

Dinámica de la estrategia de innovación: el caso de Colombia

Alejandro Alvarado B.¹

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe suficiente evidencia para sustentar el consenso de que el cambio técnico es la fuente más importante del crecimiento económico. Esta evidencia ha contribuido a revivir el punto de vista de los economistas clásicos sobre el papel fundamental de la tecnología en el desarrollo económico y ha cuestionado los principales modelos estáticos que consideran el cambio tecnológico como una variable exógena no-económica. En las últimas dos décadas, se ha generado interés en este campo tanto a nivel teórico como empírico. Sin embargo, como Freeman (1994) precisa, el campo de la innovación es una continua paradoja en la teoría eco-

nómica porque, a pesar de que se acepta la importancia crítica de la innovación tecnológica, el tema ha sido relativamente ignorado por la literatura relevante. Esto se explica en parte por las limitaciones de datos y por los desafíos metodológicos con respecto a la medición de la innovación tecnológica que quizás han desmotivado el análisis de sus determinantes y sus efectos, especialmente a nivel microeconómico.

El planteamiento de Grossman y Helpman (1994) acerca de que "uno debe entender los determinantes del desarrollo tecnológico de un país para entender su desempeño a largo plazo" estimulan la investigación en este campo. Estudios sobre la microeconomía del cambio técnico probablemente pueden arrojar resultados más fructíferos que "el callejón seductor pero oscuro de las funciones de producción agregadas" (Nelson y Winter, 1977). El trabajo empírico en el campo de la innovación todavía está en una etapa primitiva debido a las limitaciones de los datos y a la carencia de teorías robustas de la innovación. La mayoría de los estudios se limitan al uso de los indicadores tradicionales de innovación

¹ Este artículo es derivado de la disertación para el Ph.D. (Universidad de Cambridge, 1999). El autor agradece el apoyo financiero de Colciencias y la colaboración de un gran número de personas que participaron en el desarrollo de la encuesta tecnológica (DNP-UDE, Colciencias), así como los comentarios recibidos a lo largo del desarrollo de la disertación para el Ph.D., entre otros, Prof. Ajit Singh, Prof. Chris Freeman, Dr. William Peterson, Dr. Jorge Katz, Dr. Luis Jorge Garay, Alan Hughes, Dr. Suma Athreye, Dr. Eric Wood, Jose Miguel Benevente, Dr. Jose Antonio Ocampo, y Arturo Garcia.

-principalmente datos de I&D y de patentes- los cuales tienen desventajas ya reconocidas. Más aún, los datos a nivel de la firma basados en encuestas de innovación están confinados a las economías de la OECD. Por lo tanto, hay una falta de comprensión de la dinámica de la innovación, particularmente en economías en desarrollo. Los estudios empíricos microeconómicos sobre innovación se centran generalmente en la evaluación de las hipótesis convencionales -los efectos del tamaño de la firma y la concentración del mercado en la actividad innovadora. Observar resultados robustos a través de países y modelos es raro, si es que se observan. Sin embargo, se ha encontrado que factores a nivel de la industria afectan sustancialmente la actividad innovadora, respaldando el énfasis que hacen Nelson y Winter (1977) en la importancia del análisis específico de la industria y de tener en cuenta diferencias en las oportunidades y trayectorias tecnológicas. No obstante, la comprensión y la medida del concepto oscuro de la oportunidad tecnológica es un desafío. Además, la relación entre oportunidad tecnológica y concentración del mercado, y la importancia relativa de estos últimos, son asuntos que continúan sin resolver en los niveles teórico y empírico. Adicionalmente, la conjetura Schumpeteriana del tamaño de la firma -donde el tamaño es una *proxy* de las capacidades- debe revisarse dentro del paradigma tecno-organizacional que modela la dinámica competitiva actual. Las variables proxy para capacidad de la firma y factores organizacionales deben ser consideradas directamente para tales propósitos. En resumen, "aún queda un territorio desconocido y su exploración de ninguna forma es sencilla" (Freeman, 1991).

Dado el impacto de la innovación en el crecimiento, una mirada detallada a los factores que influyen en la actividad innovadora en una economía en desarrollo es de gran interés tanto para académicos como para formuladores de política. Este trabajo examina

la dinámica de la actividad innovadora a un nivel microeconómico detallado con base en datos de firmas industriales en Colombia. Proporciona información nueva sobre una economía en desarrollo y examina esta información dentro de un marco analítico que tiene en cuenta hechos estilizados relevantes. El análisis va más allá de evaluar los planteamientos convencionales que han sido explorados con datos de las economías de la OECD (i.e., los planteamientos Schumpeterianos). El trabajo explora factores que pueden ser de particular importancia para la innovación en las economías en desarrollo, especialmente las capacidades de las firmas y factores organizacionales y, con este procedimiento, se caracteriza la naturaleza de la innovación en economías en desarrollo.

Las variables utilizadas para el análisis se crearon a partir de una extensa encuesta realizada a nivel nacional en 885 firmas industriales². La innovación fue definida en un sentido amplio y estricto para capturar un amplio rango de actividades innovadoras, y de esta manera no limitar el estudio a los indicadores usuales. La innovación en el sentido estricto se basa en esfuerzos formales de I&D y conduce a la introducción de tecnologías nuevas y valiosas que no están disponibles en el mercado. La innovación en sentido amplio y los "esfuerzos de adaptación" incluyen la imitación, la adquisición, y la adaptación de nuevas tecnologías desarrolladas por fuera de la firma³. Es importante destacar que la I&D pueden jugar un papel particularmente importante en apoyar la adaptación de tecnologías desarrolladas externa-

² El autor dirigió la encuesta de innovación mientras trabajó en el Departamento Nacional de Planeación - División de Desarrollo Tecnológico (1995-97).

³ Innovación estricta se define como un cambio ascendente de la frontera de posibilidades de producción (PPF) y la innovación amplia implica un cambio hacia la PPF.

mente y la imitación de nuevos productos en economías en desarrollo, en este caso incluidas dentro del concepto de "esfuerzos de adaptación"⁴. También, debe anotarse que la evidencia reciente (OECD, 1997) indica que dichas actividades pueden ser igualmente importantes para el crecimiento de la productividad en países en desarrollo.

Este trabajo contribuye al debate sobre el tema en varios frentes. Primero, proporciona una evidencia nueva, sistemática y directa sobre innovación a nivel de firma para una economía en desarrollo. El análisis de dicha evidencia arroja luz sobre temas que no han sido discutidos por la literatura pertinente. En segundo lugar, el estudio introduce nuevos conceptos sacados de varias corrientes de literatura y tiene en cuenta factores que son pertinentes para las economías en desarrollo y para el paradigma corporativo tecno-organizacional actual. Finalmente, proporciona un extenso análisis econométrico que arroja luz sobre el papel de los factores a nivel de la firma y de la industria sobre la actividad innovadora dentro de un enfoque de etapas en el proceso de decisión de la innovación.

La siguiente sección resalta las principales limitaciones de la literatura, y desarrolla un marco analítico ecléctico basado en diversas escuelas de pensamiento. En la sección 3 se describe el marco conceptual de la encuesta de innovación y las principales características de la muestra. En la sección 4 se presenta una breve descripción analítica de la taxonomía de los indicadores de innovación. En las secciones 5 y 6 se presentan los resultados del análisis econométrico de los modelos de innovación de insumo (*input*) y producto (*output*). Las conclusiones analizan las implicaciones de los resultados.

II. LA MICROECONOMIA DE LA INNOVACIÓN

Esta sección resume los principales resultados teóricos y empíricos de la literatura e introduce conceptos de la literatura evolutiva y de gestión⁵. Después de discutir brevemente los planteamientos de Schumpeter, se argumenta que los efectos del tamaño de la firma en el proceso de innovación deben evaluarse conjuntamente con variables proxy directas para los factores organizacionales y de capacidad a nivel de la firma. El análisis sustenta el punto de vista de la firma como un agente interactivo de aprendizaje que acumula capacidades tecnológicas y organizacionales a través del tiempo. Se argumenta que los factores a nivel de la firma afectan significativamente su estrategia de innovación, y que la innovación modela "la senda de dependencia" (path dependency) de la firma. La atención entonces se dirige hacia la importancia de las diferencias en las trayectorias tecnológicas y en las oportunidades a través de las industrias. Este análisis se emprende dentro de un marco que distingue ciertos factores que son de especial importancia para las economías en desarrollo.

Schumpeter proporcionó un marco analítico para el estudio de la innovación que dio más importancia a la historia que a la modelación matemática formal. La mayoría de estudios microeconómicos de la innovación todavía se fundamentan en la hipótesis principal de Schumpeter que argumenta que las grandes empresas modernas con departamentos profesionales de I&D en mercados concentrados son las principales fuentes de innovación tecnológica. Las contribuciones teóricas posteriores se centraron en el papel del estímulo externo en la innovación, del cual surgió el debate impulso- tecno-

⁴ Katz (1987); Freeman y Soete (1997); Lall (1987; 1997).

⁵ Véase Alvarado (1999) para una revisión completa de la literatura.

lógico (technology-push) versus jalonomiento de demanda (demand-pull). El aporte inicial dentro de este marco vino de Schmookler (1966), quien formuló y proporcionó soporte empírico para la hipótesis del "jalonomiento de demanda", donde los factores de demanda se consideran un estímulo fundamental para la actividad innovativa. Por lo tanto, Schmookler (1966) demostró que los sectores con un crecimiento del producto más alto "jalonaron" los procesos de innovación a una tasa más alta que los sectores con crecimiento más bajo.

Las encuestas recientes sobre innovación en países de la OECD han permitido que la profesión mejore el entendimiento de los determinantes de la innovación de manera sistemática. Sin embargo, la mayoría de los estudios se limitan a la evaluación de hipótesis convencionales, principalmente los efectos de la concentración, el tamaño de la firma y los factores de demanda sobre la innovación, medida principalmente por el gasto en I&D o a través del número de patentes. La literatura ha utilizado dummies de la industria para medir los efectos industriales sobre la innovación. Las variables proxy adecuadas y confiables no han sido desarrolladas ni utilizadas para medir los efectos de las diferencias en oportunidades tecnológicas a través de las industrias. Todavía existen profundas brechas en la literatura tanto a nivel teórico como empírico que deben ser superadas para mejorar nuestra comprensión de la microeconomía de la innovación, especialmente en el marco de una economía en desarrollo.

Los análisis empíricos están lejos de alcanzar resultados robustos. Sin embargo, se pueden sacar dos conclusiones principales de la revisión de la literatura. Primero, la evidencia proporciona un gran apoyo a la propuesta inicial de Nelson y Winter (1977) con respecto a la importancia crítica de los factores a nivel de los sectores industriales (industry

effects) para los patrones de innovación. Sin embargo, todavía debe aprenderse mucho sobre las fuentes y el impacto de las diferencias en las trayectorias y en las oportunidades tecnológicas, así como en los factores organizacionales a nivel del sector industrial. En segundo lugar, las contribuciones teóricas dentro de la literatura evolutiva han precisado las limitaciones del marco analítico neoclásico estándar donde se considera a la firma como una "caja negra" (black-box), en donde se asume que las firmas son homogéneas al interior de una industria dada, y la tecnología es un parámetro dado. La discusión destaca la necesidad de considerar los hechos estilizados relacionados con el desarrollo de la capacidad de la firma y los factores organizacionales. Se propone que los estudios de innovación deberían ir más allá del tamaño de la firma para explorar otras características de la firma relevantes que moldean el comportamiento innovador.

Los estudios sobre innovación generalmente carecen de una taxonomía comprensiva sobre actividades de innovación. A menudo esto causa confusión lo cual dificulta el logro de una síntesis de resultados de los estudios en este campo. Por lo tanto, es importante distinguir brevemente los principales conceptos relacionados con "innovación". Las distinciones de Schumpeter entre invento e innovación son comúnmente usadas⁶. Schumpeter simplificó el proceso de difusión asimilándolo a la tarea trivial de incorporar las tecnologías existentes por parte de empresarios pasivos. Sin embargo, se ha reconocido ampliamente que el proceso de difusión es complejo en la medida en que la tecnología está sujeta a una transformación significativa por parte

⁶ El invento está normalmente relacionado con la materialización de una idea en una "tecnología" real (un prototipo que puede ser patentado). La innovación se refiere a la introducción real de una nueva tecnología - por ejemplo, la venta de un nuevo producto en el mercado.

de la firma en sus esfuerzos de adaptación y mejoramiento. Los supuestos estáticos generalmente utilizados en los estudios en donde los productos se difunden inmodificados no son realistas. El apoyo de los esfuerzos en I&D al proceso de difusión de tecnologías juega un papel importante, especialmente en economías en desarrollo (Katz, 1984; Bell, 1984, 1991). Desafortunadamente, la literatura usualmente ha ignorado este tema, asumiendo que la tecnología es igual para todas las firmas y que su incorporación es automática y libre de costos.

A. Planteamientos Schumpeterianos como punto de partida

El punto de vista de Schumpeter sobre el crecimiento económico estaba basado en un proceso de "destrucción creativa" impulsado por la búsqueda de ganancias extraordinarias vía innovación. En este proceso, el espíritu de toma de riesgos de los empresarios puede llevar a que las nuevas firmas desafíen las firmas establecidas a través de la innovación. En este marco teórico se destaca la posición favorable de las grandes firmas por el poder del mercado para la innovación. Sin embargo, como Kamien y Schwartz (1975) anotaron, "por la naturaleza misma de este proceso la posición de monopolio alcanzada a través de la innovación es temporal. Es susceptible de ser erosionada a través de la imitación y la usurpación de las nuevas innovaciones". Así, es importante tener en mente que el marco teórico Schumpeteriano no es una estructura estática. Por lo tanto, las nuevas firmas (pequeñas), también juegan un papel importante en el proceso de destrucción creativo basado en la actividad innovadora.

La literatura ha simplificado erróneamente las hipótesis originales de Schumpeter, especialmente en relación con el tamaño de la firma. Esto puede explicar por qué ha habido resultados eclécticos de pruebas empíricas de los denominados "plantea-

mientos Schumpeterianos". Los observadores cuidadosos, tales como Cohen y Levin (1991) y Nelson (1988b), han distinguido entre las opiniones de Schumpeter y su interpretación por parte de la profesión. Cohen y Levin (1991) advirtieron que la literatura basa, de manera negligente, los modelos de innovación en la interpretación del autor de los planteamientos Schumpeterianos, implicando por lo general un efecto continuo del tamaño de la firma y la concentración en la innovación. Por ejemplo, el argumento de Schumpeter no implicó que la intensidad del aporte de la innovación debe aumentar con el tamaño de la firma. La propuesta de Schumpeter era más débil, "sugiriendo que los laboratorios de I&D formalmente organizados, administrados por empresas grandes son la fuente de la mayoría de la innovación en una sociedad capitalista". De ahí que, Schumpeter en "Capitalismo, Socialismo y Democracia" quiso enfatizar la importancia de las grandes empresas modernas con laboratorios de I&D científicos como las principales fuentes de innovación. Desde otra perspectiva, él argumentó que "una estructura de mercado que involucra grandes firmas con un grado considerable de poder de mercado es el precio que la sociedad debe pagar por un avance tecnológico rápido". Sin embargo, esto no implica que los fuertes lazos entre el tamaño de la firma y la actividad innovadora no deban explorarse. Por tanto, para ser justos con Schumpeter, debemos recordar que la proposición inicial de Schumpeter es más débil de lo que normalmente se presume por los planteamientos Schumpeterianos. Eso implica que la evidencia que rechaza la existencia de los "efectos Schumpeterianos" no puede usarse para desacreditar la validez del marco analítico de Schumpeter.

Schumpeter también estableció las bases para distinguir los diferentes patrones de innovación a través de las actividades industriales con base en lo que

comúnmente se conoce como Marca Schumpeter I (SM I) y Marca Schumpeter II (SM II). Dicha estructura es un buen comienzo para explorar la importancia de los diferentes factores que afectan la dinámica competitiva (CD) de la industria. De este modo se puede ir más allá de la concentración y tener en cuenta las trayectorias tecnológicas y los ciclos de vida de la industria. El SM I se refiere a un patrón de innovación "amplio" (Teoría del desarrollo económico, 1934) que tiende a caracterizar las tecnologías mecánicas y los sectores tradicionales de la industria (Malerba F. y Orsenigo L., 1996). Las trayectorias tecnológicas de estas industrias tienen condiciones bajas de acumulación de conocimiento, que no apoyan la persistencia del éxito innovador a través del tiempo a nivel de firma. Como resultado, estas industrias tienden a estar caracterizadas por bajas concentraciones en las actividades innovadoras, tamaño promedio de firma pequeño, baja estabilidad del puesto que ocupa la firma en términos de liderazgo en innovación y entrada alta de nuevos innovadores (Nelson y Winter, 1982; Kamien y Schwartz, 1982). El SM II se refiere a un patrón de innovación "profundo" (Capitalismo, Socialismo y Democracia, 1942), este patrón tiende a estar presente en los sectores químico y electrónico (Malerba F. y Orsenigo L., 1996). Este patrón está regido por trayectorias tecnológicas que tienen generalmente alta acumulación de condiciones de conocimiento. Estas industrias están caracterizadas por concentraciones más altas de actividades innovadoras, firmas innovadoras de tamaño promedio más grande, menores tasas de entrada y mayor estabilidad dentro de la clasificación de los innovadores.

Mientras que Schumpeter puede ser reconocido por haber puesto la innovación en el corazón de una teoría unificada de desarrollo global, su punto central fue el mundo desarrollado. Como lo anota

Freeman (1988) "él prestó poca atención a áreas periféricas". Adicionalmente, quizás debido a la ausencia de medidas satisfactorias de innovación en el momento, Schumpeter no suministró un soporte empírico para su marco teórico.

B. Abriendo la "caja negra": organización de la firma, incentivos y capacidades

La literatura sobre microeconomía de la innovación no tiene en cuenta la dinámica de la innovación al interior de la firma y sus interacciones con los agentes económicos y científicos externos. Los factores a nivel de la firma pueden ayudar a explicar porqué las firmas de tamaños similares (dentro de una industria dada) divergen en su estrategia innovadora. Es necesario desarrollar marcos teóricos alternativos para explicar cómo elementos claves de la organización de las firmas y niveles implícitos de las capacidades e incentivos de las firmas pueden moldear el comportamiento innovador de la firma, especialmente en firmas en los países en desarrollo. La brecha resultante de puntos de vista simplistas, por ejemplo la firma vista como una caja negra y la innovación como un proceso lineal, puede llenarse teniendo en cuenta hechos estilizados y tendencias del paradigma actual de mejores prácticas tecnológicas organizacionales.

