inversamente en el caso de teorías de demanda de innovaciones (*market-pull*).



Este tipo de diferenciación es válida a nivel global, e incluso ese tipo de acontecimientos ordenados puede corresponder con lo que ocurre en cierto tipo de actividades, particularmente en las "industrias basadas en la ciencia", pero ello no debe impedir observar que esas relaciones son mucho mas complejas. En ellas entran en juego mas factores que los considerados por estos dos grupos de teorías citados; sobre todo, porque esas relaciones variarán mucho según los ejes científicos e industriales

considerados y porque los vectores del impulso casi nunca serán unidireccionales. De hecho, la observación empírica obliga a un cuestionamiento de la forma general $C \rightarrow T \rightarrow I$ por resultar excesivamente simplificadora tanto en lo que se refiere a la separación entre estos tres momentos como al orden secuencial entre ellos, la evidencia ha mostrado:

- a. La actividad productiva se ha ido traduciendo históricamente en un crecimiento de la demanda de ciencia, sobre todo a partir de la introducción de sistemas de maquinaria y de los comienzos de la producción en masa de productos estandarizados. La necesidad de nuevas materias primas y materiales, de nuevas fuentes energéticas, de nuevos sistemas de comunicación e información, etc., llevaron consigo una apelación creciente a las posibilidades de las diferentes ramas de la ciencia.

A este nivel las relaciones academia-industria presentan tres aspectos que conviene destacar y que matizan las visiones excesivamente genéricas: a) el recurrir a la investigación puede ser secundario en lo que se refiere a los ejes centrales de la evolución de las condiciones de la producción; b) en la mayoría de los casos se trata de utilizar industrialmente conocimientos ya existentes previamente, de tal forma que la utilización de la ciencia no exige necesariamente la creación de nuevos conocimientos o ideas sino, sobre todo, una capacidad para combinar y adaptar los conocimientos básicos existentes a las necesidades concretas y; c) la dinámica de las relaciones entre la academia y el sector productivo está marcada por un proceso complejo de interacciones (*feed-backs*) entre la oferta/demanda de mercado y la ciencia, así como por una articulación de las modificaciones que la ciencia provoca en las condiciones de producción y las modificaciones originadas dentro de la propia producción inmediata.

- b. Por otro lado, el contenido del trabajo científico no se reduce a la producción de conocimientos teóricos sino que las actividades que se desarrollan dentro de los laboratorios tienen también un contenido tecnológico más o menos importante; se *ponen a punto* nuevas técnicas, nuevos procesos y modos de manipulación de instrumentos y herramientas de trabajo y de sus efectos, nuevos instrumentos y nuevos modos de manejarlos, nuevas cualificaciones, etc., que posteriormente pueden ser transferidas y aplicadas en usos industriales. Por lo tanto, en los laboratorios de investigación no se producen exclusivamente conocimientos científicos sino que, como subproducto¹⁶, también se producen y experimentan resultados tecnológicos e incluso nuevas formas de organización y gestión.

En consecuencia, las relaciones entre ciencia-tecnología-industria no pueden ser vistas como actividades separadas ni tampoco vinculadas con relaciones de determinación lineal entre ellas ($C \rightarrow T \rightarrow I$) sino que deben aprehenderse como un sistema (no necesariamente un SNI) de relaciones de influencia recíproca cuyo vector dominante depende de las ramas científicas e industriales en cuestión, del periodo histórico y del momento en la historia particular de cada una de esas ciencias e industrias. En algunas ramas concretas se observa una inclusión cada vez mayor entre tecnologías de

¹⁶ En el caso del Zinalco, la transferencia rebasó estas generalidades.

investigación y tecnologías de producción, difuminando cada vez más las fronteras entre estos dos campos. Esta "cientifización de la producción" o "industrialización de la investigación" no es, sin embargo, un fenómeno absolutamente generalizado sino que afecta sobre todo a las actividades ligadas a las nuevas tecnologías (Fransman, 2000).