La visión de "caja negra" de la firma permite el uso de modelos de equilibrio en donde las firmas homogéneas pueden optimizar su comportamiento bajo condiciones "ceteris paribus" y una tecnología dada. Esta visión simplista de la firma ha sido criticada por no considerar la dinámica de las firmas (Freeman, 1991; Stiglitz, 1991; Simon, 1991). Varios autores de escuelas de pensamiento alternativas (como G. Dosi, R. Nelson, D. Teece, entre otros) han enriquecido la teoría económica con una gran comprensión de la literatura sobre administración. En palabras de Dosi (1985a), "los estudios empíricos del

manejo de la innovación y el comportamiento de la firma han minado la teoría neoclásica tradicional de la firma. La información imperfecta, la incertidumbre, los vínculos institucionales complejos, la tecnología interna acumulativa, y la búsqueda de formas de comportamiento son característicos de la innovación, más que los cálculos ordenados, racionales y óptimos, y la previsión perfecta postulada por la teoría neoclásica". Ahora puede encontrarse evidencia substancial sustentando que el punto de vista de que las teorías neoclásicas del comportamiento de la firma, la competencia, el comercio internacional y el comportamiento del consumidor son seriamente deficientes en sus supuestos y conclusiones (Freeman, 1991).

1. Tomando en cuenta la información, el conocimiento y las capacidades dinámicas

La profesión ha reconocido cada vez más la importancia de los aspectos organizacionales de la firma que difieren de la hipótesis clásica de firmas homogéneas⁷. La nueva economía de la información ha demostrado que la información es imperfecta y costosa, también implicando que cuando las dinámicas internas de la firma se tienen en cuenta, los fundamentos de la teoría económica neoclásica pueden ser removidos. Igualmente importante, cuando se hace una distinción profunda entre información y conocimiento dentro de las teorías de la firma (Fransman, 1994), surge inevitablemente el tema de las capacidades de la firma. Quizás la implicación más importante que se puede tomar de esa literatura es que una fuente fundamental de diferencia entre las firmas son sus patrones de aprendizaje, llevando en últimas a capacidades organizacionales y tecnológicas divergentes incluso bajo

condiciones *ceteris paribus*. A pesar de los grandes aportes en este campo, una teoría de organizaciones coherente que va más allá de los factores simplistas trazados desde la economía neoclásica sigue siendo un desafío para la profesión (Simon, 1991).

Las visiones alternativas de la firma en las que la dinámica de la tecnología es una preocupación crucial se fundamentan generalmente en la escuela evolutiva. Los principios evolutivos se distinguen por prestar atención detallada a la dinámica del aprendizaje, la investigación y la adaptación mientras que están sujetos a un proceso interactivo de "selección natural" donde se les permite a las firmas tener características y estrategias diferentes. El patrón que resulta se ajusta a hechos estilizados: las firmas difieren en la tasa a la que adquieren y desarrollan las capacidades para generar, imitar y adaptar innovaciones tecnológicas y organizacionales, y por lo tanto, tienen rasgos y estrategias de comportamiento divergentes. En consecuencia, el comportamiento divergente de la firma y las brechas en las capacidades tecnológicas y las tasas de productividad entre firmas de una industria dada son objeto de atención⁸.

Dentro de un marco evolutivo, la historia de la firma importa. El éxito en la innovación depende de si se sigue la "curva de aprendizaje", a su vez determinada por 'aprender haciendo'. Alvarado (1997) destacó el creciente consenso con respecto a la restricción que enfrentan las firmas de los países en desarrollo en los mercados de factores tecnológicos. Entre las características del proceso de cambio tecnológico en países en desarrollo se destacaron

⁷ Véase Simposio sobre organizaciones y economía, Journal of Economic Perspectives, Primavera de 1991.

⁸ Esto contrasta con los modelos de organización industrial neoclásicos en donde los ajustes hacia funciones de producción similares y la convergencia hacia un "equilibrio óptimo" prevalecen.

las siguientes: i) la tecnología no es un "modelo" que puede adquirirse e implementarse automáticamente sin costos "intangibles" en entrenamiento y prueba y error; ii) las capacidades tecnológicas se necesitan tanto a nivel de firma como a nivel nacional para adquirir, utilizar, adaptar e innovar las nuevas tecnologías; iii) el proceso de aprendizaje toma más tiempo del usualmente estimado; y iv) las altas capacidades organizacionales y de administración son esenciales en el diseño y la puesta en práctica de estrategias corporativas efectivas que permitan generar ventajas competitivas en actividades industriales donde el cambio tecnológico juega un papel fundamental. A su vez, el proceso de cambio tecnológico está sujeto a: a) la resistencia cultural al cambio y fallas para reconocer la creciente importancia del cambio tecnológico como el principal factor que afecta la competitividad; b) sobre costos relacionados con el desarrollo de las capacidades requeridas; c) incertidumbre respecto al nivel y la forma de las curvas de costo y aprendizaje; y d) las fallas del mercado de capitales en los países en desarrollo asociados con mercados incompletos, además de niveles críticos de información asimétrica, entre la institución de financiamiento y la firma, que pueden restringir la financiación de proyectos tecnológicos (Stiglitz, 1989).

Finalmente, "son las tecnologías difíciles y complejas, no las fáciles, las que sufren la mayoría de las fallas en el desarrollo de la capacidad tecnológica" (Lall, 1994). Los costos, las restricciones y los riesgos de desarrollar una capacidad tecnológica aumentan con el nivel tecnológico de la actividad industrial. En este contexto, el aprendizaje acumulativo y la capacidad de desarrollo de la firma juegan un papel mucho más crucial en las empresas de las economías en desarrollo, en particular para generar ventajas competitivas dinámicas basadas en innovación.

Existe una fuerte evidencia que sugiere que las actividades I&D en los países en desarrollo mejoran las capacidades tecnológicas dinámicas de la firma. Los esfuerzos en I&D apoyan tanto el aprendizaje continuo de nuevas tecnologías como la adquisición, adaptación y mejora de tecnologías externamente desarrolladas. Esos esfuerzos en I&D en países en desarrollo han demostrado ser importantes fuentes de ventaja competitiva (Fransman y King, 1984, Bell, 1984; Katz, 1984, 1987).

2. Diferencias dadas y discrecionales entre firmas

La fuente de diferencias entre firmas en la literatura neoclásica se centra principalmente en la estrategia de I&D adoptada y sus resultados. Esto es evidente en la revisión de Reinganum (1989) de los modelos de innovación neoclásicos. Sin embargo, las diferencias en la estrategia de I&D se basan en la diferencia subyacente que lleva a diferentes incentivos de ganancia. Nelson (1991) opina que tal punto de vista proporciona poca profundidad teórica para entender las diferencias reales entre firmas. Continúa aportando luces sobre el asunto haciendo la distinción entre diferencias "dadas" y "discrecionales" entre firmas. La literatura económica usualmente se limita a las diferencias entre firmas dadas por el contexto en el cual ellas operan (esto es, tecnología y mercado).

Las diferencias discrecionales entre firmas surgen de la adopción de diferentes estrategias. La estrategia es la fuente de las diferencias de la firma que es crucial en las teorías evolutivas, ya que la estrategia adoptada no resulta de un proceso de optimización asumido por un agente racional con información perfecta. Más bien, la estrategia depende de las capacidades dinámicas de la firma que le permiten aprender a través del tiempo dentro de un proceso modelado por una racionalidad limitada (Simon, 1994).

De manera similar, los factores que afectan la estrategia de innovación de la firma pueden diferenciarse entre factores dados y factores discrecionales. El primer vector de factores es 'dado' principalmente por la industria en la que la firma opera en un momento dado -trayectorias tecnológicas y oportunidades, estructura de mercado (concentración de la oferta) e incentivos (crecimiento de la demanda y condiciones de apropiabilidad) y la consecuente distribución de probabilidades del tamaño de la firma dentro de la industria. El segundo vector es 'discrecional' y surge de los factores de nivel de la firma que no están representados por su tamaño que resulta de estrategias discrecionales adoptadas por la firma- siendo éstos los principales factores que describen la estructura de la firma y las características organizacionales y sus capacidades centrales implícitas. Tales factores no solo determinarán el tipo de actividad innovadora asumida por la firma, sino también la intensidad con la que estas actividades se llevan a cabo.

Dado que las firmas tienen capacidades heterogéneas, el aprendizaje juega un papel central en la formulación de las acciones estratégicas tomadas por las firmas para ganar eficiencias de costos estáticas (en el sentido neoclásico) y eficiencias dinámicas con base en innovación (en el sentido Schumpeteriano). El argumento subyacente es que debido a las estructuras organizacionales heterogéneas y a las capacidades tecnológicas esenciales implícitas, las estrategias de innovación finalmente serán diferentes, siendo todos los factores iguales. Igualmente importante, Garud et.al (1998) señala que el aprendizaje es un proceso clave que distingue la innovación como un juego aleatorio (punto de vista neoclásico) de un juego moldeado por las destrezas (punto de vista evolutivo). En este sentido, el aprendizaje permite que las diferencias discrecionales sean tenidas en cuenta para la forma en

que las firmas construyen sus capacidades centrales a través del tiempo para emparejar un entorno externo fuera del control de las firmas (oportunidades de mercado y de tecnología) con las capacidades internas de la firma. De esta forma, el aprendizaje moldeará la estrategia de innovación adoptada por la firma, definiendo así las actividades de innovación en las que se involucrará y la intensidad relativa con la que lo hará. El aprendizaje también puede llevar a que la actividad innovadora sea sistemática, ilimitada y manejable (Garud et. al 1998) afectando de esta forma la efectividad de las actividades de innovación y teniendo las implicaciones consecuentes sobre la senda de crecimiento de las firmas innovadoras ("senda de dependencia")⁹.

3. *Tamaño de la firma y el nuevo paradigma tecno-organizacional*

El planteamiento Schumpeteriano con respecto al rol de la "empresa grande moderna" en la innovación debe revisarse dentro del nuevo paradigma tecno-organizacional (Best, 1991), en donde el tamaño de la firma no puede usarse como una variable proxy de las capacidades de la empresa. Chesbrough y Teece (1996) hacen un importante aporte que puede utilizarse para aclarar el planteamiento Schumpeteriano del tamaño de la firma. Ellos encuentran que la organización más efectiva para la innovación depende del tipo de innovación que se busca. Esto, por supuesto, tiene implicaciones obvias para la relación entre tamaño de firma (establecimiento) y el tipo de innovación que se lleva a cabo en países en desarrollo. Por un lado, los autores sugieren que cuando una innovación es 'sistémica' - depende de

⁹ Es aún más interesante la noción de las capacidades de aprendizaje de la firma para "desaprender" propuesta por Garud et.al. (1998). Este es un factor clave de innovaciones radicales que requiere un cambio en el paradigma tecnológico.

una serie de innovaciones interdependientes¹⁰- "generalmente, las compañías independientes pueden no ser capaces de coordinarse entre sí para ligar esas innovaciones juntas. Se requiere escala, integración y liderazgo de mercado para establecer y luego ejecutar los estándares en una industria". El proceso de innovación de una innovación incremental de tipo autónomo es diferente al de una innovación radical de tipo sistémico. El primer tipo de innovación es menos exigente dado que: i) la información puede obtenerse con mayor facilidad (o menos dificultades); ii) no se requiere liderazgo de mercado para introducir exitosamente la innovación al mercado; iii) las capacidades organizacionales requeridas para coordinar e integrar una serie de innovaciones interdependientes son menores, y iv) la capacidad de absorción que se requiere es menor. Más aún, las innovaciones radicales del tipo sistémico por lo general requieren estrategias de I&D que demandan una cantidad importante de recursos para los esfuerzos I&D. Por lo tanto, las grandes firmas integradas disfrutan de ventajas frente a las pequeñas firmas en la búsqueda de innovaciones sistémicas, dado su control del proceso de innovación y sus ventajas en la introducción y distribución de nuevos productos. Por otra parte, cuando una innovación es 'autónoma' puede buscarse independientemente de otras innovaciones,¹¹ y la organización pequeña o descentralizada (virtual) puede manejar muy bien las tareas de desarrollo y comercialización. Ellos anotan que la información que se requiere para integrar una innovación autónoma con las tecnologías existentes normalmente se en-

tiende bien e inclusive puede codificarse en los estándares de la industria. Dado que la información que se requiere para una innovación autónoma puede fluir con relativa facilidad, las unidades de producción independientes y más pequeñas no estarán limitadas dentro de este campo para perseguir innovaciones efectivas de este tipo si tienen las capacidades requeridas.

Las innovaciones sistémicas pueden asociarse con innovaciones "radicales" (que alteran el paradigma tecnológico) mientras que las innovaciones autónomas pueden asociarse con innovaciones incrementales (mejoras dentro del paradigma tecnológico). Esta distinción puede tener implicaciones importantes para la relación entre el tamaño de la firma y la actividad de innovación. Considere las limitaciones inherentes que una pequeña firma puede enfrentar en el intento de introducir una innovación sistémica en el mercado que desafíe a los líderes de mercado establecidos. Una firma (establecimiento) de tamaño más pequeño tendrá por lo tanto una ventaja comparativa en enfocar sus esfuerzos innovadores en las innovaciones autónomas incrementales junto con una trayectoria tecnológica establecida más que en innovaciones sistémicas radicales (cambios en las trayectorias tecnológicas). Por otra parte, las firmas más grandes tendrán una ventaja comparativa en las innovaciones sistémicas que requieren el manejo de una serie de proyectos de I&D interdependientes. Así, la actividad innovadora en las firmas más pequeñas puede tender a enfocar las innovaciones autónomas más que las innovaciones sistémicas. Sin embargo, esto no significa que las pequeñas firmas no puedan generar innovaciones radicales, ni que las firmas más grandes lleven a cabo actividades relativamente más innovadoras que sus contrapartes más pequeñas.

La distribución del tamaño de las firmas en pequeñas economías en desarrollo está generalmente sesgada

¹⁰ Esto es, para beneficiarse de la fotografía instantánea, Polaroid tenía que desarrollar una nueva tecnología tanto para la cinta como para la cámara.

¹¹ Por ejemplo, un nuevo turbocargador para aumentar los caballos de fuerza de un motor de carro puede desarrollarse sin tener que hacer un rediseño completo del motor o del resto del carro.

hacia la izquierda. Además del tamaño, puede esperarse que una firma promedio en una economía en desarrollo tenga menos capacidades organizacionales y tecnológicas que una firma promedio en una economía de la OECD. Las firmas en economías en desarrollo enfrentan mayores limitaciones para hacer innovaciones sistémicas frente a las innovaciones autónomas debido a la escasez de recursos financieros, de conocimientos y de infraestructura. Puede por lo tanto esperarse que el "grueso" de las actividades innovadoras en una industria tecnológicamente dependiente de un país en desarrollo sean innovaciones autónomas -mejoras incrementales de tecnologías de procesos o de productos existentes a lo largo de las trayectorias tecnológicas establecidas. De ahí, que las oportunidades efectivas de innovación en una economía en desarrollo probablemente están concentradas en las innovaciones de tipo autónomo o incremental en donde el tamaño de la firma no juega un papel esencial. Así, bajo condiciones ceteris paribus, dado el mayor número relativo de oportunidades efectivas para las innovaciones autónomas en una economía rezagada tecnológicamente, las firmas más pequeñas - aunque 'modernas' - pueden ser tan innovadoras en términos absolutos como las firmas más grandes.¹² Esta discusión puede implicar que la relación entre el tamaño de la firma y las actividades innovadoras puede ser diferente en una economía en desarrollo de la que predice el planteamiento Schumpeteriano.

C. Distinguiendo el oscuro concepto de oportunidades tecnológicas

El concepto de trayectoria tecnológica presume que las innovaciones no pueden entenderse como eventos independientes. Más bien deben entenderse

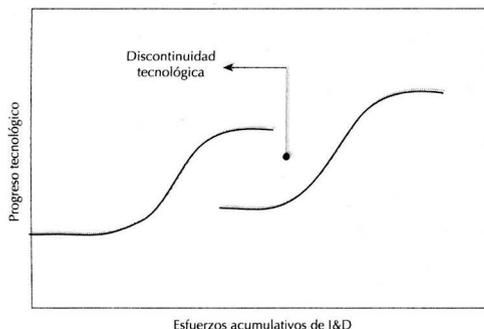
¹² El término "moderno" implica que ha adoptado técnicas de administración de "mejor práctica"(best practice).

como una serie de eventos conectados que tienen una estructura subyacente que se desarrolla en el tiempo o como esfuerzos de investigación acumulativos. Las oportunidades tecnológicas por lo general se entienden como las oportunidades relativas que están presentes para innovar en un momento dado dentro de una trayectoria tecnológica dada. A su vez, las trayectorias tecnológicas son dadas por la estructura intelectual subyacente que se desarrolla sobre los esfuerzos de investigación acumulativos y "la dinámica interna asociada a través de la que se desenvuelve la tecnología" (Coombs, 1988). La oportunidad tecnológica (TO) se entiende como un concepto multidimensional que intenta capturar fundamentalmente, pero no exclusivamente, variables exógenas y acumulativas que afectan el progreso científico, el cual a su vez permite que surjan oportunidades potenciales rentables de innovación tecnológica.

1. La curva S y la trayectoria tecnológica

La noción de Foster (1986) de la curva S proporciona una dimensión de tiempo para entender el concepto TO. Esta noción es utilizada actualmente para apoyar la formulación de estrategia de innovación corporativa (McKinsey, 1995; Bower y Christensen, 1995) y puede ayudar a entender la racionalidad que está detrás del papel de la oportunidad tecnológica. Foster encuentra una relación en forma de S entre progreso tecnológico y esfuerzo innovador acumulativo en un paradigma tecnológico dado (Gráfico 1). La curva S sigue un patrón de comportamiento dentro de una trayectoria tecnológica dada en donde la productividad o la efectividad del esfuerzo innovador para un aporte innovador dado son lentas en la fase inicial. Tal productividad por unidad de aporte innovador aumenta sustancialmente (retornos crecientes) y luego desciende (retornos decrecientes) a medida que las oportunidades tecnológicas se vuelven insignificantes dentro de

Gráfico 1. LA CURVA S: PROGRESO TECNOLÓGICO CONTRA ESFUERZO DE INVESTIGACIÓN ACUMULATIVO



una trayectoria tecnológica dada, incluso con tasas crecientes de esfuerzo innovador (gasto en I&D). El avance tecnológico posterior depende del grado en el que la industria cambie a otra trayectoria tecnológica mediante una ruptura del paradigma tecnológico existente- esto es, discontinuidad tecnológica¹³.

A nivel agregado, las industrias pueden agruparse de acuerdo con su ciclo de vida total dado por la onda de cambio tecnológico que sigue la noción propuesta inicialmente por Kondratieff (1925), y luego refinada por Schumpeter. Freeman y Soete (1997) hicieron una revisión elocuente de estudios de caso industriales que fueron analizados dentro de un marco que tuvo en cuenta el ciclo de vida de la industria global y sus ondas subyacentes de cambio tecnológico¹⁴. La profesión generalmente iden-

¹³ La descripción estilizada de Grupp (1998) del proceso de formación de mercado también sugiere un patrón similar de trayectorias tecnológicas a través del tiempo y proporciona perspectivas adicionales de las interacciones programadas entre progreso científico, cambio tecnológico y tasa de innovación.

¹⁴ Nótese también que Salter (1966) explicó las variaciones en las tasas de crecimiento de la productividad en las industrias con base en el ciclo de vida de la industria ('edad') y la base técnica.

tifica cuatro ondas sucesivas de cambio tecnológico, más una quinta onda que emergió en la última década basada principalmente en tecnologías de información y telecomunicaciones (Freeman y Soete, 1997; Economist, 1999). La onda actual lleva a la creación de nuevas industrias blandas con un potencial de crecimiento sin precedentes, aunque (desafortunadamente) se encuentran fuera del alcance de este estudio.

Las ondas de cambio tecnológico indujeron el desarrollo de grupos industriales distintos¹⁵. Los grupos industriales basados en la dinámica competitiva de la industria pueden asociarse con las ondas Kondratieff que implican diferentes trayectorias tecnológicas y oportunidades a través de las industrias. A un nivel más amplio, las dos primeras ondas 'Kondratieff' pueden asociarse con las industrias tradicionales en donde los factores claves que gobiernan su dinámica competitiva son estáticos por naturaleza. Se basan, ya sea en la disponibilidad de dotaciones de recursos (RI) o en un bajo costo laboral (LI). Estas industrias tienden a estar en una etapa de descenso dentro del marco de la Curva S. Se puede caracterizar otro conjunto de industrias como intensivas en escala (SI). Estas industrias surgieron como un resultado de la tercera y parte de la cuarta onda 'Kondratieff'. Finalmente, las industrias más jóvenes han surgido de las últimas dos ondas 'Kondratieff'. Estas industrias parecen estar dentro de una etapa relativamente temprana de la curva S y por lo tanto su ventaja comparativa se basa principalmente en factores dinámicos regidos por cambios tecnológicos. Estas industrias muestran patrones de vínculos cercanos con agentes científicos dado el impacto que los cambios científicos pueden tener en el potencial de innovación de la industria. Tam-

¹⁵ Refiérase a Alvarado (1999) para una ilustración de las ondas de Kondratieff y la evolución de las industrias.

bién pueden tener altas tasas de innovación de producto dadas las rápidas mejoras en el desempeño de las tecnologías subyacentes y los cambios en los patrones de demanda. Ambos conjuntos de industrias parecen tener un gran potencial de innovación bien sea intensivamente (mejorando el desempeño de una tecnología dada a lo largo de su trayectoria establecida) o extensivamente (con base en la aplicación de tecnologías existentes). En resumen, el conjunto de industrias cuya dinámica competitiva se rige por un cambio tecnológico puede tener mayores oportunidades tecnológicas implícitas frente a las industrias tradicionales cuya dinámica competitiva está regida por las dotaciones de factores estáticas (Cuadro 1).

D. Observaciones finales

La revisión de la literatura teórica señala la ausencia de una teoría sólida de innovación. La teoría de innovación se ha enfocado principalmente en planteamientos convencionales, principalmente derivados del marco analítico de Schumpeter. A pesar de este enfoque, no se pueden esperar predicciones contundentes de la síntesis de la literatura. Se pueden

formular argumentos opuestos a favor y en contra de tales conjeturas. Los factores de la industria, especialmente la oportunidad tecnológica, son prometedores para ayudar a entender la dinámica de la innovación y su relación con el desempeño. Sin embargo, el concepto todavía oscuro de la oportunidad tecnológica no ha sido explorado dentro de modelos formales¹⁶. El análisis también ha señalado la necesidad de explicar las diferencias en estrategia de innovación y resultado de innovación. Finalmente, pero quizás más importante, las teorías de innovación han enfocado su atención al comportamiento de firmas innovadoras líderes de economías industriales. Hay una gran carencia de teorías que expliquen la actividad innovativa en economías en desarrollo.

Los resultados empíricos eclécticos reflejan la falta de teorías robustas de innovación y los retos en la medición de innovación, incluyendo la falta de indicadores de innovación comparables. La regla son resultados contradictorios en la relación entre la actividad innovadora y los principales planteamientos -tamaño de firma y concentración-. Apesar de que no se han obtenido resultados robustos que se

Cuadro 1. PATRONES DE INNOVACIÓN A TRAVÉS DE LOS GRUPOS INDUSTRIALES CON BASE EN LAS ONDAS DE KONDRATIEFF ASOCIADAS Y LA DINÁMICA COMPETITIVA

Grupos industriales	Tipo de factor que determina la dinámica competitiva de la industria	Onda de Kondratieff asociada	Actividad innovadora relativa	Nivel implícito de oportunidades tecnológicas
Intensivo en mano de obra	Dotaciones de factores estáticas	Primera y segunda	Baja	Bajo
Intensivo en recursos	Dotaciones de factores estáticas	Primera y segunda	Baja	Bajo
Intensivo en escala	Factores de escala	Tercera y cuarta	Media	Medio
Productos diferenciados	Factores de dinámica basados en cambio tecnológico	Cuarta y quinta	Alta	Alto
Basado en ciencia	Factores de dinámica basados en cambio tecnológico	Cuarta y quinta	Alta	Alto

¹⁶ El trabajo de Sutton (1998) sobre el papel de la tecnología en modelar la estructura de mercado es una excepción, aunque en este caso la innovación no es la variable dependiente.

sostengan para varios países y diferentes especificaciones del modelo, se pueden esbozar algunos patrones. Un patrón significativo es la importancia de los efectos de la oportunidad tecnológica sobre la actividad innovadora y sobre la relación entre concentración e innovación, a pesar de las variaciones en los indicadores usados y en la informalidad de las medidas de oportunidad tecnológica. Una relación "U" invertida entre intensidad en I&D y concentración también ha sido una observación relativamente común, indicando que los grados extremos de rivalidad pueden ir en detrimento de la actividad innovadora relativa. Aunque la relación entre actividad innovadora y el tamaño de la firma es caótica, parece que las firmas más grandes tienen más posibilidades de ser innovadoras que las firmas pequeñas. Cohen et.al. (1987) señala acertadamente que la falta de una relación robusta entre tamaño de firma y actividad innovadora no rige la posibilidad de que otras características de la firma influyan en la actividad innovadora. Esta afirmación nos lleva a un asunto importante: no se han conducido estudios sistemáticos sobre el papel de la capacidad de la firma y los factores organizacionales para la estrategia de innovación.

III. LA ENCUESTA DE INNOVACIÓN

La población de la muestra es de 4.500 establecimientos manufactureros registrados por la Encuesta Anual de Manufactura del Dane (1991). Los resultados de otros estudios empíricos indican que agregar a nivel de 2 dígitos es muy alto para revelar diferencias significativas en los patrones de innovación entre las industrias. De ahí que se crearan 22 grupos industriales basados en CIIU (Revisión 2) a nivel de 3 dígitos para garantizar un nivel adecuado de agregación¹⁷. El total de la muestra objetivo fue de 1.200 establecimientos manufactureros ('firmas'), en donde 287 de estas tenían probabilidad unitaria

de ser incluidas (inclusión forzosa). Este grupo de 287 firmas garantizó una representación de más del 50% del valor agregado total y la producción bruta en los sectores industriales al nivel de 5 dígitos. Las demás observaciones fueron seleccionadas aleatoriamente con base en los 22 grupos industriales (CIIU), en donde la meta de error estándar relativo esperado estaba entre 11% y 13%.

Los esfuerzos innovadores que normalmente son dejados por fuera de las encuestas de innovación estándar fueron capturados y analizados dentro del contexto de una economía en desarrollo. El manual de encuesta de innovación de Oslo (OECD, 1992) y una adaptación del manual de I&D de Frascatti (OECD, 1986; RICYT, 1995) fueron usados como puntos de referencia para construir una taxonomía de indicadores de innovación. La I&D¹⁸ es considerada como uno de los varios insumos que puede generar resultados innovadores con varios grados de novedad. De ahí, que el resultado de la inno-

¹⁷ Debido a las limitaciones de tiempo y presupuesto por una parte, y al rango objetivo para el error estándar relativo esperado (11-13%) para cada grupo industrial por otra parte, los 29 grupos industriales CIIU originales (3 dígitos) se reagruparon en 22 grupos teniendo en cuenta las similitudes cualitativas (ex ante) en su tecnología de proceso y el tamaño relativo del grupo industrial (número de firmas). Así, los siguientes grupos industriales resultaron de la agrupación de dos o más clasificaciones industriales CIIU (3 dígitos): 311/12/14; 323/24; 331/32; 353/54/55; 361/62. Alvarado (1999) ilustra la población y la estructura de la muestra a través de las industrias y los grupos de firmas por tamaño.

¹⁸ Los esfuerzos I&D se definen como investigación sistemática guiada para generar nuevo conocimiento (a la firma) -básico, aplicado o experimental- y la aplicación de tal conocimiento en el desarrollo de tecnologías de proceso o producto. El desarrollo de prototipos y plantas piloto es un ejemplo del resultado esperado de un proyecto I&D. Los esfuerzos I&D deben formalizarse dentro de un proyecto y objetivo esperado. No son contingentes, sin embargo, a la existencia de un departamento o laboratorio I&D 'profesional' dentro de la firma. Las actividades I&D pueden ejecutarse a nivel interno o externo de la firma (esto es, subcontratado).

vación fue definido en un sentido amplio y estricto, y los esfuerzos de I&D adaptativos -aquellos que apoyan la adaptación y optimización de las tecnologías que se desarrollan externamente- fueron tenidos en cuenta. En este contexto, las firmas comprometidas en los esfuerzos de I&D (insumo de innovación) pueden generar innovaciones estrictas de productos o procesos y/o resultados adaptativos de I&D (resultado de innovación). A su vez, la adquisición e incorporación de nuevas tecnologías (insumo de innovación) pueden llevar a una nueva línea de producto o a la implementación de una nueva tecnología de proceso (resultado de innovación). Los indicadores de resultado de innovación (innovation-output) se combinaron con indicadores de insumo (innovation-input) para garantizar consistencia.

Por definición, el resultado de innovación estricta se basa en esfuerzos formales de I&D que causan el desarrollo de tecnologías de producto o proceso 'nuevas o significativamente mejoradas' que han sido aceptadas en el mercado o puestas en operación exitosamente. Un punto de referencia usado en la encuesta para establecer una 'tecnología nueva o significativamente mejorada' es que la tecnología innovada puede llevar a una patente si se desea¹⁹. Con el fin de garantizar consistencia en la taxonomía, una firma que afirmó haber generado una innovación estricta durante un período de tiempo dado, tenía que haber estado comprometida en esfuerzos de I&D a fin de calificar como innovador estricto (por definición). Nótese que las actividades de I&D podían haber sido llevadas a cabo por la firma misma, o podían haber sido subcontratadas a un agente externo, o una combinación de ambos esquemas.

¹⁹ Esto es, los atributos nuevos o significativamente mejorados en un producto dado tienen valor/novedad suficiente para que se otorgue una patente.

Alternativamente, I&D puede usarse para adaptar y/o mejorar externamente tecnologías desarrolladas que se incorporan a la firma. Estas actividades están definidas como esfuerzos de 'I&D adaptivos'. La definición de I&D adaptivos presume que la tecnología incorporada fue objeto de transformación para satisfacer las necesidades particulares de la firma y/o su desempeño mejorado marginalmente²⁰. Los esfuerzos de I&D adaptivos deben apoyar a la firma en la imitación de nuevos productos o en la incorporación de nuevas tecnologías de proceso. Por lo tanto, no se necesita que I&D produzca una innovación estricta para generar cambio tecnológico; los esfuerzos de I&D adaptivos implican que el nuevo conocimiento ha sido generado dentro de la firma. La innovación amplia se limita a actividades conducidas por la firma que resultan en una incorporación directa de nuevas tecnologías para la firma. En este caso, la firma no está comprometida en I&D implicando en esta forma que la tecnología incorporada no es transformada significativamente. Por lo tanto, la innovación amplia implica que el insumo de la tecnología y el resultado son similares.

Los indicadores de insumo a la innovación fueron definidos dentro de este marco para medir varios grados de novedad y complejidad del proceso de innovación. La innovación de producto en un sentido estricto implica, por definición, que el producto desarrollado se basó en esfuerzos de I&D y tiene atributos distintivos que son nuevos para el mercado global. Dicha innovación de producto podría ser el desarrollo de un producto completamente nuevo que lleve a la creación de un nuevo mercado y por lo tanto, puede definirse como una innovación radical de producto. Este tipo de innovación de producto generalmente se asocia con las innovaciones

²⁰ El término "mejora marginal" presume que el resultado de la innovación no constituye un caso para ser patentado.

sistémicas. Esta innovación de producto puede también consistir en una mejora incremental importante en el desempeño de una tecnología de producto existente, incluyendo el uso de nuevos materiales e insumos del producto. Este tipo de innovación de producto puede asociarse con innovaciones autónomas. I&D adaptivos pueden apoyar la imitación de productos que son nuevos para la firma, pero que ya existen en los mercados nacionales o extranjeros. Se presume que se genera conocimiento en la imitación de productos que requiere esfuerzos de I&D. Una innovación de producto en el sentido amplio de la palabra implica que el producto ya existía en el mercado. Por lo tanto, la actividad innovadora es relativamente más simple, principalmente la introducción de una nueva línea de producto a la firma. El producto puede imitarse de mercados extranjeros (nuevos para el mercado nacional) o del mercado nacional (nuevos para la firma).

La innovación de procesos en un sentido estricto también se basa en esfuerzos de I&D por definición,

y debe resultar en una nueva tecnología de proceso que no existía (o estaba disponible) en el mercado. Dichas innovaciones de tecnologías de proceso también incluyen mejoras incrementales significativas a las tecnologías de proceso que han sido incorporadas por la firma. A su vez, los esfuerzos de I&D adaptivos apoyan la incorporación de nuevas tecnologías de proceso. Alternativamente, la innovación de proceso en el sentido amplio corresponde a las firmas que han adquirido nuevas tecnologías de proceso cuyo desempeño es significativamente superior a las tecnologías de proceso existentes en la firma o que son tecnologías totalmente nuevas para la firma. Estas tecnologías son diferenciadas entre las que se incorporan dentro del capital (maquinaria y equipo) y las que no (licencias).

El Cuadro 2 resume los indicadores de innovación por tipo y grado de novedad permitiendo de esta manera la clasificación de firmas de acuerdo a su actividad innovadora. Las firmas que basaron su actividad innovadora en esfuerzos de I&D se deno-

Cuadro 2. INDICADORES DE INNOVACIÓN POR TIPO Y GRADO DE NOVEDAD

	Insumo de innovación requerido	Tipo de resultado de innovación	Grado implícito de novedad
Innovadores basados en I&D	I&D	Innovadores estrictos Innovación de producto estricta Los atributos de la tecnología del producto son nuevos para el mercado global	Alto
		Innovación de proceso estricta El proceso tecnológico no existe o no está disponible en el mercado	Alto
		Innovadores de I&D adaptivos Los esfuerzos de I&D adaptivos se hacen para apoyar la imitación, la adaptación y/o el mejoramiento del producto y/o el proceso tecnológico desarrollados externamente	Medio
Innovación amplia	Adquisición e incorporación de una tecnología nueva externamente desarrollada (la firma no realiza esfuerzos de I&D) ^a	Innovadores amplios Implementación de un proceso tecnológico nuevo Implantación de una nueva línea de producto (imitación)	Bajo
No innovadores		No innovadores	

^a Si la firma realiza I&D se clasifica ya sea como innovador estricto o como innovador adaptativo de acuerdo con el tipo de resultado de innovación generado

minan innovadores basados en I&D²¹. Estas firmas pueden ser innovadoras estrictas o innovadoras de I&D adaptivas. Una firma que genera una innovación de producto o de proceso estricta mientras que conduce I&D se define como i) *innovador estricto*. Una firma que conduce esfuerzos de I&D para imitar, incorporar y/o mejorar las tecnologías existentes (pero que no generó una innovación estricta) se clasifica como un ii) *innovador I&D adaptivo* (innovadores estrictos potenciales). Alternativamente, las firmas que condujeron otro tipo de innovaciones sin estar comprometidas en esfuerzos de I&D se definen como iii) *innovadores amplios*.

Teniendo en mente las limitaciones usuales de I&D como un indicador de innovación, los datos de empleo de I&D (1995) fueron utilizados como el principal indicador de innovación. El empleo de I&D es el indicador de I&D más confiable en la encuesta de innovación. Primero, no está sujeto al sesgo que puede surgir de la inclusión de gastos cuantiosos de capital en equipo para I&D. En segundo lugar, la metodología usada para estimar el empleo de I&D tiene en cuenta el empleo de I&D de tiempo parcial. Esto evita el sesgo usual de subestimar los esfuerzos de I&D en firmas pequeñas que normalmente no tienen investigadores de tiempo completo pero dependen de los esfuerzos de tiempo parcial de empleados en otros departamentos. En tercer lugar, la encuesta de innovación también tiene en cuenta diferentes niveles de educación del personal involucrado en el proyecto de I&D.

IV. TAXONOMÍA DE LOS INDICADORES DE INNOVACIÓN²²

El Cuadro 3 resume la frecuencia de distribución a través de los diferentes grupos de innovación (datos no ponderados). Los resultados sugieren que casi una tercera parte de firmas (29,4%) estaban compro-

metidas en una estrategia de innovación basada en I&D. Casi la mitad de estas firmas (58,1%) usan sus esfuerzos de I&D sólo para apoyar la imitación de nuevos productos y/o adaptar tecnologías de proceso desarrolladas externamente. Menos de la mitad de las firmas con estrategias basadas en I&D (41,8%) realmente introdujo una innovación estricta - una innovación incremental (autónoma) y/o radical (sistémica)²³. Sólo una pequeña fracción de las firmas innovadoras estrictas (13,8%) introdujo únicamente innovaciones estrictas de producto. La mayoría de las firmas innovadoras estrictas (86,2%) introdujo una innovación de producto estricta, mientras que otras tres cuartas partes de éstas (73,4%) hicieron énfasis solamente en ese tipo de innovación. Así, los innovadores basados en I&D hacen énfasis principalmente en innovaciones de proceso, especialmente entre innovaciones estrictas. Esta evidencia puede sugerir que introducir un producto nuevo a un mercado global puede ser más complejo y/o menos rentable que hacer una mejora incremental significativa a una tecnología de proceso existente.

La evidencia también sugiere que una proporción importante de la I&D llevada a cabo es para apoyar la incorporación de un nuevo producto y nuevas tecnologías de proceso a la firma. De esta manera, las tecnologías desarrolladas externamente que son incorporadas por estas firmas están sujetas a adaptaciones y mejoras durante el proceso, generando así nuevo conocimiento.

²¹ Nótese que las cifras de insumos de innovación (I&D) fueron tomadas para el período 1989-96.

²² Un resumen del análisis descriptivo, incluyendo la relación entre innovación y desempeño, puede encontrarse en Alvarado (1999).

²³ Nótese que la mayoría (74,8%) de las firmas dentro de la categoría de I&D adaptiva usan I&D tanto para imitar nuevos productos como para adaptar nuevas tecnologías de proceso.