- ii. Un segundo criterio de diferenciación entre las modalidades de las relaciones ciencia-producción consiste en introducir las especialidades de las diferentes ramas de actividad, distinguiendo dentro de ellas líneas de producción con procesos de producción y sistemas técnicos específicos. Los criterios para establecer esa división y clasificación del sistema productivo son diversos pero, en la medida en que permitan considerar la evolución y transformación de los procesos de producción, permitirán delimitar la forma de la relación entre la investigación y la producción.

Tomando en consideración el lugar y la importancia que desempeña la investigación en el funcionamiento y evolución de cada proceso de producción se pueden distinguir, en primer lugar, las "industrias basadas en la ciencia" frente a todas las demás. La intensidad de las transferencias directas de la investigación básica a las fases aplicadas y de desarrollo es elevada entre la biología y el sector químico y el farmacéutico y entre la física aplicada y la industria electrónica; en cambio, es muy baja en las industrias mecánicas o en la del automóvil.

Desde una perspectiva bifurcada, la naturaleza de la relación academia-industria dentro de una misma rama o industria varía enormemente a lo largo de la "vida" de una innovación; la intensidad de la relación y sus características difieren entre la secuencia a través de la que se configura un nuevo sistema técnico o un nuevo paradigma tecnológico, frente a la secuencia de evolución madura de esos sistemas técnicos, que de algún modo delimitan el marco de las investigaciones e innovaciones incrementales que van a caracterizar su trayectoria futura. Dicho de otra forma, esa relación difiere en el caso de las nuevas tecnologías radicales y en el de las pequeñas mejoras (Fritsch y Lukas, 1999).

- iii. Un tercer criterio de diferenciación consiste en considerar las características del entorno socioeconómico atendiendo a factores institucionales e históricos. En esta posición hay una componente ligada a la estructura productiva del entorno considerado que se solapa en parte con lo señalado en el punto anterior. Pero existen factores de índole institucional que afectan a las modalidades e intensidad de las relaciones Universidad / empresa, que varía significativamente entre los países. También las políticas científicas y tecnológicas, los criterios de financiamiento público, los sistemas considerados exitosos, como el estadounidense, el japonés o el alemán, muestran diferencias sustanciales en las formas institucionales y en las políticas implementadas; incluso dentro de ellos existen diferentes entornos o "microespacios" con configuraciones especiales que no todos los países tienen (parques tecnológicos exitosos, tecnópolis, parques científicos, etc.) Sutz, 1999.

- iv. Un cuarto eje de diferenciación deriva de las propias especificidades de la empresa. aun para tamaños y especializaciones similares existen diferencias: a) por la importancia concedida a la investigación en la empresa; b) por la forma de organizarla (si esta será interna o externa a la empresa), de relaciones institucionalizadas y jerarquizadas o relaciones informales); c) por la misma historia de cada empresa y por las opciones tomadas en el pasado y; d) por la posición relativa en la competencia (si es líder o seguidora) y por el tipo de estrategia global de la empresa (Chesnais, 1986; Morton, 1989).

d. La I+D como parte de la innovación y la vinculación

Para analizar las relaciones academia-sector productivo desde un punto de vista económico se parte normalmente de la consideración de la información y los datos relativos a actividades de I+D. Dado que los conceptos y datos relativos a I+D constituyen el punto de referencia de casi todos los trabajos empíricos y que, por eso mismo, son utilizados de forma explícita o implícita en las reflexiones teóricas, conviene adentrarse en el significado de este tipo de categorías.