Más de la mitad (53%) de las firmas son innovadoras solamente en el sentido amplio (Cuadro 3). La estrategia de innovación de estas firmas es más defensiva que la de las innovadoras estrictas dado que dependen totalmente de la adquisición, incorporación, adaptación e imitación de tecnologías externamente desarrolladas. La mayoría de estas firmas imitó productos e incorporó en su proceso de producción nuevas tecnologías desarrolladas externamente. Tales innovaciones fueron llevadas a cabo sin el apoyo de esfuerzos de I&D. No obstante, la mayoría de estas firmas también introdujo innovaciones organizacionales en el proceso de producción y/o entrenó a la fuerza laboral en el uso de nuevas tecnologías de proceso. Solo una fracción de las firmas en la muestra (16%) no hizo algún esfuerzo innovador durante este período, ni siquiera innovaciones organizacionales, ni actualizó las habilidades tecnológicas de su mano de obra.

Es interesante anotar que la mayoría de las firmas comprometidas en I&D condujo por lo menos una actividad innovadora amplia. Las actividades inno-

vadoras amplias parecen ser complementarias con las actividades innovadoras estrictas, más que un sustituto. Nótese que solamente el 7% de estas firmas que llevaron a cabo proyectos de I&D durante el período 1989-1996 no introdujo nuevos productos o innovaciones de proceso, ni amplios ni estrictos. Las diferencias en la dinámica de I&D entre innovadores estrictos y adaptivos fueron exploradas. El Cuadro 4 ilustra las diferencias en empleo de I&D promedio, intensidad de empleo de I&D, y número de empleados para los dos subgrupos. La distribución de empleo de I&D para innovadores esta altamente sesgada hacia la izquierda y tiene una media de un empleado y un promedio de 4,4 empleados. En contraste, la distribución de empleo de I&D para innovadores estrictos tiene una ligera tendencia a la izquierda (casi una distribución normal), y tiene una media de dos empleados y un promedio de 5,9 empleados. Adicionalmente, los innovadores estrictos tienden a tener intensidades de I&D más altas que los innovadores adaptivos. Aunque las diferencias no son estadísticamente significativas, hay una clara tendencia a que los innovadores estrictos ten-

Cuadro 3. GRUPOS BÁSICOS DE INNOVACIÓN (1993-1996)

	Frecuencia: % de firmas (uw)	Número de firmas en la muestra
Innovadores basados en I&D ^a	29,4	260
(1) Innovadores estrictos de producto y/o proceso	12,3	109
Participación de innovación estricta de producto solamente	(13.8)	15
Participación de innovación estricta de proceso solamente	(63.3)	69
(2) Innovadores adaptivos de I&D	17,1	151
Participación de I&D adaptivas para imitación de producto	(9.3)	14
Participación de I&D adaptivas para tecnología de procesos solamente	(15.9)	24
(3) Innovadores amplios solamente (no realizan I&D)	53,0	471
(4) No innovadores	17,4	154
Total (1+2+3+4)	100,0	885

a Nótese que, aunque el resultado de innovación tuvo que ser generado dentro del principal período de análisis (1993-1996), la firma podría haber estado comprometida en esfuerzos de I&D antes de 1993. Por lo tanto, el período de filtro relevante para que la firma se haya comprometido en I&D es 1989-1996.

(uw): datos no ponderados; las cifras entre paréntesis son la participación de los subgrupos (1) y (2), respectivamente.

Cuadro 4. EMPLEO PROMEDIO E INTENSIDAD DE I&D POR TIPO DE INNOVACIÓN

	Promedio de empleados I&D	Intensidad de empleo promedio I&D	Moda de empleados I&D
Total de innovadores basados en I&D	5,0 (4,1)	2,8 (3,1)	1
Innovadores estrictos	5,9 (5,1)	3,2 (3,8)	2
Innovadores adaptativos I&D	4,4 (3,4)	2,5 (2,7)	1

Las cifras entre paréntesis están basadas en los datos ponderados.

gan un equipo de I&D más grande e inviertan con mayor intensidad que los innovadores adaptivos. Tal evidencia indica que las firmas que hacen énfasis en esfuerzos de I&D adaptivos tienen que invertir menos recursos en I&D que las firmas que innovan en sentido estricto. Más aún, las firmas que innovaron en sentido estricto escalan sus esfuerzos de I&D mucho más que los otros innovadores que se basan en I&D. Esta evidencia puede implicar que la escala económica mínima en I&D para innovación estricta es más alta que para los esfuerzos adaptivos. Estas implicaciones de tales patrones diferenciales de inversión en I&D se discuten en detalle en el análisis econométrico.

V. MODELOS DE INSUMO A LA INNOVACIÓN (INNOVATION INPUT)

El análisis econométrico arroja luz sobre la importancia relativa de los factores a nivel de la industria -principalmente oportunidad tecnológica y concentración- y los factores a nivel de firma -principalmente tamaño de firma y factores relacionados con la capacidad- sobre esfuerzos de I&D. Hay dos objetivos en el análisis. Primero, identificar los factores más importantes que modelan el mecanismo de decisión de las firmas respecto a su compromiso en la estrategia de innovación basada en I&D. En segundo lugar, identificar los principales factores que afectan la intensidad de I&D de las firmas que se comprometieron en esa estrategia de innovación.

El modelo econométrico -un modelo de 2 etapas derivado de un enfoque Tobit generalizado- se desarrolla primero y luego se presentan los resultados.

A. El Modelo: una versión de dos etapas de un modelo de regresión censurado

El modelo de intensidad de innovación se confronta con una variable dependiente limitada dentro de una muestra censurada. Aquí la variable dependiente no es observada cuando la firma no se compromete en I&D -la intensidad de I&D se limita desde abajo en 0. El objetivo de la investigación y las características de la muestra son importantes para especificar el modelo econométrico apropiado. No puede utilizarse sólo MCO para explorar los factores que afectan el comportamiento innovador de la población completa ya que la variable dependiente es limitada (Maddala, 1992). Por tanto, si el propósito del análisis es sacar conclusiones acerca de la estrategia de innovación de las firmas de la población, entonces la inclusión de las observaciones límite [I&D = 0] lleva a resultados sesgados bajo el procedimiento GLS (Kennedy, 1997). El procedimiento alternativo de omitir observaciones '0' lleva a otro tipo de restricción: las conclusiones no pueden ser acerca de toda la población. Pueden tomarse sendas alternativas para especificar el modelo. La especificación adecuada del modelo de regresión censurado, sin embargo, depende del propósito del estudio (Green 1997 - p. 962) y de los supuestos hechos sobre el mecanismo que genera los datos.

Dado que el propósito del análisis es sacar conclusiones sobre población, un enfoque común para tratar con la muestra censurada ha sido usar el modelo Tobit (con base en la Probabilidad Máxima). Sin embargo, el modelo Tobit combina tanto la probabilidad de una firma comprometida en actividad innovadora como la intensidad con la que una firma innovadora conduce sus actividades innovadoras. Así, este modelo asume un sólo mecanismo de decisión para ambas variables dependientes - la decisión de compromiso y la decisión de intensidad. Se hacen dos distinciones para especificar el modelo. Primero, se reconoce que la muestra tiene dos submuestras distintas que se generan como el resultado de un mecanismo de decisión. En segundo lugar se argumenta que el mecanismo de toma de decisiones que genera datos tiene dos etapas distintas. No todas las firmas están sujetas a la toma de decisiones en la segunda etapa. La primera submuestra esta conformada por la muestra completa de firmas innovadoras y no innovadoras (N1=885 firmas), de donde se pueden sacar conclusiones de la población con respecto a la probabilidad de involucrarse en esfuerzos de I&D²⁴. La segunda submuestra está conformada por firmas que se han comprometido en proyectos de I&D (N2=232 firmas), y puede utilizarse para sacar conclusiones de los determinantes de la intensidad con la que esas firmas llevan a cabo sus esfuerzos de I&D.

En este punto se pueden considerar especificaciones alternativas. Una es utilizar el modelo Tobit estándar y asumir que la estructura de un modelo es la misma para la decisión de comprometerse en I&D y la decisión de invertir en I&D. Los estimativos del modelo Tobit estándar para el modelo serán sin embargo inadecuados inclusive si hay un pequeño número

²⁴ La variable dependiente es una dummy que indica si la firma ha decidido comprometerse en esfuerzos de I&D.

de observaciones límites en la muestra (que no es el caso) si los factores que subyacen las dos decisiones difieren. Bruno et. al (1996) anotaron que se genera un 'sesgo' con el modelo Tobit ya que los datos son generados por un proceso de decisión,²⁵ de manera que no observamos un mero truncamiento. En este caso, no es posible analizar por separado las funciones de probabilidad e intensidad, como tampoco las diferencias estructurales en los parámetros subyacentes que afectan cada proceso de decisión. Bruno et.al. (1996) sugirieron que hay diferencias estructurales en los factores que influyen la decisión de invertir en I&D y la decisión de cuánto debe invertirse²⁶.

Dentro de un marco evolutivo, una firma comprometida en una estrategia de innovación basada en I&D puede comportarse significativamente diferente a una firma que no tiene las capacidades y/o iniciativas para comprometerse en esfuerzos I&D. De ahí que sus procesos de tomas de decisiones respecto a la estrategia de innovación pueden ser bastante diferentes; las estrategias de innovación de estos grupos de firmas pueden estar influenciadas por factores diferentes. Más importante aún, los factores que afectan la decisión de comprometerse en I&D pueden ser diferentes a los factores que afectan la decisión de cuántos recursos dedicar a los esfuerzos de I&D. Además, el signo, el tamaño y la forma funcional de los coeficientes de los factores comunes no son necesariamente los mismos. De manera que hay suficientes bases para soportar la hipótesis de

²⁵ Nótese que el "sesgo" se debe a la especificación equivocada del modelo; en sentido técnico las estimaciones MLE de Tobit todavía continuarán siendo consistentes.

²⁶ Tanto Bruno et.al. (1996) como Brouwer, E y Kleinknecht (1996) -basado en un procedimiento por Amemiya (1985)- desarrollaron enfoques alternativos del modelo Tobit estándar para analizar la innovación a nivel de firma.

que la decisión de compromiso (en I&D) y la intensidad de inversión (en I&D) son distintas²⁷. Esto puede formularse de la siguiente manera,

$$[I \& D \text{ int}] = F(\beta_1 X \mid I \& D = 0)$$

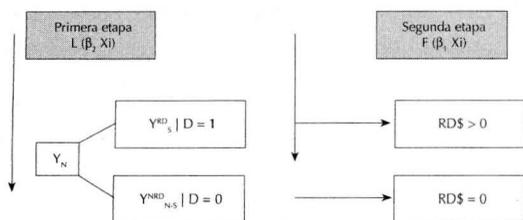
$$[I \& D \text{ int}] = G(\beta_2 X \mid I \& D > 0)$$

Donde, los vectores β_1 and β_2 , y las funciones F y G no son necesariamente las mismas.

La especificación del modelo econométrico refleja dos supuestos. Primero, que el proceso de toma de decisiones respecto a la intensidad de los esfuerzos en I&D es distinto de la decisión de comprometerse o no en I&D. Tienen lugar en etapas secuenciales y el proceso mismo es diferente. En segundo lugar que el proceso de toma de decisiones es diferente para los dos grupos de firmas - las que se comprometen en I&D y las que no. El enfoque permite el examen de dos variables objetivo dependientes en dos etapas. La primera etapa es la evaluación de la probabilidad de comprometerse en I&D (N) y la segunda etapa es la evaluación de la inversión en esfuerzos de I&D.

El mecanismo de decisión en la primera etapa es dado por la función "L" en donde un conjunto de

Gráfico 2. ESPECIFICACIONES DEL MODELO ECONOMÉTRICO EN ETAPAS



²⁷ Véase Alvarado (1999) para una discusión completa de las especificaciones del modelo.

incentivos externos basados en la industria son dados y un conjunto de capacidades internas a nivel de firma condicionan la decisión de la firma de comprometerse en esfuerzos de I&D. En la segunda etapa, la función "F" define el nivel de inversión de las firmas innovadoras en los esfuerzos de I&D basados en incentivos externos, capacidades específicas de I&D y economías de escala y tamaño de firma mínimas. Así, las dos variables dependientes son determinadas por factores diferentes y tienen distribuciones diferentes. Nótese que el mecanismo de decisión es dado por diferentes vectores de coeficientes estimados (β_1 y β_2). Un modelo Logit (L)²⁸ puede utilizarse para la primera etapa y un modelo de MCO (F) puede usarse para la segunda etapa dentro de este enfoque de 2 etapas.

En la primera etapa la variable dependiente es una variable de índice no observado latente [C] para N firmas dependientes de la variable dummy observada [D = 1 si I&D > 0] que refleje el resultado de la primera decisión. La variable latente [C] puede entenderse como las capacidades acumulativas de la firma (dado un conjunto de incentivos de la industria) que condicionan el compromiso de una firma en esfuerzos de I&D.

Así, debe existir un nivel de umbral mínimo [C*] por encima del cual las firmas se comprometerán en I&D, y por lo tanto procederán a la segunda etapa en donde [I&D > 0]. De ahí, si [C_i > C*] entonces observamos [D=1], y de otra forma 0. En una segunda etapa, si [C_i > C*] entonces podemos observar [I&D > 0] y la variable dependiente [Y_i] toma el valor de la intensidad de I&D observada [() para N-s firmas, en donde N-s es el número de firmas comprometidas en I&D.

²⁸ Véase Alvarado (1999) para una descripción del modelo Logit.

$$C^* \rightarrow L_{\text{LOGIT}} = [D(0, 1)]$$

$$Y_i \rightarrow F_{\text{OLS}}(Y_i = \alpha) \text{ donde } C_i > C^*$$

entonces,

$$\Pr ob(D = 1) = \Pr ob(C_i > C^*)$$

$$\Pr ob(Y_{(i, N)} = \alpha) = \Pr ob(Y_{(i, N-s)} = \alpha) \Pr ob(C_i > C^*)$$

Nota: La prueba se basa en la definición de probabilidad condicional (Greene, 1997).

1. El modelo

a. El mecanismo de selección de la primera etapa

La función L tiene una variable latente [C] que representa el índice no observable que es una proxy de las capacidades acumuladas de la firma dado un conjunto de incentivos (industria) que se requieren para que una firma se comprometa en los esfuerzos de I&D. Debe existir un nivel de umbral mínimo de dicho índice [C*] en donde una firma dada [i] se comprometerá en esfuerzos de I&D²⁹. Por el contrario, por debajo de [C*] una firma probablemente diferirá su compromiso en esfuerzos de I&D. De ahí,

Cuando $C_i \geq C_i^*$ entonces $D = 1$

Cuando $C_i < C_i^*$ entonces $D = 0$

$$\therefore C_i^{I\&D} \geq C^* > C_i^{N\ I\&D}$$

El índice no observado basado en la variable latente [C] se usa en la primera etapa del modelo Logit, mientras que $[Y_i = \alpha]$, la intensidad de I&D observada cuando $[C_i > C^*]$. La primera etapa es un mecanismo de selección basado en la variable dependiente du-

mmy observada que puede asumirse que sigue una distribución logística.

$$C_i = \gamma' W_i + u_i \quad D_i = 1 \text{ si } C_i > C^* \text{ y } 0$$

de lo contrario;

$$\Pr ob(D_i = 1) = \Phi(\gamma' W)$$

$$\Pr ob(D_i = 0) = 1 - \Phi(\gamma' W)$$

b. La decisión de inversión de la 2 etapa

La segunda etapa es modelada usando MCO para N-s firmas. Se usa una forma funcional log-lineal para obtener los coeficientes de elasticidad y reducir los posibles efectos de "heterocedasticidad". Es común para este tipo de modelo de innovación a nivel de firma usar una regresión log-lineal (Pesaran et. al. 1997). Si asumimos que de las N observaciones, las últimas Y_i observaciones son cero, se puede escribir de la siguiente forma:

$$E[\ln Y_i | X_i, D_i = 1] = \sum_{i=1}^{N-s} X_i \beta + E(\epsilon_i | D_i = 1)$$

B. Explorando las hipótesis convencionales

1. Primera etapa: la decisión de compromiso

Los efectos del tamaño de la firma y los factores de la industria sobre la probabilidad de compromiso fueron evaluados. Se probaron los efectos de inclinación del tamaño de la firma usando formas funcionales lineales y polinomiales. Adicionalmente, las dummies de tamaño de firma también se usaron para probar las diferencias estadísticas en la probabilidad de compromiso entre firmas de diferentes grupos de tamaño. Los factores industriales fueron controlados usando dummies industriales a nivel de 3 dígitos y dummies para grupos de la industria basados en sus dinámicas competitivas³⁰. Los resultados indican que los efectos de nivel de los grupos de tamaño de firma son significativos, no solo con respecto al grupo base sino entre grupos. Los grupos de tamaño

²⁹ Note que el argumento $[C = f(\text{capacidades de la firma} | \text{incentivos externos})]$ se basa en la premisa de que la estrategia deseada es comprometerse en I&D ya sea para apoyar la incorporación de nuevas tecnologías o desarrollar nuevas tecnologías. Esto sólo puede ser posible, sin embargo, si existe un conjunto mínimo de incentivos -dados principalmente por oportunidades tecnológicas y factores de mercado- y la firma no está restringida por capacidades limitadas.

de firma más grandes tienen una mayor probabilidad de compromiso en I&D que sus contrapartes más pequeñas. La probabilidad para firmas grandes (más de 200 empleados) es estadísticamente mayor que el resto de otros grupos tomados individualmente y juntos al 1%³¹. Las diferencias en la probabilidad de compromiso también son estadísticas significativas entre firmas de tamaño medianas-pequeñas (51-100 empleados) y pequeñas firmas (21-50 empleados), y entre firmas medianas (101-200 empleados) y firmas medianas-pequeñas a niveles de 1% y 5%, respectivamente. Entre pequeñas firmas y el grupo base (micros) no hay diferencias estadísticas significativas. Los resultados son estables a través de los esquemas de ponderación.

$Prob[Y_i = 1 | FS_i > 200] > *** Prob[Y_i = 1 | 101 < FS_i < 200] > **$
 $Prob[Y_i = 1 | 51 < N_i < 100] > *** Prob[Y_i = 1 | 21 < FS_i < 50]$
 $> Prob[Y_i = 1 | FS_i < 20]$

$N_i =$ Industria

*** estadísticamente significativo al 1%

** estadísticamente significativo al 5%

$FS =$ tamaño de la firma (empleo)

Las firmas dentro de la industria de Otros Productos Químicos (352) parecen tener mayor probabilidad (a nivel del 1%) de comprometerse en esfuerzos de I&D que las industrias bases (alimentos, bebidas y tabaco) y que la mayoría de otras industrias. Esta evidencia confirma los resultados de los análisis

³⁰ Los coeficientes ilustran la significancia estadística de las variables explicativas, mientras que las tasas de probabilidad (odds ratios) muestran la significancia económica de los efectos de la variable explicativa sobre la probabilidad de que el evento ocurra. Nótese que no hay una medida universalmente aceptada del pseudo R^2 para el modelo Logit. La estadística 'likelihood ratio' (LR) se usó para evaluar las hipótesis pertinentes.

³¹ La prueba χ^2 fue conducida para probar las diferencias significativas entre los coeficientes en donde la hipótesis nula H_0 es $B_1 - B_2 = 0$.

descriptivos. Nótese que las otras industrias con frecuencias de innovación por encima del promedio, Productos Plásticos (356) y Sustancias Químicas Industriales (351) también revelan resultados positivos aunque con menores niveles de significancia (a niveles de 12% y 10%, respectivamente). Tal evidencia confirma efectos industriales positivos dentro de la cadena petroquímica, especialmente en el extremo final de la cadena. Por otra parte, los efectos negativos sobre la probabilidad de comprometerse en I&D parecen ser grandes e importantes dentro de la industria de confecciones (322).

El *ranking* en la probabilidad de embarcarse en I&D de los grupos industriales basados en la dinámica competitiva (CD) confirma las predicciones propuestas en el marco analítico. Las firmas en industrias con una mayor oportunidad tecnológica implícita - industrias donde la dinámica competitiva es regida por factores dinámicos basados en cambio tecnológico - tienen mayor probabilidad de embarcarse en I&D que las demás. De ahí que las firmas dentro de las industrias basadas en ciencia (SB) tienen una mayor probabilidad (a nivel de 1%) de comprometerse en esfuerzos de I&D, que las firmas del resto de las industrias incluyendo las industrias de bienes diferenciados (DG).

Las industrias DG, a su vez, también tienen coeficientes más altos que las industrias intensivas en mano obra (a nivel del 1%) y en recursos naturales (a nivel del 5%). Hay grandes brechas entre las industrias de bienes diferenciados (DG) y las industrias intensivas en escala (SI), las SI y las industrias intensivas en recursos naturales (RI). Esta evidencia justifica el uso de agrupaciones industriales basadas en CD para controlar las diferencias en las oportunidades tecnológicas implícitas a través de industrias. Las industrias cuya dinámica competitiva está regida principalmente por factores dinámicos estimula-

dos fundamentalmente por cambio tecnológico (industrias SB y DG) tienen más estímulo hacia las actividades de I&D que las industrias con factores estáticos (industrias RI y LI). Con base en este marco analítico, la evidencia sugiere que las firmas dentro de las industrias con mayor oportunidad tecnológica implícita tienen mayor probabilidad de comprometerse en esfuerzos de I&D. Los resultados son robustos a cambios en la especificación del modelo y a la ponderación de los datos.

$$\begin{aligned} & Prob[Y_i = 1 | N_i = SB] > Prob[Y_i = 1 | N_i = DG] > \\ & Prob[Y_i = 1 | N_i = SI] > Prob[Y_i = 1 | N_i = RI, LI] \\ & N_i = \text{Industria} \end{aligned}$$

2. Segunda etapa: la decisión de intensidad de la inversión

Un modelo de insumo de innovación estándar (MCO)³² fue utilizado para explorar las hipótesis convencionales³³. El primer conjunto de variables explicativas son tamaño de firma (empleo-temp total de la firma) y efectos de jalonamiento de demanda (el puntaje de la firma sobre la importancia que le da a la penetración de mercados grandes o de rápido crecimiento como un objetivo de innovación omktg). El segundo conjunto de variables explicativas son dummies industriales a nivel de 3 dígitos. Esas variables capturan diferencias en las condicio-

³² Véase Alvarado (1999) para una evaluación de los supuestos de MCO.

³³ El modelo se estima en su forma log-lineal. La variable dependiente es empleo en I&D sobre el empleo total. El modelo log-lineal tiene dos ventajas diferentes. La primera es que puede reducir sustancialmente los problemas potenciales de heterocedasticidad que surgen de variaciones crecientes en los residuos a medida que el tamaño de la firma aumenta. La segunda es que comprime la escala, lo cual es de gran ayuda cuando se analizan variaciones en datos nominales (número de trabajadores) respecto a datos en tasas (intensidad de empleo de I&D). Esta forma funcional también es útil para proporcionar una medida directa de elasticidad.

nes de la industria a través de las industrias, tales como oportunidades tecnológicas, concentración y apropiabilidad. También se incluyeron dummies de grupo de industrias con oportunidades tecnológicas altas. Dado que el empleo en I&D es la medida más adecuada como insumo para la innovación, el empleo total de la firma fue utilizado como proxy del tamaño de la firma para efectos de consistencia.

Los resultados indican claramente que a medida que el tamaño de la firma aumenta disminuye la cantidad relativa de recursos invertidos en esfuerzos de I&D. La magnitud de los efectos del tamaño de la firma parece variar a través de las industrias -coeficientes de elasticidad estadísticamente más grandes se encuentran en las industrias SI y estadísticamente más pequeños en las industrias DG (a nivel de 5%). Nótese que los coeficientes de elasticidad del tamaño de la firma en industrias con alta actividad innovadora del sector petroquímico (352 y 356) también son significativamente más bajos que en el promedio de la industria. Las industrias DG parecen tener un patrón distinto de comportamiento tecnológico -los efectos del tamaño de la firma sobre la inversión en I&D son significativamente más bajos y los efectos del jalonamiento de la demanda son significativamente más altos. La importancia relativa de dichas fuerzas se discutirá nuevamente a la luz de los resultados de incluir otros factores de la firma.

C. Explorando hipótesis alternativas dentro de un enfoque de etapas

Esta sección amplía el análisis incluyendo otros factores de firma e industria a la luz del conocimiento adquirido en el marco analítico. Las variables explicativas para este modelo extendido de insumo de innovación se encuentran en el Apéndice 2.

La medida acertada de oportunidades tecnológicas en la industria continúa siendo un reto. Los estudios por lo general agrupan las industrias de acuerdo con las variables cualitativas que reflejan patrones diferenciales de innovación, con el fin de capturar diferencias en las oportunidades tecnológicas en las industrias³⁴. Este estudio estima los efectos de las diferencias en oportunidades tecnológicas clasificando las industrias a nivel de 3 y 4 dígitos con base en los factores claves que afectan su dinámica competitiva (OECD, 1994). Como ya se discutió, las diferencias en la dinámica competitiva (CD) en las industrias se derivan principalmente de las diferencias en ciclos de vida y trayectorias tecnológicas, esto a su vez genera diferencias en oportunidades tecnológicas en todas las industrias. Los resultados de la sección previa confirman que las industrias cuyas dinámicas competitivas son impulsadas por factores dinámicos con base en cambios tecnológicos tienen mayor probabilidad de comprometerse en I&D y tienen mayores intensidades de I&D que las industrias basadas en dotaciones estáticas de factores. De tal evidencia, se infiere que las industrias basadas en ciencia y las industrias de bienes diferenciados tienen oportunidades tecnológicas más altas respecto al resto de industrias. El análisis en esta sección evalúa el poder explicativo de las diferencias en oportunidad tecnológica frente a la concentración. El indicador de concentración captura el número de firmas que representan el 50% del valor agregado y el producto industrial (CR50) a nivel de 5 dígitos, por lo tanto aumentando la precisión del indicador³⁵. Dos hipótesis subyacentes están en juego en este análisis. Primero, si hay efectos significativos de la concentración en la innovación. De ser así, si el poder explicativo de la concen-

³⁴ Scherer, por ejemplo, clasificó las industrias por clase tecnológica. La taxonomía de Pavitt (1984) de la dinámica de innovación en las industrias también ha sido usada como proxy.

tración sobre la innovación es mayor o menor que el poder explicativo de las oportunidades tecnológicas.

Los efectos de jalonamiento de demanda fueron medidos por el puntaje de la firma en la importancia que la penetración de un mercado masivo o rápidamente creciente tiene como objetivo de la estrategia de innovación. Un alto puntaje dado por la firma implica que la estrategia de innovación es impulsada por factores de demanda.

El análisis también se concentra en la exploración de los efectos de heterogeneidad entre firmas -especialmente en factores organizacionales y de capacidad- en la actividad innovadora. En el análisis se incluyó una variable dummy para firmas que entrenan a sus empleados en nuevas tecnologías de proceso, reflejando diferencias en los esfuerzos de la firma para mejorar las destrezas tecnológicas de la mano de obra³⁶. Otra dummy fue incluida para las firmas que han introducido prácticas de gestión modernas en la organización de la producción -tales como sistemas justo a tiempo, círculos de calidad, disposiciones de planta basadas en celdas, out-sourcing, etc. Se puede presumir que las firmas que han introducido tales prácticas tienen mayores capacidades organizacionales de producción frente a las firmas que usan prácticas tradicionales organizacionales. La edad de la firma puede reflejar capacidades genéricas generadas por la experiencia que puede mejorar sus capacidades para identificar las

³⁵ Es importante anotar que la medida de concentración está sujeta a limitaciones metodológicas y retos tales como el nivel de agregación y los efectos de la internacionalización de la producción.

³⁶ El efecto marginal adecuado para una variable independiente binaria es el siguiente: $\text{Prob}[Y_i = 1 | x^*, D \text{ IED} = 1] - \text{Prob}[Y_i = 1 | x^*, D \text{ IED} = 0]$, en donde x^* es la media de todas las demás variables en el modelo (Green, 1997; p. 878).

oportunidades de innovación y desarrollar proyectos innovadores. Sin embargo, la edad también puede reflejar el dinamismo de los empresarios y su nivel de aversión al riesgo, en donde las firmas más jóvenes tienden a ser más agresivas que las firmas más viejas.

Generalmente se cree que la integración con mercados globales vía la actividad de exportación estimula la actividad innovadora. La demanda de calidad de producto y los requisitos de eficiencia de costos son por lo general más altos en mercados globales que en el mercado de los países en desarrollo. Los mercados globales demandan que se siga el cambio tecnológico y los gustos cambiantes de los consumidores para conservar la participación en el mercado. Además, las capacidades organizacionales que se requieren para exportar (esto es, actividades operativas, de mercadeo y distribución) generalmente son más altas que las que se requieren para vender localmente. Las firmas que han penetrado los mercados extranjeros son por lo general más competitivas que las firmas no exportadoras y por lo tanto se puede esperar que tengan mayores capacidades tecnológicas y organizacionales. Se incluyó, por tanto, en el modelo una variable dummy para las firmas exportadoras.

Se puede esperar que la interacción entre firmas basadas en redes (*firm networks*) formales o informales generen externalidades positivas sobre la actividad innovadora. Se exploraron los efectos de diferentes formas organizacionales de redes de firmas. Se evaluaron las externalidades de la actividad innovadora de pertenecer a un conglomerado de firmas y del tamaño de dicho conglomerado. Una vez que la firma se ha comprometido en I&D, las interacciones de la firma con agentes externos durante el proceso de innovación también se evaluaron. Estas incluyeron la ejecución de I&D por agentes externos

y el intercambio de información crítica para actividades innovadoras con otras firmas (por ejemplo, compradores y proveedores), y con agentes científicos - universidades, centros de investigación y tecnología e investigadores independientes.

La mayoría de los estudios que exploran el grado de globalización de los esfuerzos de I&D se basan en datos agregados a nivel del país. Estos estudios no dicen nada acerca del papel de la inversión extranjera directa y las empresas transnacionales (ET) en la estrategia de innovación de las firmas de países en desarrollo. La encuesta de innovación incluyó variables que permiten la evaluación de tales factores, incluyendo variaciones en la estructura de propiedad de las firmas que tienen inversión extranjera dado que tales variaciones pueden afectar la estructura de incentivos de la firma. Por una parte, las tendencias de las ET de agrupar sus esfuerzos de I&D en países OECD pudiera conducir a menos esfuerzos de investigación en países en desarrollo. Por otra parte, las actividades innovadoras de las firmas nacionales con inversión extranjera pudieran beneficiarse de los vínculos con ET o inversionistas extranjeros quienes generalmente tienden a poseer más capacidades tecnológicas, organizacionales y financieras.

Los Cuadros 5 y 6 resumen los principales resultados obtenidos del análisis econométrico de la primera etapa de la decisión de innovación (modelo Logit). El Cuadro 5 resalta los coeficientes significativos, mientras que el Cuadro 6 presenta las tasas de probabilidad para los coeficientes significativos con el fin de derivar el significado económico de los resultados. En el Cuadro 7 se agrupan los resultados del análisis econométrico de la segunda etapa (el modelo MCO). Estas tablas presentan resultados de análisis que controlan los factores de la industria con el uso de dummies de la industria ya sea a nivel de 3 dígitos o a nivel de grupos de industria basados

Cuadro 5. PRIMERA ETAPA: MODELO DE INNOVACIÓN-INSUMO (LOGIT) - PROBABILIDAD DE COMPROMISO EN I&D; COEFICIENTES ESTIMADOS (Muestra de todas las firmas; datos no ponderados)

Variables explicativas	(1) SM1	(2) CM1	(3) CM2	(4) SM2	(5) SM3	(6) SM4	(7) CM3
Empleo	.003*** (0.0)	.0004 ** (0.03)	.0035*** (0.0)	.0035*** (0.0)	.0035*** (0.0)	.0038*** (0.0)	.0008 ** (0.02)
Empleo^2	-2.3e-6*** (0.0)		-2.4e-06 ** (0.0)	-2.4e-6*** (0.0)	2.4e-6*** (0.0)	-2.5e-6*** (0.0)	-9e-8 (0.23)
Empleo^3	3.9e-10 ** (0.02)		3.99e-10 ** (0.018)	4.1e-10 ** (0.02)	4.1e-10 ** (0.016)	4e-10 ** (0.02)	
D IED	0.33 (0.16)	.463 ** (0.04)					
D IED ncon						1.054 ** (0.02)	1.04 ** (0.02)
D IED con						-.057 (0.85)	.11 (0.70)
D cong	.369 (0.15)	.431 * (0.08)	.386 (0.13)			.303 (0.25)	.365 (0.17)
D Fdins or Cong5				.46 ** (0.05)	.443 * (0.06)		
D TTR	.92*** (0.0)	.998*** (0.0)	.993*** (0.0)	.92*** (0.0)	.92*** (0.0)	.928*** (0.0)	*** (0.0)
D Orgpr	1.24*** (0.0)	1.31*** (0.0)	1.23*** (0.0)	1.24*** (0.0)	1.24*** (0.0)	1.35*** (0.0)	1.38*** (0.0)
D X	.418 ** (0.026)	.546*** (0.0)	.452 ** (0.015)	.42 ** (0.02)	.42 ** (0.025)	.452 ** (0.02)	.60*** (0.0)
0<edad<5					.527 (0.24)		
Dg	.53 ** (0.03)	.478 ** (0.04)	.53 ** (0.027)	.504 ** (0.037)	.54 ** (0.025)		
Db	1.844 (0.0)	1.78*** (0.0)	1.87*** (0.0)	1.86*** (0.0)	1.86*** (0.0)		
D 22 Industrias						CIU 22	CIU 22
Constante	-3.195*** (0.0)	-2.99*** (0.0)	-3.18*** (0.0)	-3.19*** (0.0)	-3.23*** (0.0)	-3.36*** (0.0)	-3.01*** (0.0)
N	830	830	830	830	830	830	830
Log-LH	-394.969	-402.182	-395.9	-395.2	-394.31	-372.1	-379
Chi ^{2a}	202.9 (10)	188.5 (8)	201.03 (9)	202.5 (9)	204 (11)	248 (30)	233 (29)
Prob>Chi ²	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
Pseudo R ²	0.204	0.1899	0.2025	0.20	0.206	0.2504	0.2350
Prueba LR ^b		Ho:	Ho:	Ho:		Ho:	
Hipótesis nula		(1)-(2)=0	(1)-(3)=0	D[ied-or-cong]=0		D[iedncon]=0	
Chi ²		4.43***	1.89	3.77 **		5.4 **	
P(Chi ²)		(0.0)	(0.17)	(0.05)		(0.03)	

Los números en paréntesis corresponden al nivel de significancia; (0.0) indica que el nivel de significancia es menor que 1%.

CIU 22: indica que 21 dummies de la industria a 3 dígitos se incluyeron en el modelo.

La significancia estadística de los coeficientes es indicada por ***, ** y * que representan los niveles 1%, 5% y 10%, respectivamente.

[D] Indica que la variable es una dummy.

^a Números en paréntesis para Chi² son grados de libertad.

^b Prueba de tasa de probabilidad (LR) entre un modelo saturado (SM) y un modelo restringido (CM). La prueba LR se utilizó para probar el aporte de un grupo de variables al modelo. La hipótesis nula (Ho) es si el cambio en el aumento de la función de probabilidad como resultado de incluir las variables en cuestión es significativo o no; esto es, Ho (1) - (2) = 0.

Cuadro 6. PRIMERA ETAPA: MODELO INSUMO INNOVACIÓN - PROBABILIDAD DE COMPROMISO EN I&D; TASAS DE PROBABILIDAD (Todas las firmas; no ponderado)

Variables explicativas	(0) Dummies de la industria a 3 dígitos	(1) Oportunidad tecnológica	(2) Concentración de mercado	(3) Dummy de oportu- nidad tecnológica y concentración
Empleo	1.004***	1.003***	1.001***	
Empleo2	0.999***	.999***	.999***	
Empleo3	1***	1***	1**	
D 50-200 empleados				1.4
D 200-500 empleados				2.9***
D 500 < empleados				1.4 *
D IED ncon	2.87**	3.46***	3.27***	3.1***
D IED con	0.95	1.2	1.34	1.20
D Cong2p	1.35	1.49	1.44	1.6
Orgpr	3.88***	3.7***	3.6***	3.6***
D Ttr	2.52***	2.5***	2.4***	2.9***
D X	1.58**	1.48**	1.6***	2.1***
DG		1.72**		1.5 *
SB		6.5***		5.0***
322 ^a	0.24**			
342 ^a	0.32 *			
352 ^a	11.51***			
CR50			1.13***	
CR50 ²			.997**	
D Industrias de baja concentración				1.6**
N	830	830	830	830
Log-Lh	-372.1	-391.7	-404.7	-406.1
Chi ²	248.7 (30)	209.5 (11)	183.6 (11)	216.1 (12)
Prob>Chi ²	0.0	0.0	0.0	0.0
Pseudo R ²	0.2504	0.2110	0.1849	0.2103

La significancia estadística de los coeficientes está indicada por ***, ** y * que representan los niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente. [D] Indica que la variable es una dummy.

Los odds ratios están definidos como $(\pi_i / 1 - \pi_i)$, por lo tanto se puede interpretar como la probabilidad de que ocurra en evento en cuestión.

^a Sólo se presentan las variables dummy de industria importantes.

La significancia de los coeficientes es estable a cambios en la ponderación de los datos. Sin embargo, las tasas de probabilidad aumentan para los factores organizacionales y de capacidad de las firmas cuando se usan datos ponderados.

en diferencias en la dinámica competitiva (CD). Los Cuadros 8 y 9 presentan los resultados del análisis de los efectos de la oportunidad tecnológica y la concentración en la estrategia de innovación - primera y segunda etapa, respectivamente. Los resultados son robustos a la ponderación o no de datos a menos que se indique lo contrario.

D. Tamaño de Firma

1. Primera etapa

Los pequeños efectos positivos del tamaño de firma sobre la probabilidad de compromiso son robustos (Cuadro 5). Por tanto, algunos efectos Schumpete-

rianos son evidentes en estimular las firmas a comprometerse en actividades de I&D, inclusive después de controlar con otras proxies de los factores de capacidad y organización a nivel de firma. Tales efectos positivos se pueden atribuir a los factores que están detrás de los planteamientos Schumpeterianos -esto es, capacidades financieras, poder de mercado, y economías de escala y alcance.