En esta perspectiva, la primera diferenciación es entre la innovación científica y tecnológica y la I+D. La innovación científica y tecnológica es "la transformación de una idea en un producto vendible nuevo o mejorado, o en un proceso operativo en la industria y en el comercio, o en un nuevo método de servicio social". Comprende, por lo tanto, actividades científicas, técnicas, comerciales y financieras necesarias para la producción y comercialización de un producto o un proceso, nuevos o mejorados. De tal forma que la I+D es tan sólo una etapa de un largo proceso de innovación que incluye otras actividades también importantes:

- La comercialización de nuevos productos (*marketing*, publicidad);
- Actividades de gestión de patentes;
- Cambios financieros y organizativos necesarios para el éxito de esa innovación;
- Perfeccionamiento de los equipos e instrumentos de producción y de ingeniería industrial;
- Formación del personal de fabricación, ensayos....

Por su parte, la Investigación y Desarrollo tecnológico (I+D), en sentido restringido, engloba los "trabajos creativos que se emprenden de modo sistemático a fin de aumentar el volumen de conocimientos para concebir nuevas aplicaciones".

1. Según el tipo de actividad se distinguen tres componentes de I+D principales:
 - a. La *investigación básica* o fundamental, que consiste en trabajos teóricos o empíricos con objeto de aumentar el grado de conocimiento sobre los fenómenos sin que se persiga una aplicación específica de los resultados;
 - b. La *investigación aplicada* se distingue de la anterior en que sí esta orientada hacia la consecución de un objetivo práctico y específico;

- c. El *desarrollo experimental o tecnológico* consiste en trabajos sistemáticos de profundización de los conocimientos existentes y derivados de la investigación y/o la experiencia práctica dirigida a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos, al establecimiento de nuevos procesos, sistemas o servicios, o a la mejora sustancial de los ya producidos o implantados.
2. Desde el punto de vista institucional pueden distinguirse dos grandes tipos de estructura de I+D:
- a. *I+D industrial*: es la realizada por empresas privadas o públicas y que normalmente se centra en la investigación de problemas ligados a las actividades productivas que desarrollan. Dentro de ésta se puede distinguir la realizada por las pequeñas y medianas empresas y la realizada por las grandes empresa industriales (que a su vez pueden realizar I+D en un gran laboratorio central o en diferentes divisiones operativas o en laboratorios en las diferentes plantas). Puede considerarse incluso la existencia de empresas cuya actividad central es la I+D y la comercialización de los resultados que obtienen;
 - b. *I+D pública y/o universitaria*: es la realizada en los laboratorios y centros de investigación dependientes de las Secretarías nacionales (o ministerios), de las Entidades federativas, o de las universidades. Los objetivos inmediatos, la organización y las formas de financiamiento son diferentes a los que predominan en las industrias. En las universidades existe una orientación más marcada hacia la investigación básica y hacia la publicación de resultados, que se plasma en los criterios de evaluación de los académicos. En este último caso los equipos suelen ser reducidos y el horizonte temporal de la investigación más extenso. Aunque existe investigación universitaria financiada por entidades privadas o cofinanciadas, sin embargo, predomina el financiamiento público; es cierto, sin embargo, que se observa en los años ochenta una tendencia general hacia una mayor participación privada en el financiamiento que coincide con una reducción de los ritmos de aumento del financiamiento público, aunque la proporción varía entre países (OCDE, 1992;1994)¹⁷.

Utilizando esta conceptualización y conjugando el criterio institucional con el tipo de actividad, se observa que generalmente la investigación básica y la gran mayoría de la investigación aplicada es realizada en los laboratorios y centros públicos y universitarios. Las razones mas importantes que explican esa distribución derivan del hecho de que estos tipos de investigación requieren -sobre todo en ciertas ramas científicas- inversiones cuantiosas en infraestructura y son proyectos generalmente largos, de resultado incierto y

¹⁷ Con referencia al *Manual Frascati* de 1980

de dudosa apropiabilidad y rentabilidad (Didriksson)¹⁸. Hasta la década de los ochenta eran relativamente escasas las empresas que realizaban investigación básica (los laboratorios centrales de multinacionales como Bell de AT&T, ICI,...); en cambio, siempre ha sido bastante mayor el número de las que realizan investigación aplicada (casi todas las empresas líderes en altas tecnologías llevan a cabo algún tipo de investigación aplicada. En extenso, la actividad predominante en las empresas es la de desarrollo tecnológico, estrechamente ligada a las necesidades inmediatas de creación, mejora y adaptación de productos y procesos, cuya realización requiere una integración de los criterios de mercado y de gestión.