Las variables dummy para las firmas más grandes indican que tales firmas tienen probabilidades más altas de comprometerse en I&D que las firmas más pequeñas (Cuadro 5). Las firmas de tamaño mediano ($200 < \text{empleados} < 500$) tienen casi tres veces las probabilidades de comprometerse en I&D respecto a las firmas pequeñas. En contraste, las firmas grandes ($500 < \text{empleados}$) tienen menos de una y media probabilidades de compromiso en relación con firmas pequeñas. Esta evidencia soporta la hipótesis de que la relación entre el tamaño de la firma y la probabilidad de compromiso no es lineal. Los resultados del análisis de regresión polinomial indican que un polinomio de tercer grado es estadísticamente significativo para la ponderación de los datos, sugiriendo que el tamaño es especialmente importante en los rangos de pequeña y mediana industria. Esto también se refleja en las tasas de probabilidades para empresas de tamaño medio (Cuadro 5). El tamaño parece limitar especialmente a las firmas pequeñas para involucrarse en actividades de I&D.

Los resultados usando el modelo extendido soportan la idea de que los efectos del tamaño de firma Schumpeteriano sobre la probabilidad de innovación, tienden a ser más importantes en algunas industrias, especialmente en las de bienes diferenciados y en las intensivas en escala. El análisis de la industria a nivel de 3 dígitos indica que los efectos de la magnitud del tamaño de la firma en la mayoría de las industrias innovadoras (352) son estadísticamente más grandes que en el resto de las industrias. Por otra

parte, en la industria de confecciones (332) que tiene el mínimo dinamismo de innovación, el tamaño de la firma parece no jugar un papel importante en el aumento de las probabilidades de compromiso. Tal evidencia puede explicarse por diferencias en las industrias en la mínima escala económica o en la complejidad de los proyectos de I&D.

2. Segunda etapa

El coeficiente negativo para tamaño de firma es robusto para la ponderación de datos y los cambios a la especificación del modelo (Cuadro 7). La forma funcional para el tamaño de la firma fue explorada usando regresiones polinomiales y lineales. Un tercer grado polinomial es robusto por lo que indica que la relación entre tamaño de firma e intensidad de I&D puede describirse por una curva S invertida. El análisis de regresión spline también sugiere que esa relación no es lineal ya que los quiebres estructurales en los coeficientes de elasticidad del tamaño de la firma (B) fueron significativos³⁷. Esos quiebres a través de los rangos de tamaño de firma se resumen a continuación:

$$B(<100) = -1.06 < *** \quad B(100-1,000) = -0.33 \\ < *** \quad B(1,000<) = -1.24$$

Es claro que una vez que la firma se compromete en I&D, las firmas más pequeñas invierten en I&D con mayor intensidad que las firmas más grandes. Por lo tanto, la inversión en I&D absoluta aumenta menos que proporcionalmente con el tamaño de la firma. El patrón sugiere que las firmas más grandes tienen que invertir relativamente menos recursos en I&D que las firmas más pequeñas. Esta evidencia no necesariamente significa, sin embargo, que las firmas pequeñas son más innovadoras. Tal relación negativa puede ser explicada por economías de escala en proyectos de I&D. Una firma pequeña (esto es, 50 empleados) que emplea a un investigador

Cuadro 7. SEGUNDA ETAPA: MODELO DE LA INTENSIDAD DE I&D (INSUMO INNOVACIÓN); ESTIMACIONES EN MCO (Sólo para firmas comprometidas en I&D; datos no ponderados)

Variables explicativas	(1) SM1	(2) CM1 ^a	(3) CM2	(4)	(5)
Ln (Temp)	-4.02*** (0.0)	-4.07*** (0.0)	-.669*** (0.0)	-4.99*** (0.0)	-4.28*** (0.0)
Ln (Temp)2	.61 ** (0.2)	.62 ** (0.03)		.82*** (0.0)	.657 ** (0.02)
Ln (Temp)3	-.035 ** (0.04)	-.03 ** (0.03)		-.05*** (0.0)	-.038 ** (0.02)
Ln (mktg)	.32*** (0.01)	.304*** (0.01)	.280** (0.02)	.26 ** (0.04)	.323*** (0.0)
D IED	.379*** (0.0)	.42*** (0.0)	.442*** (0.0)		
D IED-con				.42*** (0.01)	
D IED-ncon				.33*** (0.13)	
D IED s					-.322 (0.29)
IED %					.699*** (0.0)
Dcong2p	.59*** (0.0)	.589*** (0.0)	.615*** (0.0)	.54*** (0.01)	.533*** (0.)
Dttr	.16 (0.18)				
D Orgpr	.31 * (0.09)	.391 ** (0.03)	.441*** (0.01)	.41 ** (0.02)	.333 * (0.07)
D ttr y orgpr DX	.031 (0.8)				
Ln (edad)	-.14 (0.20)				-.157 (0.16)
Ln (Rdexp)	.12 * (0.05)	.103 * (0.09)	.102 * (0.09)	.09 * (0.10)	.11 * (0.07)
Sinnosc	-.15 (0.27)				
Sinnoms	.20 (0.23)				
CIU22 ^b				CIU 22	
Dg	.36 ** (0.02)	.32 ** (0.04)	.314 ** (0.04)		.334 ** (0.03)
Sb	.49*** (0.0)	.45*** (0.0)	.423*** (0.0)		.481*** (0.0)
Cons	4.02	3.8	-1.99***	5.3 ** (0.04)	3.64 *
N	232	232	232	232	232
F	13.18 (15.216)	19.10 (10.222)	22.84 (8.224)	7.99 (30.202)	16.21 (12.219)
Prob>F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Raíz MSE	.873	.873	.88	.84	.87
R2	0.478	0.462	0.449	0.542	0.470
R2 ajustado	0.442	0.438	0.429	0.474	0.441
Max Eing.	10.9				
DW	1.98				
Hipótesis nula		Ho:(1)-(2)=0	Ho:(2)-(3)=0		
Prueba F		1.5	2.80 **		

Los números en paréntesis son los niveles de significancia; (0.0) indica que el nivel de significancia es menor que 1%; La significancia estadística de los coeficientes es indicada por ***, ** y * que representan los niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente; [D] indica que la variable es una simulación; ^a El modelo restringido CM1(uw) resultó de una eliminación de variables de SM1 (uw). En este proceso la significancia de las variables explicativas fue examinada con la prueba F (variables descendientes a un nivel de 10%), así la variable con el grado de correlación parcial más bajo con la variable dependiente fue probada primero. ^b Los efectos de la industria se controlan con dummies industriales a nivel de 3 dígitos).

terminará con una intensidad de I&D mayor que una firma grande (esto es 1.000 empleados) que invierte tres veces ese nivel mínimo de inversión. Este patrón de inversión en I&D sugiere que puede haber retornos crecientes a I&D en el sentido en que las firmas no tienen que aumentar el tamaño de su equipo de I&D proporcionalmente al tamaño de la firma. Desde otro punto de vista, no es rentable que una firma grande tenga equipos de I&D muy grandes que podrían resultar de la inversión en I&D en la misma proporción de las firmas pequeñas. En este sentido, los retornos marginales de la inversión en I&D disminuyen a medida que el tamaño del equipo de I&D aumenta.

³⁷ Los quiebres estructurales en el coeficiente de elasticidad y el polinomio de tercer grado sugieren una relación de curva S invertida entre cambios relativos en el tamaño de la firma y cambios relativos en la intensidad de I&D. Tal no linealidad puede ser una función compleja de variaciones en los beneficios esperados y en economías de escala en los esfuerzos de I&D. Las firmas que se comprometen en esfuerzos de I&D necesitan tener equipos de tamaño pequeño, es decir, un investigador más un asistente. Las firmas pequeñas comprometidas en I&D revelan el nivel más alto de intensidad en I&D en promedio. En ese tamaño de firma, mientras que el tamaño aumenta la intensidad de I&D disminuye rápidamente (la elasticidad negativa está alrededor de la unidad). Por tanto, sólo pequeños aumentos en empleo de I&D se evidencian a medida que el tamaño de la firma aumenta (50 a 100 empleados), reduciendo así drásticamente la intensidad de I&D. Fuera de ese rango, las firmas parecen aumentar el tamaño de su equipo de I&D casi en la misma proporción en que aumenta el tamaño de la firma. Este comportamiento se refleja en la reducción del tamaño de la elasticidad relativa de la intensidad de I&D al tamaño de la firma en el análisis de regresión polinomial (elasticidad = 0.33). Así, el tamaño del equipo de I&D en este rango parece tener retornos constantes a escala (en promedio) implicando que las firmas medianas tienen ventajas de tamaño frente a las firmas más pequeñas. Algunas de estas firmas medianas podrán escalar sus esfuerzos de I&D a un nivel que les permita hacer frente a proyectos innovadores con mayor complejidad (innovación estricta) para los que los retornos esperados pueden ser más altos. Dos tipos de escalación en los esfuerzos de I&D son posibles. Primero, de esfuerzos adaptivos (en donde I&D tiene una función de apoyo a la imitación de producto y la incorporación de nuevas tecnologías) a mejoras incrementales (en donde el resultado de la innovación puede estar sujeto a patente) del tipo autónomo. El segundo tipo de escalación es de mejoras incrementales a innovaciones radicales del tipo sistémico - menos usual en una economía en desarrollo.

Una vez que el modelo toma en cuenta las diferencias en factores organizacionales y de capacidades a través de firmas, la significancia de los efectos de industria sobre el coeficiente de elasticidad de la variable tamaño de la firma parece desvanecerse. Sin embargo, la elasticidad negativa a los cambios en el tamaño de la firma en las industrias con una intensidad de I&D promedio más alta (352 y 353) parece ser menor (en términos absolutos) que el promedio de la industria. De otra parte, los efectos Schumpeterianos sobre la intensidad de I&D parecen estar presentes en la industria con la intensidad de I&D más baja (322).

Aunque los factores de demanda no parecen afectar la decisión de la firma de comprometerse en I&D, tales factores determinan significativamente la estrategia de innovación de las firmas que emprenden esfuerzos de I&D (Cuadro 7). El alto potencial de mercado percibido por la firma, estimula los recursos relativos invertidos en esfuerzos de I&D, una vez que la firma se ha comprometido en tales esfuerzos.

E. Factores de la industria: concentración y oportunidad tecnológica

El poder explicativo de la concentración se comparó con el de las oportunidades tecnológicas. Las 22 dummies de los sectores industriales a 3 dígitos capturan los efectos totales de todos los factores de industria, incluyendo concentración así como oportunidad tecnológica. Las dummies para los grupos de industrias con altas oportunidades tecnológicas implícitas controlan solamente por diferencias en oportunidad tecnológica. Igualmente, la variable de concentración captura las diferencias en concentración en todas las industrias. Por lo tanto, el modelo dummy para los 22 sectores industriales a 3 dígitos en donde la variable de la industria captura todos los efectos específicos de industria tendrá un mayor poder explicativo que los modelos que in-

cluyen solo concentración y/u oportunidades tecnológicas. El poder explicativo neto de estos factores fue comparado usando el modelo dummy de 22 industrias como punto de referencia.

Primera etapa:

$$E(L_{FIE}) > E(L_{CR50}) >> E(L_{TO}) > E(L_{CM})$$

Segunda etapa:

$$E(R^2_{FIE}) > E(R^2_{CR50}) >> E(R^2_{TO}) > E(R^2_{CM})$$

Donde:

R^2 = R^2 ajustado

L = Función de Probabilidad

FIE = Efectos fijos de industria los cuales representan todos los efectos específicos de industria (22 dummies de industria)

CR50 = Modelo que incluye factores de concentración

TO = Modelo que incluye factores de oportunidades tecnológicas

CM = Modelo restringido; sin factores de industria capturados

(><) indica que la relación es desconocida, y es objeto de atención en el estudio

1. *Primera etapa*

El coeficiente CR50 es pequeño pero estadísticamente significativo (Cuadro 8). Incrementos en la concentración de mercado parece disminuir la probabilidad de comprometerse en esfuerzos de I&D, rechazando por lo tanto el planteamiento de concentración Shumpeteriano. Alternativamente, al aumentarse el número de firmas dominantes dentro de una industria dada (esto es, firmas que representan el 50% del valor agregado y la producción de las industrias) se aumenta la probabilidad de compromiso. Se usó una dummy de industria para estimar el chance (odds ratio) de compromiso en industrias de baja concentración. Las tasas de pro-

babilidad de dicha dummy (significativa a nivel de 3%) indican que firmas dentro de industrias de baja concentración tienen más de un y medio chance de comprometerse en I&D, que las firmas en otras industrias (Cuadro). La forma funcional de CR50, sin embargo, parece ser no lineal. La importancia de una forma funcional polinomial de segundo grado sugiere una relación "U" entre el inverso del grado de concentración (CR50) y la probabilidad de compromiso en I&D.

Los resultados indican que la concentración es responsable solo por una pequeña fracción del total de factores de industria que afectan la probabilidad de comprometerse en esfuerzos de I&D. Alternativamente, las oportunidades tecnológicas maximizan la probabilidad de comprometerse en esfuerzos de I&D. Las oportunidades tecnológicas maximizan la función de probabilidad más que la concentración (Cuadro 8)³⁸. Estos resultados apoyan la evidencia reciente de los países de la OECD con respecto a la importancia de las oportunidades tecnológicas. El poder explicativo de la oportunidad tecnológica y la concentración también fue comparado con el poder explicativo total de los factores acumulativos de industria (oportunidad tecnológica, concentración y otros factores no identificados) capturados por las dummies de industria a nivel de 3 dígitos. Los resultados indican que otros factores (no identificados) diferentes a la concentración y las oportunidades tecnológicas responden por una gran parte del poder explicativo de los factores de industria.

2. *Segunda etapa*

La concentración también parece tener pequeños efectos negativos sobre la intensidad de I&D (Cuadro 9). Si la estructura de mercado juega un papel en la

³⁸ Como los modelos no han sido probados, la significancia de tales diferencias no puede evaluarse.

Cuadro 8. PRIMERA ETAPA: MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INDUSTRIA SOBRE LA PROBABILIDAD DE COMPROMISO EN I&D (Todas las firmas: no ponderado)

Variables explic	(0) Dummies de la industria	(1) Oportunidad tecnológica y concentración	(2) Oportunidad tecnológica	(3) Concentración	(4) Modelo restringido
Empleo	.004*** (0.0)	.003*** (0.0)	.003*** (0.0)	.003*** (0.0)	.003*** (0.0)
Empleo ²	-2e-6*** (0.0)	-2e-6*** (0.0)	-2e-6*** (0.0)	-2e-6*** (0.01)	-2e-6*** (0.01)
Empleo ³	4e-11 ** (0.02)	4e-10*** (0.0)	4e-10*** (0.01)	-3e-10 ** (0.05)	-3e-10 ** (0.02)
D IED ncon	1.05 ** (0.02)	1.22*** (0.0)	1.24*** (0.0)	1.18*** (0.0)	1.20*** (0.0)
D IED con	-.06 (0.85)	.18 (0.53)	.19 (0.50)	.29 (0.29)	.32 (0.23)
D Cong	.30 (0.26)	.41 (0.11)	.40 (0.12)	.37 (0.13)	.34 (0.16)
D Orgpr	1.35***	1.29***	1.30***	1.27***	1.28***
D Ttr	.93*** (0.0)	.94*** (0.0)	.92*** (0.0)	.86*** (0.0)	.80*** (0.0)
D X	.45 ** (0.02)	.40 ** (0.03)	.39 ** (0.05)	.49*** (0.0)	.48*** (0.0)
DG		.44 (0.11)	.54 ** (0.03)		
SB		1.8*** (0.0)	1.88*** (0.0)		
22 Ind (3D) CR50	CIU 22	.07 * (0.10)		.13*** (0.0)	
CR50 ²		-.002 (0.20)		-.003 ** (0.02)	
Cons	-3.4*** (0.0)	-3.7*** (0.0)	-3.27*** (0.0)	-3.9*** (0.0)	
N	830	830	830	830	830
Log-Lh	-372.1	-390.4	-391.7	-404.7	-409.6
Chi2	248.7 (30)	212 (13)	209.5 (11)	183.6 (11)	173.7 (9)
Prob>Chi ²	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pseudo R ²	0.250	0.213	0.211	0.184	0.174
Prueba LR					
Hipótesis nula			Ho: L(0)-L(2)=0 Chi2(19)=39***	Ho: L(2)-L(3)=0 Chi2(19)=65***	Ho: L(3)-L(4)=0 Chi2(2)=9.87***

Los números en paréntesis corresponden al nivel de significancia; (0.0) indica que el nivel de significancia es menor que 1%. CIU 22: indica que las 21 dummies de industria a 3 dígitos se incluyeron en el modelo.

La significancia estadística de los coeficientes es indicada por ***, ** y * que representan los niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente.

[D] indica que la variable es una dummy

**Cuadro 9. SEGUNDA ETAPA: FACTORES DE LA INDUSTRIA EN LA INTENSIDAD DE I&D
(Firmas comprometidas en I&D solamente; no ponderado)**

Variables explicativas	(0) Dummies de la industria a 3 dígitos	(1) Oportunidad tecnológica	(2) Concentración	(3) Modelo restringido
Ln (Temp)	-4.49*** (0.0)	-3.31*** (0.0)	-3.13 ** (0.04)	-3.05 ** (0.05)
Ln (Temp)2	.72*** (0.01)	.48 * (0.09)	.45 (0.013)	.43 (0.15)
Ln (Temp)3	-.04 ** (0.02)	-.02 (0.12)	-.02 (0.15)	-0.03 (0.17)
IED ncon	.99 * (0.07)	.69 (0.20)	.91 ** (0.10)	.74 (0.18)
IED con	.82*** (0.00)	.68*** (0.00)	.76*** (0.0)	.71*** (0.0)
D IED s	-.63 ** (0.05)	-.35 (0.25)	-.37 (0.25)	-.31 (0.34)
D Cong	.55*** (0.0)	.56*** (0.0)	.61*** (0.0)	.56*** (0.0)
D Orgpr	.40 ** (0.03)	.38 ** (0.04)	.37 ** (0.05)	.37 ** (0.05)
Ln (I&Dexp)	.08 (0.23)	.11 * (0.08)	.10 (0.13)	.12 ** (0.05)
Ln (edad)	-.11 (0.33)	-.15 (0.18)	-.12 (0.31)	-.11 (0.35)
DG		.32 ** (0.04)		
SB		.48*** (0.0)		
22 Ind (3D) CR50	CIIU 22		0.06 * (0.08)	
CR50 ²			-0.001 (0.20)	
Cons	5.16 ** (0.05)	3.3 (0.20)	2.67 (0.30)	
N	232	232	232	232
Modelo SS	172.3	143.1	140.29	135.3
F	7.78 (31.200)	15.19 (12.219)	14.65 (12.219)	16.64 (10.221)
Prob>F	0.0	0.0	0.0	0.0
R2	0.546	0.454	0.445	0.429
R2 ajustado	0.476	0.424	0.414	0.403
Raíz MSE	0.844	0.886	0.893	0.901

Los números entre paréntesis corresponden al nivel de significancia; (0.0) indica que el nivel de significancia es menor que 1%. Ciiu22: indica que las 21 dummies de la industria a 3 dígitos se incluyeron en el modelo. La significancia estadística de los coeficientes es indicada por ***, ** y * que representan los niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente.