Resulta obvio pero útil recalcar que no todos los productos de la actividad investigadora entran en el intercambio mercantil. Las formas que adoptan los resultados de la investigación son diversas desde el punto de vista de su utilización (publicaciones o conocimientos, experiencias, fórmulas, objetos, dispositivos, etc.) y solamente una parte de los mismos adoptan la forma de productos. La clásica distinción entre investigación básica/ investigación aplicada/ desarrollo tecnológico resulta relevante en lo que a este tema se refiere (a pesar de las señaladas limitaciones de tal división) porque es muy desigual el grado de mercantilización de los resultados que se obtienen en cada uno de esos tres tipos.

Entre los resultados de la investigación básica esta la información científica y también ciertos subproductos de gran importancia como la aplicación de instrumentos y técnicas de investigación a otros campos o la propia formación del personal científico que participa en ella. En su mayor parte, estos resultados tienen una circulación que no es mercantil (publicaciones, congresos, etc.); esto no quiere decir que el acceso a los mismos sea libre y gratuito: las publicaciones tienen un costo, asistir a los congresos también y, sobre todo, la asimilación de esa información exige normalmente inversiones importantes en capacitación e investigación por parte del potencial usuario. Es más, tanto antes como durante y después del proceso de producción de la investigación se establece un gran número de relaciones no mercantiles que son esenciales para el desarrollo de la actividad investigadora (intercambios personales, reuniones científicas, "consultas y confidencias", e incluso en caso extremo el espionaje científico...).

Las empresa puede llevar a cabo la investigación tanto en laboratorios o centros propios como por medio de contratos de investigación con centros públicos (institutos de investigación y universidades), con laboratorios propiedad de otras empresas o con laboratorios pertenecientes a una cámara empresarial.

En principio, cualquiera de esas alternativas tiene ventajas respecto a las otras. La investigación dentro de la firma permite un mayor grado de apropiación de los resultados y una asimilación tanto de los resultados iniciales como de los secundarios, de la experiencia y del *know-how*. La contratación con otros laboratorios o centros externos reduce la incertidumbre económica del proyecto porque se reducen los costos de infraestructura se aprovechan economías de escala y de especialización, puede disponerse de equipo apropiado en función del proyecto sin incurrir en los costos de formación y reciclaje de los equipos, etc.

¹⁸ Citado en Corona y Campos, 1994

e. Asimetrías y contradicciones a superar en la vinculación Universidad-Sector productivo

Una forma en que las empresas obtienen investigación es como ya se mencionó, la contratación con laboratorios de las universidades. Dada la naturaleza heterogénea de esas dos instituciones se plantea de forma muy aguda el problema de la compatibilización de las lógicas que dominan en cada una de ellas y su articulación completa como partes de un conjunto más amplio tendiente a la producción de innovaciones.

El análisis de esta modalidad de investigación debiera tener un interés teórico creciente debido a que es un campo privilegiado para analizar la articulación entre la investigación básica y la aplicada y entre éstas y el desarrollo tecnológico; al mismo tiempo tiene también un interés práctico debido al aumento de este tipo de vinculaciones en las últimas dos décadas. Además en buena parte de las economías en desarrollo como México, que presentan una escasa dotación de infraestructura de investigación¹⁹ en las empresas, la principal posibilidad de introducir a mediano plazo una dinámica innovadora proviene del aprovechamiento de la infraestructura material y humana de las universidades; existe la posibilidad también de que en estos países, la falta de tradición en cuanto a este tipo de vinculación, por lo que es necesaria una atención particular a este aspecto para lograr condiciones de viabilidad.