[D] indica que la variable es una dummy.

modelación de la estrategia de innovación en esta segunda etapa, es más probable que el aumento del número de firmas dominantes dentro de una industria dada incrementará la intensidad promedio de inversión en I&D. La significancia de tales efectos, sin embargo, no es robusta a la ponderación de los datos ni a los cambios en la especificación funcional de la variable. Se usó una dummy para probar si las industrias con altos grados de concentración tenían bajas intensidades promedio de I&D. Se obtuvieron resultados sólidos indicando que este es el caso. Las firmas en las industrias de baja concentración *tenden* a conducir I&D con mayor intensidad respecto a las firmas en industrias de alta concentración. Similar a los resultados obtenidos en la primera etapa, el poder explicativo de las oportunidades tecnológicas es mayor que el poder explicativo de los efectos de concentración.

F. Capacidades a nivel de firma y factores organizacionales

1. *Inversión extranjera directa (IED) y redes de firmas (conglomerados)*

El nivel y los efectos de pendiente de la inversión extranjera directa en la probabilidad de compromiso son insignificantes. Sin embargo, los resultados cambian dramáticamente una vez que se tiene en cuenta el control corporativo. Se utilizaron variables dummy para explorar si al variar la estructura de propiedad de las firmas con IED pueden alterarse los efectos de la IED sobre la decisión de comprometerse en I&D³⁹. Los resultados indican que las firmas con capital extranjero pero controladas por inversionistas

³⁹ Se crearon las siguientes dummies: firma con IED controlada por capital doméstico (IED-ncon), firma con IED controlada por capital extranjero (IED-con), filiales completamente controladas por ET (IED-s) y firmas con IED controladas por capital extranjero pero excluyendo las filiales totalmente controladas (IED-conns).

domésticos tienen una mayor probabilidad de comprometerse en I&D que las firmas sin IED y las firmas con IED controladas por inversionistas extranjeros (Cuadro 5). Las firmas con IED controladas por capital nacional tienen tres veces más probabilidades de comprometerse en I&D, *ceteris paribus*, que las firmas sin IED (Cuadro 6). Estos resultados son estadísticamente robustos a la ponderación de los datos y a las variaciones en la forma en que los factores de industria se controlan. Sorprendentemente, las firmas con inversión extranjera que son controladas por capital extranjero parecen tener una menor probabilidad de comprometerse en I&D que las firmas sin IED.

Esta evidencia indica que la interacción de las firmas controladas por inversionistas domésticos con inversionistas extranjeros puede generar externalidades positivas sobre la probabilidad de compromiso en esfuerzos de I&D. Sin embargo, las firmas con inversión extranjera no controlada por agentes domésticos *tenden* a evitar el compromiso en esfuerzos de I&D. Este patrón apoya la opinión de que hay una falta de globalización de los esfuerzos de I&D de las ET para las economías de desarrollo. Por tanto, la evidencia favorece la participación nacional en firmas con inversión extranjera, dado su estímulo a la actividad de I&D. La evidencia tiene implicaciones importantes para los formuladores de política quienes consideran el uso de la promoción de IED como un instrumento de la política tecnológica.

Aunque las firmas que pertenecen a un conglomerado parecen tener una probabilidad más alta de compromiso, no es posible rechazar fuertemente la hipótesis de que los conglomerados (redes de firmas) no generan externalidades positivas sobre la actividad de I&D. Sin embargo, las firmas que pertenecen a un conglomerado tienen intensidades de I&D estadísticamente mayores (Cuadro 7). Así, las

redes de firmas basadas en participaciones de capital tienen externalidades positivas sobre la intensidad de I&D. Además, las firmas que tienen inversión extranjera directa también tienen intensidades de I&D estadísticamente más grandes. Por tanto, hay una tendencia a que las firmas con inversión extranjera que ya están comprometidas tengan equipos de I&D relativamente más grandes que las firmas sin inversión extranjera ($B=0.4$ a nivel de 1%).

El control creciente de la firma por inversionistas extranjeros genera externalidades positivas para la inversión en I&D. Este patrón puede ser explicado por una mayor apropiación de los retornos por parte de los inversionistas extranjeros en la transferencia de capacidades y recursos a la firma local, cuando su control de la firma aumenta. Tales efectos fueron explorados con el uso de variables dummy y con un análisis de regresión polinomial. Estos resultados indican que las firmas con inversión extranjera que no tienen un interés de capital nacional probablemente llevarán a cabo I&D con menor intensidad que las firmas nacionales y las firmas con IED con capital doméstico. Dicha evidencia sustenta además la hipótesis respecto a la falta de globalización de la I&D de las ET a los países en desarrollo⁴⁰.

2. Patrones de aprendizaje: elementos de manufactura modernos y entrenamiento tecnológico

Las firmas que han introducido principios organizacionales de producción modernos tienen casi siempre cuatro veces la probabilidad de comprometerse en esfuerzos de I&D que las firmas que trabajan sobre principios organizacionales tradicionales (Cuadro 6). Así, las firmas con mayores capacidades

organizacionales implícitas están más listas a comprometerse en esfuerzos de I&D. Igualmente, las firmas que entrenan empleados en tecnologías de proceso tienen más del doble de la probabilidad de comprometerse en I&D que las firmas que no. Más aún, hay efectos positivos, aunque débiles, de la intensidad con la que se lleva a cabo el entrenamiento tecnológico (empleados entrenados / empleo total) sobre la probabilidad del compromiso en I&D; las firmas con intensidades de entrenamiento por encima del promedio tienen una probabilidad estadísticamente mayor de compromiso en I&D que el resto. Estos resultados confirman la importancia de la heterogeneidad a través de las firmas para la estrategia de innovación - especialmente en sus capacidades organizacionales y tecnológicas.

Inclusive después de que la firma se ha comprometido en I&D, las altas capacidades organizacionales le permiten invertir en I&D con mayor intensidad (Cuadro 7). De ahí que, las firmas comprometidas en I&D con mayores capacidades organizacionales tienen mayor probabilidad de comprometerse en I&D y una intensidad de I&D más alta. El entrenamiento tecnológico, sin embargo, no afecta la decisión de intensidad de inversión en I&D.

3. Capacidades de experiencia específicas y no específicas

Un análisis descriptivo de los datos sugiere que las firmas más jóvenes tienden a ser más innovadoras. Esta evidencia sugiere que las diferencias en edad y experiencia pueden afectar la estrategia de innovación. Por lo tanto, se evaluaron los efectos de experiencia no específica (edad de la firma) y específica (número de años en I&D) sobre la estrategia de innovación. Los resultados indican que las firmas más jóvenes tienden a tener probabilidades más altas de comprometerse en esfuerzos de I&D, aunque los coeficientes no son significativos (Cuadro

⁴⁰ Nótese que los efectos de industria sobre la relación entre intensidad de I&D e IED son grandes y significativos (refiérase a Alvarado, 1999).

6). Sin embargo, una vez que la firma se ha comprometido en I&D, se evidencia una relación negativa estadísticamente significativa entre la edad de la firma y la intensidad de I&D. Esto sugiere que a medida que la firma va envejeciendo sus esfuerzos relativos de inversión en I&D disminuyen. Estos resultados sin embargo no son estables a cambios en el control de los factores de la industria. Más aún, hay quiebres en la relación que rechazan la hipótesis de una forma funcional lineal monotónica entre edad e intensidad de I&D⁴¹.

La experiencia específica en I&D afecta significativamente la intensidad con la que las firmas conducen sus esfuerzos de I&D. Aunque el coeficiente de elasticidad es bajo e inestable a la ponderación de los datos, los efectos son consistentemente positivos. Esto implica que las firmas que tienen experiencia de investigación específica en I&D estimulan a las firmas a aumentar los recursos relativos dedicados a I&D con el tiempo. Dicha evidencia sustenta la existencia de un proceso que se auto perpetua en donde las firmas que tienen las capacidades requeridas y los incentivos para comprometerse en I&D aumentarán su inversión relativa en I&D mientras que acumulan capacidades específicas de investigación.

4.. Vínculos con mercados globales vía exportaciones

Las firmas que exportan tienen estadísticamente mayor probabilidad (1.5) de comprometerse en esfuerzos de I&D (Cuadro 6) que las firmas que no lo hacen. Este resultado es robusto. Sin embargo, cabe anotar que un aumento en la participación de la firma en mercados externos (exportaciones / ventas totales) no aumenta esta probabilidad. Así, incluso

⁴¹ Alvarado (1999) tiene un análisis extenso al respecto.

si el mercado nacional representa el grueso de sus ventas, el solo hecho de exportar le dan un estímulo importante a la decisión de comprometerse en I&D. La actividad exportadora, sin embargo, no influye en la estrategia de innovación de las firmas que ya se han comprometido en I&D.

5. El proceso de innovación

Los vínculos con fuentes científicas de información aumentan la probabilidad de comprometerse en I&D para las firmas que han conducido el mismo tipo de innovación. Las firmas que usan tales fuentes de información tienen más del doble de la probabilidad de comprometerse que las firmas que utilizan fuentes alternativas de información -esto es, clientes y proveedores⁴². De esta manera, los efectos de "impulso de la ciencia" están presentes bajo la forma de vínculos a nivel de la firma con las fuentes de información científica usadas para generar ideas y proyectos innovadores. Sin embargo, las fuentes de información no afectan la estrategia de innovación de las firmas ya comprometidas en esfuerzos de I&D. Esto puede explicarse por la alta frecuencia de las firmas comprometidas en I&D que usan ambas fuentes de información (científica y mercado).

La variable dummy para las firmas que han recibido apoyo financiero de Colciencias indicó que tales firmas tienden a conducir I&D con mayor intensidad que las demás. Aunque el coeficiente no es significativo, es consistentemente positivo. De ahí que hay una evidencia (débil) respecto al impacto de la política tecnológica sobre la intensidad de I&D. Sin embargo, la evaluación del impacto de la política tecnológica requiere un análisis más detallado.

⁴² No obstante, es importante resaltar los resultados del análisis descriptivo que indica una alta frecuencia de uso de clientes y proveedores como fuentes importantes de información.

Se introdujo una variable dummy para probar si la estructura organizacional usada para ejecutar proyectos de I&D estaba relacionada con la intensidad de su inversión. Los resultados sugieren que las firmas que tienen un departamento de I&D tienen intensidades de I&D más altas ($B = 0.53$; significativa a nivel de 1%). En contraste, las firmas que ejecutan sus proyectos de I&D a través de equipos multidisciplinarios informales parecen tener menores intensidades de I&D ($B = -0.41$; significativo a nivel de 1%). Esta evidencia refleja la simple racionalidad de que las firmas con departamentos de I&D le dan más importancia a su estrategia de investigación y por lo tanto, invierten más intensamente en tales actividades.

Las firmas localizadas en una ciudad industrial importante parecen no tener una estrategia de innovación particular⁴³. Los efectos de los clusters en la estrategia de innovación posiblemente pueden observarse a un nivel menor de agregación -esto es, a nivel de distrito industrial. Como la encuesta no logra diferenciar las firmas localizadas en los "distritos industriales", se requieren más datos para aclarar este punto.

VI. MODELOS DE RESULTADOS DE LA INNOVACIÓN (INNOVATION OUTPUT)

Esta sección analiza los factores que afectan la probabilidad de que las firmas comprometidas en esfuerzos de I&D logren producir una innovación estricta dentro de un período dado (1992-96). El análisis evalúa si los factores que determinaron la estrategia de innovación (etapas 1a y 2a) también afectan el resultado. De nuevo, el impacto de la capacidad a nivel de la firma y los factores organiza-

cionales sobre el resultado de la innovación merecen especial importancia.

A. El modelo

El modelo Logit fue corrido sobre una variable dummy dependiente para las firmas que introdujeron exitosamente una innovación estricta. La variable dependiente está sujeta a las limitaciones usuales de los indicadores de resultados de innovación⁴⁴. Además, la variable dependiente no tiene en cuenta las firmas comprometidas en I&D que continúan trabajando en una innovación estricta que puede ser introducida en un período posterior (1997 o después). Sin embargo, el sesgo de periodicidad se reduce permitiendo un período de 3 años en el análisis⁴⁵. Se tienen en cuenta la heterogeneidad entre las firmas y los procesos innovadores. Por lo tanto, se incluyeron las variables que caracterizan la naturaleza del proceso de I&D y las variables proxy para capacidades de la firma y factores organizacionales. También se introdujeron las dummies de industria para controlar las diferencias estructurales a través de las industrias en la propensión a innovar en el sentido estricto.

El nivel de actividad de I&D es una variable esencial de control en el modelo. La evidencia en el análisis descriptivo sugirió que la escala económica mínima implícita de empleo en I&D para una innovación estricta es más alta que para los esfuerzos adaptivos. Por lo tanto la actividad de I&D se incluyó como variable exógena en dos formas. Primero, se incluyó como intensidad de empleo en I&D para representar

⁴³ NB: casi dos tercios de las firmas que conducen I&D están localizadas en Bogotá.

⁴⁴ Esto es, tratamiento homogéneo de innovaciones estrictas donde el grado de novedad o el impacto de la innovación no se tienen en cuenta.

⁴⁵ HB; solo un puñado de firmas que estaban comprometidas en I&D no introdujeron algún tipo de innovación dentro de este período. De ahí que ese sesgo no puede afectar los resultados de manera significativa.

la importancia relativa dada a I&D dentro de la firma. Una relación positiva pudiera indicar que entre mayor sea la importancia relativa dada a la estrategia de I&D mayor será la probabilidad que la firma sea un líder en innovación. También se introdujo empleo en I&D para controlar la escala económica mínima implícita en I&D para generar una innovación estricta. Se crearon dummies para las firmas cuyo I&D está por encima de la escala económica mínima implícita para una innovación estricta. Se presume que las firmas con niveles de empleo de I&D por encima de un umbral deben tener mayor probabilidad de innovación estricta que el resto de las firmas. El resto de las firmas tiende a centrarse en esfuerzos adaptivos de I&D. El modelo probado puede resumirse así⁴⁶:

$$p(\text{Tisrrd}=1)_{i,t} = f[(I\&Dint)_{i,t}, (I\&Demp)_{i,t}, \Gamma_i, \Psi_i, I]$$

donde,

Tisrrd = dummy para las firmas innovadora estrictas

I&D = intensidad de empleo de I&D

I%Demp = tamaño del equipo de I&D

Γ_i = vector de los factores de capacidad y organización de la firma

Ψ_i = vector de los factores del proceso de formación de la innovación

I = el vector de factores de la industria

La mayoría de la literatura sobre organización industrial se ha enfocado en el paradigma tradicional en donde la estructura afecta la conducta (estrategia basada y no basada en precio) que a su vez moldea el desempeño. Sin embargo, también se puede esperar que el éxito de la innovación afecte la estructura. Por tanto, un punto de vista dinámico del mar-

co conceptual de la estructura-conducta-desempeño (S-C-P) podría sugerir que puede haber problemas de doble causación en nuestro modelo del output de la innovación donde la estructura industrial y variables a nivel de la firma son variables explicativas. Sin embargo, los problemas de doble causación entre variables explicativas y el output de la estrategia de innovación son posiblemente insignificantes en nuestro modelo de innovación reducido debido a los rezagos de tiempo en las cadena de causación de innovación a estructura⁴⁷.

B. Resultados

El Cuadro 10 presenta las tasas de probabilidad significativas para las variables dummy usando datos ponderados y no ponderados. Se puede concluir que mientras que el tamaño de la firma claramente moldea el proceso de decisión de innovación, no influye sobre el resultado de la estrategia de innovación. Una vez comprometidas en los esfuerzos de I&D, las firmas grandes y pequeñas muestran probabilidades iguales de generar un resultado de innovación estricto. La probabilidad de innovación estricta está determinada principalmente por el tamaño del equipo de I&D y la importancia relativa dada a la estrategia de innovación. Los coeficientes para el empleo de I&D y la intensidad de empleo de I&D son significativos - tienen una influencia positiva sobre la probabilidad de generar una innovación estricta. Las firmas que tienen más de dos investigadores o que dedican por lo menos el 5% de su mano de obra a I&D tienen mayores probabilidades de innovar en un sentido estricto que el resto de las firmas. En resumen, el tamaño de la firma no afecta directamente el resultado de la innovación. Sin embargo, lo hace indirectamente ya que las

⁴⁶ Empleo e intensidad de I&D sólo están disponibles para 1995, mientras que las variables explicativas para la probabilidad de innovación estricta son para el período 1993-96. Así, se tiene que asumir que los patrones de inversión en I&D son estables en períodos cortos.

⁴⁷ Refiérase a Alvarado (1999) para una discusión completa del tema.

Cuadro 10. PROBABILIDAD DE INTRODUCIR UNA INNOVACIÓN ESTRICTA - TASAS DE PROBABILIDAD (Sólo para firmas comprometidas en I&D)

Variables explicativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	uw	w	uw	w	uw	w
Intensidad de I&D	3e ¹⁰ **	3e ¹⁰ *	1e ¹⁴ **	4e ¹⁵ **	1e ¹⁵ **	2e ¹¹ **
Intensidad de I&D ²	4e ⁻⁴⁴ *	8 e ⁻⁴⁸ *	7 e ⁻⁵⁸ *	8 e ⁻⁶² *	6 e-61 **	4 e-50 *
Empleo de I&D	1.06	1.1				
Empleo de I&D ²	.99	.99				
D I&D emp int >5%			1.1	1.1		
D I&D empleados > 2			1.2	1.2		
D I&D empleados > 5					1.3	
D IED	2.5***	1.7	2.3***	1.6		
D IED ncon					4.7***	1.7
D IED con					1.7 *	1.7
D Orgpr	2.5 **	2.9**	2.2 *	2.7 *	2.7 **	3.1 **
D X	1.6 *	1.9 *	1.6 *	1.9 *	1.8 *	2.0 *
Exe I&D I+D	1.8 *	1.4	1.9 *	1.4	1.8 *	1.5
Exe I&D ciencia	1.7		1.7 *	1.5		
N	237	237	237	237	237	237
Log-LH	-144.2	-142.3	-143.9	-141.8	-140.9	-141.2
Chi ² ^a	30.8	16.7	31.2	16.6	33.5	17.2
	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(8)
Prob > Chi ²	0.01	0.04	0.01	0.06	0.01	0.03
Pseudo R ²	9.7	9.3	9.8	9.6	10.6	9.1

Las tasas de probabilidad están definidas como $(\pi_i / (1 - \pi_i))$, por lo tanto se puede interpretar como la probabilidad de que ocurra el evento en cuestión.

Uw= datos no ponderados; w= datos ponderados.

La significancia estadística de los coeficientes es indicada por ***, ** y * que representan los niveles de 1%, 5% y 10%, respectivamente. [D] indica que la variable es una dummy.