Aun sin pretender abordar aquí un análisis específico de la institución universitaria, parece necesario destacar alguno de sus rasgos caracterizadores más esenciales para comprender las formas y modalidades que implica su actividad investigadora así como las condiciones para sus relaciones externas²⁰.

Dentro de la variedad de configuraciones institucionales del sistema universitario en términos generales. Pueden establecerse tres características que son comunes:

- Toda universidad, sea pública o privada, es una institución que combina en proporciones variables una actividad docente y una actividad investigadora en cada una de las diversas ramas de la ciencia (Casas, 2000);
- Los criterios de evaluación de la actividad científica emanan fundamentalmente de la evolución del propio medio científico, tomando como referencia la frontera internacional ;
- Existe un régimen jurídico y unas relaciones sociales específicas y en la mayoría de los países están sometidas a un sistema funcional que regula la carrera docente e investigadora (algún ministerio o secretaría de Estado) que busca la libertad de cátedra e investigación -incluso si es relativa- (Didriksson en Sánchez, G., 1998).

¹⁹ Puede darse el caso también de que la infraestructura exista, pero no el capital para darle mantenimiento y actualización.

²⁰ Estas generalizaciones pueden acercarse más a universidades públicas. El caso de las universidades privadas, especialmente en México, puede llegar a tener diferencias importantes.

Las diferencias constitutivas del campo universitario y del sector productivo pueden entenderse a través de asimetrías que se manifiestan en los contenidos, en los objetivos, en los criterios, en los comportamientos, en la regulación institucional y aun en los valores y las pautas culturales:

- a) Asimetría entre los contenidos de la actividad universitaria y las necesidades de las empresas. La Universidad tiene como misión primordial la formación científica de los individuos que asisten a ella, a cuyo objetivo se consagraba originalmente la actividad investigadora (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000).

Esa interacción tuvo mayor o menor intensidad dependiendo de la propia capacidad material y humana de cada Universidad así como la regulación normativa y administrativa que les da forma. La tendencia general en las últimas décadas apunta hacia una inversión en la jerarquía de los objetivos: la introducción de formas de validación externa centrada en la actividad investigadora unida a la masificación estudiantil viene conduciendo a una progresiva conversión que ahora privilegia el objetivo de investigación sobre el objetivo docente. A pesar de esta tendencia, la existencia del doble objetivo -docente e investigador- introduce una diferencia de partida radical con respecto a la investigación en las empresas.

En segundo lugar, otra diferencia notable respecto de la industria es que la Universidad tiene capacidad de reproducirse a si misma en la medida en que es "productora de hombres" de ciencia, en tanto que la investigación industrial es "consumidora de hombres". Así pues, la Universidad, independientemente de la realización de investigación de utilidad directa para la industria, cumple una función esencial como proveedora de mano de obra investigadora tanto para ella misma como para las demás instancias de la sociedad, lo cual es indispensable para la reproducción a largo plazo del potencial científico-técnico. En la mayor parte de los campos científicos, puros y aplicados, es mayor el número de tecnologías industriales para las que son importantes la preparación práctica y la capacitación adquiridas en las universidades, que el de aquellas en las que tiene relevancia directa la investigación académica (Archibugi y Michie, 1999).

En tercer lugar, la propia pluralidad de ramas de la ciencia que potencialmente configuran una Universidad hace que la capacidad concreta de proveer a la industria de personal técnico e investigador varíe enormemente según las ramas científicas implantadas y de su correspondencia con las especializaciones industriales de su entorno. La misma consideración es válida en lo que respecta a la actividad investigadora en si misma. Existen universidades en las que predominan las especializaciones en ciencias humanas o en áreas profesionales (Derecho, Medicina, Psicología, Contaduría, etc.) que tienen poco en común con las necesidades de la innovación industrial.

- b) Asimetría de objetivos y criterios. En lo relativo a los criterios de evaluación de la actividad investigadora, que delimitan los objetivos y pautas de comportamiento de los agentes investigadores (individuos, grupos, departamentos) es fundamental retener su especificidad y autonomía con respecto a la industria.

En primer lugar, la definición de la "carrera académica" y la "lógica del *curriculum*" se establecen con criterios y valoraciones que parecen venir del propio medio científico e intentan medir el grado de novedad de los resultados publicados con respecto a la frontera científica mundial. Esto es una fuerza que distancia los objetivos inmediatos del investigador y los intereses a corto plazo de los empresarios. El primero deberá realizar sobre todo investigación básica pero las empresas, salvo unas pocas a nivel mundial, raramente están en condiciones de vender resultados de la investigación de punta; sus necesidades suelen ser mucho más específicas y no requieren tanta novedad científica. Esto resulta casi inevitablemente en una distancia temática y metodológica que se puede ver en casi todo el mundo, aun en los países con mayor tradición vinculadora.

Esta situación puede ser más preocupante en el caso de países como México. En la discusión general sobre la vinculación se destaca un problema nodal: las empresas no buscan tecnología sino solución a sus problemas, y esperan encontrarlas en las universidades. Hay diversas razones que acentúan las distancias. Una, porque los objetivos del campo científico tienden a situarse en niveles insuficientes para acometer la resolución de problemas industriales completos; dos, se ve muy influenciada por la evolución de la frontera científica marcada por los países más desarrollados -a cuyos medios de difusión intenta llegar- así la ciencia se distancia de una industria que en términos generales no tiene ninguna posibilidad de beneficiarse de forma directa de ese tipo de progreso científico y; tres, tampoco desde las industrias existentes se demanda la investigación en las ramas más desarrolladas. El efecto global es análogo a la "fuga de cerebros", la investigación realizada por éstos, en caso de comercializarse por alguien, lo será por parte de empresas de países desarrollados, esto genera por absurdo que parezca una "transferencia científica inversa".

Un elemento que pesa con mucha fuerza es la tendencia establecida por países desarrollados a generar una "pasión por la excelencia". En países como México ésta pasión es malentendida (en el tan criticado SNI) y va conformando un círculo vicioso donde la desconexión entre academia e industria conduce a que la investigación científica este desprovista de interés para la sociedad, para la industria o que incluso este desprovista de un fin para si misma.. Una parte de las actividades de investigación realizadas puede consistir en una simple repetición de ensayos banales que en realidad sería necesario considerar como "investigación inútil" o "no investigación". En su favor podría decirse que este tipo de actividades son típicas en unidades con medios tan escasos que les impiden superar el umbral mínimo de eficacia, o que los obliga a desperdiciar esos medios en repetir "curiosidades" ya conocidas (De la Peña,1999 y 2000).

En segundo lugar, otro factor que provoca una contradicción profunda entre la lógica industrial y la universitaria es lo relativo a la publicación de los resultados. La "lógica curricular" exige la publicación y difusión lo mas amplia posible de los hallazgos de la investigación, lo que choca frontalmente con el necesario secreto industrial, una condición sin la cual no es posible la apropiación privada de los resultados. El carácter frecuentemente irreconciliable de las dos lógicas obliga al investigador universitario a optar por una de las alternativas: seguir la carrera como investigador "académico" o

continuar como investigador "industrial". Los elementos en juego afectan tanto a la remuneración (en general puede ser mayor la que recibe en la industria) como a la envergadura de los proyectos. La alternativa académica puede tener como contrapartida una carrera académica, un reconocimiento científico y una menor dependencia.

- c) Asimetría de los comportamientos y dificultad para la independencia del investigador universitario. Un tercer elemento que influye en la relación universidad-empresa es precisamente el costo de oportunidad entre la libertad investigadora y la servidumbre de los compromisos y de los plazos. Frente a la relativa libertad en la elección de proyectos de investigación de la que disfrutaban los investigadores universitarios se opone la concreta delimitación de objetivos perseguidos por la empresa que financia un proyecto o un contrato de investigación. A lo largo del periodo de investigación pueden verse en la obligación de aceptar "sugerencias" y cambios que la empresa considera oportunos. De igual forma, las restricciones de tiempo establecidas en el contrato deben ser respetadas independientemente de los imprevistos que pudieran ocurrir a lo largo del proyecto; en cambio en la investigación universitaria suele existir una mayor flexibilidad.
- d) Por último, es destacable la importancia de un factor global que afecta a todos los anteriores: la regulación institucional de la actividad investigadora y de las relaciones universidad-sociedad. La universidad y el sector productivo tienen regímenes diferentes y, por lo tanto, mecanismos de toma de decisión y de gestión muy diferentes. Debido al carácter público de la institución universitaria se impone una regulación estatal de su función, de su funcionamiento y gestión dentro de los márgenes de la autonomía que cada Estado le otorga. Para la problemática que se considera aquí, resulta particularmente importante la reglamentación de:

1. Las posibilidades de establecer contratos con entidades privadas;
2. Las modalidades de esa contratación;
3. Las condiciones para la misma.

Hasta hace relativamente poco tiempo la presión de la sociedad y de la industria sobre la investigación universitaria era poca, razón por la que en muchos casos no se contemplaba la posibilidad de realizar contratos con empresas privadas. En los años setenta y ochenta se produjo un cambio importante en la mayoría de los países. Por un lado, con la crisis económica y la crisis del "Estado de bienestar", se redujo el ritmo de aumento de fondos públicos para la Universidad, lo que obligó a modificar los criterios desde el interior de la Universidad y desde la legislación general. Por otro lado, la velocidad del cambio tecnológico y la creciente importancia de la investigación en el desarrollo de la producción industrial modificó las necesidades de las empresas. Y a su vez, los dos cambios anteriores provocaron un cambio en la política pública de financiamiento de inversión en I+D, que se fue convirtiendo en uno de los elementos relevantes de la política industrial. Todo ello tuvo como resultado un aumento del interés mutuo por incrementar los vínculos universidad-empresa (Didriksson en Sánchez, G., 1998).

Ese cambio exigió una serie de modificaciones del marco jurídico y el establecimiento de nuevos mecanismos institucionales que permitieran la existencia

efectiva de tales relaciones. Sin embargo, las formas concretas de reglamentación de las relaciones universidad-empresa varían enormemente entre los países e incluso entre las Universidades de un mismo país, lo que hace pensar que las variables específicamente institucionales y el entorno tienen un importante grado de autonomía.

- e) Un elemento de orden socio cultural e ideológico tiene mucha relación con el punto anterior. La dimensión que tiene el sistema universitario y la democratización de su funcionamiento, la relativa ruptura de las jerarquías, la modificación de los valores que consideraban un "santuario de la ciencia", la "nobleza de la ciencia" o el desprecio de ésta por las "actividades consumistas de las empresas", son cambios fundamentales en la cultura universitaria sin los cuales no se podría concebir una relación intensa con el sector productivo. Estos cambios no significan que haya desaparecido por completo la desconfianza a contratar con la industria, ni que esas sean las únicas razones para que ello no ocurra. Por el contrario, como se indicaba anteriormente, existen lógicas vigentes que conducen a ese rechazo, así como investigadores que resisten a esa relación con la industria por el miedo a convertirse en "dependientes" de las empresas y por las implicaciones que a largo plazo se pudieran presentar en la institución universitaria, particularmente por el progresivo abandono de la investigación básica, que es la que va abriendo nuevos horizontes científicos.

Este breve resumen de contradicciones y asimetrías entre la academia y la industria se han presentado con el objetivo de recalcar los obstáculos generales que se superan cuando se logra la vinculación y no para exacerbar las dificultades. En los casos en que logra concretarse la vinculación debe considerarse este conjunto de factores y valores, que no necesariamente deben verse como un paquete o una receta. En ocasiones se logran limar todas estas asimetrías, pero en otras, al superar sólo algunas de ellas es posible lograr algún grado de vinculación.