^a números entre paréntesis para Chi² son grados de libertad.

grandes firmas tienen probabilidades de tener equipos de I&D más grandes que la escala mínima requerida para la innovación estricta, aumentando así la probabilidad de innovación estricta.

Además, las firmas que exportan, tienen inversión extranjera -especialmente si la firma está controlada por inversionistas nacionales- y tienen altas capacidades organizacionales, tiene las mayores probabilidades de generar una innovación estricta. Algunos factores del proceso de innovación afectan el resultado. Parece que las firmas en la que la I&D se ejecuta internamente, especialmente dentro de un de-

partamento de I&D, tienen mayores probabilidades de generar una innovación estricta que las firmas que ejecutan su proceso de I&D externamente. Esto puede explicarse por el hecho de que ejecutar un proyecto de I&D internamente aumenta la apropiación de los beneficios provenientes de los esfuerzos de I&D que por definición pueden estar sujetos a ser patentables.

Los factores de industria no tienen un efecto significativo directo sobre la probabilidad de generar una innovación estricta. Los factores de industria afectan la probabilidad de innovación estricta solamente

de manera indirecta a través de los niveles de empleo de I&D y de la decisión de intensidad de la inversión.

VII. CONCLUSIONES

A. Resumen de resultados

Este estudio identifica dos etapas distintas en el proceso de decisión de la estrategia de innovación - la decisión de embarcarse en I&D y la decisión de los recursos a invertir en I&D. Esta distinción permite arrojar luz sobre el papel que el tamaño de la firma juega en este proceso. Una conclusión importante es que el tamaño de la firma afecta estas decisiones en forma diferente. En la primera etapa, los efectos del tamaño de la firma apoyan la conjetura Schumpeteriana; el tamaño de la firma proporciona ventajas para embarcarse en esfuerzos de I&D, teniendo en cuenta que la importancia relativa del tamaño disminuye para firmas dentro del rango de tamaño más grande. Esto se refleja en el hecho de que las firmas más grandes tienen mayores probabilidades de comprometerse en esfuerzos de I&D que las firmas más pequeñas. En la segunda etapa, el tamaño de la firma está negativamente relacionado con la intensidad de empleo de I&D. Esta relación puede explicarse por la dinámica de las economías de escala y la naturaleza del proceso de I&D que se lleva a cabo en las economías en desarrollo. Existe un tamaño económico mínimo para un equipo de I&D. Las pequeñas firmas necesitan por lo menos este tamaño mínimo de equipo de I&D. Las firmas más grandes no tienen que aumentar el tamaño de su equipo de I&D en proporción a su tamaño (empleo). En promedio, es más difícil para las firmas de los países en desarrollo llevar a cabo una estrategia escalada de I&D, dados los limitados recursos financieros y tecnológicos. Por tanto, las firmas comprometidas en I&D tienden a centrar sus actividades innovadoras en esfuerzos adaptivos y mejoras incre-

mentales (del tipo autónomo) más que en innovaciones radicales (del tipo sistémico), que requieren generalmente una estrategia escalada de I&D⁴⁸.

A pesar de la relación negativa entre intensidad de I&D y tamaño de la firma, el aporte de las firmas pequeñas a la innovación basada en I&D, incluyendo innovaciones estrictas de productos y procesos, no puede ignorarse. Más firmas pequeñas (menos de 200 empleados) que medianas y grandes están comprometidas en I&D y generan innovaciones estrictas.

La literatura generalmente asocia el tamaño de la firma con las capacidades. En este estudio se distingue el papel del tamaño de la firma del papel de las capacidades de la firma. Los resultados indican que las medidas directas de los factores organizacionales y de la capacidad son importantes para la innovación y son independientes del tamaño de la firma. Tales factores son independientes debido al nuevo paradigma tecno-organizacional de la empresas. En este nuevo paradigma, la estrategia de innovación de firmas pequeñas y grandes puede brindarle a cada una ventajas competitivas específicas que pueden llevar a contribuciones iguales al resultado de innovación en la economía. Las firmas pequeñas pueden coexistir con las firmas más grandes dentro de una industria dada con base principalmente en ventajas organizacionales, como por ejemplo la flexibilidad y la agilidad de respuesta. Aunque la IED por sí sola no es importante, puede ser un estímulo importante para la innovación en esta economía en desarrollo cuando se une a inversionistas nacionales. La importancia de los factores organizacionales y de capacidad a nivel de la firma no puede ignorarse; estos factores contribuyen aproximada-

⁴⁸ Véanse las distinciones hechas anteriormente entre los dos tipos de innovación.

mente con una tercera parte de la varianza explicada en la intensidad de I&D.

Otro resultado importante es que las oportunidades tecnológicas son esenciales para obtener patrones de innovación a través de las industrias. Más aún, los resultados econométricos confirman que la oportunidad tecnológica tiene mayor poder explicativo que la concentración de mercado. Este patrón se sostiene a pesar del hecho que en esta economía en desarrollo una participación importante de la innovación basada en I&D parece estar enfocada hacia esfuerzos adaptivos que apoyan la incorporación de nuevas tecnologías a la firma. Aunque los efectos de la concentración en la estrategia de innovación son pequeños, contradicen las predicciones de la conjetura Schumpeteriana. Altos niveles de concentración parecen retardar el ritmo de la innovación. Por otra parte, si se aumenta el número de empresas dominantes en la industria, se estimula la actividad innovadora hasta el nivel de umbral, después de lo cual el efecto se desvanece.

El Cuadro 11 resume los factores que caracterizan las firmas más innovadoras en términos de input y output de la innovación. Las firmas con las probabilidades más altas de embarcarse en I&D son las medianas y las grandes, y las que han recibido inversión extranjera aunque estén controladas por inversionistas extranjeros. También tienen altas capacidades organizacionales y tecnológicas, acceso a mercados extranjeros y usan fuentes de información científica en las actividades innovativas. Una vez comprometidas en I&D las firmas más pequeñas y jóvenes tienen las intensidades de inversión en I&D más altas. Además, la inversión extranjera - excluyendo filiales de ET-, las mayores capacidades organizacionales, la experiencia específica en I&D y los conglomerados proveen externalidades positivas sobre la intensidad con la que las firmas invierten en I&D. Adicionalmente, las firmas en industrias de baja

concentración y altos niveles de oportunidad tecnológica implícita -bienes diferenciados e industrias basadas en ciencia- tienen una mayor probabilidad de comprometerse y mayores intensidades de inversión en I&D. El análisis sectorial a nivel de 3 dígitos indica que las firmas en las industrias de sustancias químicas y productos plásticos (fases downstream de la cadena petroquímica) tienen una alta probabilidad de comprometerse en I&D⁴⁹ y altas intensidades de inversión en I&D.

Entre las firmas que conducen I&D, aquellas con la mayor probabilidad de ser líderes innovativas (que generan innovaciones estrictas) son las firmas que invierten más agresivamente en términos relativos en esfuerzos de I&D -la intensidad de I&D está por encima del 5%. Aumentando el tamaño del equipo de I&D- especialmente por encima de la escala económica mínima implícita en I&D para innovación estricta -también se aumenta la probabilidad de generar una innovación estricta. Más aún, las firmas que han tenido acceso a mercados extranjeros (exportaciones), tienen participación de inversión extranjera- especialmente si la firma es controlada por inversionistas nacionales -y han desarrollado altas capacidades organizacionales, tienen mayor probabilidad de ser innovadores estrictos. El proceso de innovación también afecta el resultado. Las firmas cuyo proceso de I&D se ejecuta internamente, especialmente en un departamento de I&D, tienen mayores probabilidades de generar una innovación estricta que las firmas que ejecutan su proceso de I&D externamente.

B. Implicaciones para las economías en desarrollo

Los patrones de aprendizaje, reflejados en diferencias evidentes en capacidades tecnológicas y orga-

⁴⁹ Particularmente en la industria de sustancias químicas.

Cuadro 11. PROBABILIDADES DE COMPROMISO EN I&D Y DE GENERAR INNOVACIONES ESTRUCTAS

Probabilidad de involucrarse en I&D		Probabilidad de generar una innovación estricta	
Factores de la Firma	Tasa de probabilidad	Factores de la Firma	Tasa de probabilidad
Firmas grandes: 1000 > empleados	1,4	Empleo I&D > 2	1,3
Firmas medianas 500 < empleados < 100	2,9	Intensidad de empleo I&D > 5%	1,7
IED (controlada por inversionistas domésticos)	3,0	IED (controlada por inversionistas domésticos)	4,5
Altas capacidades organizacionales	4,0	IED (controlada por inversionistas extranjeros)	1,7
Realizan entrenamiento tecnológico	2,5	Altas capacidades de organizacionales	2,0
Exportadora	2,0	Exportadoras	1,6
Uso de fuentes de información científicas	2,0		
Factores de Industria		Proceso de I&D	
Industrias DG	2,0	Ejecutado por el departamento de I&D	1,8
Industrias SB	7,0	Ejecutado en colaboración con agentes científicos	1,7
industria 352	12,0		
Industrias de baja concentración de mercado	1,6		

Los números son aproximados. Los niveles de significancia varían entre 1% y 10%.

Las tasas de probabilidad están definidas como $(P_i / 1 - P_i)$, por lo tanto se puede interpretar como la probabilidad de que ocurra el evento en cuestion.

nizacionales entre firmas, son de particular importancia en la modelación de la estrategia de innovación en las firmas de los países en desarrollo. La estrategia de innovación está lejos de ser definida dentro de un marco de "expectativas racionales" (rational expectations). Los analistas de este tema han manifestado que tal argumento también aplica a firmas en economías desarrolladas⁵⁰.

El tamaño de la firma da ventajas Schumpeterianas en la decisión de comprometerse en I&D. Los factores de capacidad usuales asociados con el tamaño creciente de firma -tales como capacidades financieras, poder de mercado y ventajas de distribución, más economías de escala y alcance (scope) en I&D, pueden explicar el patrón revelado en la primera etapa. Sin embargo, la naturaleza de I&D en economías en desarrollo tiene que entenderse para poder

explicar la relación negativa entre tamaño de firma e intensidad de I&D. La I&D en firmas en economías en desarrollo tiende a enfocarse en actividades de investigación dirigidas a apoyar la adaptación y el mejoramiento de tecnologías desarrolladas externamente. Muy rara vez se dirige a la innovación de tecnologías nuevas para el mundo- innovaciones estrictas. Los datos sugieren que dicho proceso de I&D adaptivo y de soporte tiene una escala económica mínima más baja. Así, para alcanzar los principales objetivos definidos por los proyectos de I&D en los países en desarrollo, las firmas más grandes no requieren invertir en la misma proporción (intensidad I&D) que sus contrapartes más pequeñas. Más aún, las firmas en las economías en desarrollo están generalmente más limitadas por recursos que las firmas en los países OECD (especialmente bajo mercados de capitales imperfectos). Tales restricciones pueden imponer una carga adicional a las firmas de países en desarrollo llevándolas a enfocar sus esfuerzos de I&D en mejoras adaptativas e incre-

⁵⁰ i.e. Dosi et. al (1991).

mentales más que en tipos agresivos de innovación que requieren grandes cantidades de recursos. En este marco, la relación negativa entre tamaño de firma e intensidad de I&D puede explicarse de dos formas. Primero, mientras aumenta el equipo de investigación, se pueden esperar retornos crecientes del proceso de I&D con base en una mayor interacción entre el personal (externalidades positivas). Entonces un equipo de I&D más pequeño podrá atender una firma relativamente más grande (500 empleados) mientras que cumple los objetivos del tipo adaptivo y de mejora de los esfuerzos I&D. Las firmas más grandes tendrán una inversión en I&D relativamente más baja. Otro argumento se basa en el supuesto de que los retornos marginales de I&D decrecen a medida que aumentan los esfuerzos (esto es, tamaño del equipo de I&D aumenta). Un empleado adicional en un equipo de investigación más pequeño generará mayores externalidades positivas entre el equipo de I&D que en un equipo de I&D grande.

La evidencia sugirió que la influencia de la IED puede jugar un papel fundamental en la actividad innovadora en las economías en desarrollo. La presencia IED puede ciertamente estimular la actividad innovadora, presumiblemente por las altas capacidades financieras, organizacionales y tecnológicas de las firmas extranjeras en relación con las firmas nacionales. Sin embargo, IED sola no parece mejorar la actividad innovadora en las economías en desarrollo. Las externalidades positivas de la IED sobre las capacidades innovadoras nativas sólo se encuentran cuando las firmas nacionales interactúan con la IED. De ahí que se evidencia un patrón de aprendizaje interactivo entre inversionistas nacionales y extranjeros, en donde los agentes nacionales son esenciales para catalizar la transferencia de conocimiento y los recursos financieros del agente extranjero sobre actividades de I&D. Los inversionistas extranjeros sin inversión doméstica tienden a enfocar

su estrategia de I&D en casa, apoyando así el argumento de una escasa globalización de los esfuerzos de I&D hacia las economías en desarrollo.

Los factores de la industria en la actividad innovadora son altamente importantes en una economía en desarrollo. Aunque la actividad innovadora tiende hacia los esfuerzos de I&D adaptivos, las diferencias en las oportunidades tecnológicas a través de las industrias tienen efectos importantes y significativos sobre la probabilidad de que una firma se comprometa en I&D y sobre la intensidad de inversión en dicha actividad. Más aún, los vínculos entre las firmas y la comunidad científica también afectan la intensidad con la que las firmas invierten en I&D y la probabilidad de lograr una innovación estricta. Por otra parte, la concentración juega un papel menor aunque muy importante. La evidencia apoya las ventajas de un mayor número de firmas dominantes (las firmas que representan 50% del valor agregado del sector) dentro de una industria para la actividad innovadora, pero estos efectos se desvanecen después de que se alcanza el umbral del nivel de concentración (cuando hay aproximadamente 8 a 10 firmas dominantes). Sin embargo, no es claro si las ventajas de tener un mayor número de firmas dominantes en una industria se basan en una mayor rivalidad o en una interacción más efectiva. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el nivel de frecuencia de las interacciones entre firmas en el proceso de innovación es alto, por lo tanto se resalta su importancia para la innovación. Un análisis de estudio de caso podría aclarar más este tema.

C. Implicaciones de política

Las implicaciones del papel de la innovación tecnológica en el desarrollo económico son de gran importancia para las economías en desarrollo. Los déficits en capacidades tecnológicas y organizacionales en firmas en países en desarrollo, junto con

mercados imperfectos de conocimiento, información y tecnología pueden limitar a un país en su alcance hacia una senda de crecimiento convergente con las economías OECD. Dentro de este marco, el papel de la política tecnológica puede ser un instrumento esencial para el desarrollo⁵¹.

Las implicaciones de política derivadas de los resultados pueden clasificarse en políticas horizontales y políticas sectoriales estratégicas. El primer tipo de política tecnológica intenta estimular la actividad innovadora bajo el supuesto de que los mercados de factores, especialmente aquellos relacionados con tecnología, limitan la incorporación e imitación de tecnologías desarrolladas externamente. Tales políticas también intentan aumentar la generación de innovaciones estrictas mediante la socialización de riesgos no asegurables asociados con proyectos de I&D complejos. Las políticas tecnológicas sectoriales enfocan incentivos sobre industrias con alto valor agregado y potencial de crecimiento para forjar un salto competitivo estimulado por la innovación y de esta manera aumentar el crecimiento de largo plazo de la economía. Las políticas tecnológicas estratégicas generalmente no están soportadas por el marco neoclásico tradicional. Sin embargo, la literatura reconoce un número de casos, especialmente en los países asiáticos - incluyendo Japón, sin excluir otros países OECD - en donde las políticas tecnológicas en industrias específicas han mejorado sustancialmente el crecimiento de esos sectores⁵².

Dos salvedades importantes deben tenerse en cuenta para el diseño y la implementación de políticas tec-

nológicas. La primera, las condiciones macroeconómicas tienden a restarle importancia a las ventajas competitivas microeconómicas. De ahí, en un entorno político y/o macroeconómico altamente inestable e incierto, los beneficios derivados de la implementación de una política tecnológica agresiva -horizontal o estratégica- pueden ser cuestionados. En segundo lugar, las capacidades organizacionales de los agentes ejecutores de la política deben cumplir una norma mínima para que la política tecnológica alcance una posibilidad razonable de éxito.

1. Políticas horizontales

El punto relevante no es necesariamente si la política tecnológica estimula la intensidad de I&D. Aceptando la justificación para programas públicos de apoyo financiero a esfuerzos privados de I&D, se pueden distinguir tres condiciones⁵³. Primero, la política tecnológica debería aumentar la probabilidad de que una firma se comprometa directa o indirectamente en I&D, ya sea para esfuerzos adaptivos o para innovación estricta. Esto implica que si las firmas no hubiesen obtenido apoyo financiero público, no hubieran estado en condiciones de embarcarse en proyectos de I&D. En segundo lugar, el apoyo público debió haber permitido que las firmas aumentaran sus esfuerzos de I&D a un nivel óptimo que no hubiera sido posible sin dicho soporte. En este sentido, el apoyo público permitirá que las firmas logren retornos crecientes y estructurar proyectos de I&D de calidad internacional (best practice). También debería permitir que las firmas es-

⁵¹ Alvarado (1997) investiga la literatura evolutiva e institucional que sienta las bases para la política tecnológica.

⁵² Alvarado (1997). Véanse también las referencias más adelante.

⁵³ La justificación del apoyo financiero público puede incluir: i) mercados de capital incompletos que restringen las oportunidades de financiación de proyectos de innovación; ii) la socialización del riesgo no asegurable específico de la innovación que lleva a niveles subóptimos del gasto en I&D en una economía; y iii) la información asimétrica entre firmas y agentes de financiación que dificulta la decisión de financiar proyectos complejos de I&D.

calen esfuerzos de I&D con el fin de embarcarse en proyectos complejos de I&D que generen mayores beneficios y una probabilidad de innovación más alta en sentido estricto. En tercer lugar, los proyectos de I&D financiados deben arrojar, en promedio, rendimientos positivos dentro de la firma. Si este no es el caso, entonces las externalidades positivas deben estimarse con el fin de evaluar si el apoyo financiero externo se justifica socialmente. Dichas externalidades pueden ocurrir dentro de la firma (esto es, mejorando las capacidades tecnológicas de la firma), mejorando de esta forma el valor generado de futuros proyectos de investigación. También se pueden encontrar fuera de la firma, mediante la generación de vínculos de la firma con la comunidad científica y de ideas innovadoras en otras firmas e industrias, y aumentando la masa crítica de capacidades de investigación en la industria.

Los resultados de este estudio ilustraron que la inversión extranjera provee externalidades positivas para la actividad innovadora, dependiendo de la estructura de propiedad de las firmas y de la participación de firmas nacionales. De ahí que un instrumento útil para la política tecnológica puede ser un esquema de incentivo a la inversión extranjera que estimule a las firmas extranjeras a desarrollar alianzas estratégicas con firmas nacionales. De esta forma, el interés doméstico generará las externalidades positivas para la actividad innovadora que pueden derivarse de agentes extranjeros con mayores capacidades organizacionales, financieras y tecnológicas. Una promoción exitosa de IED bajo un marco de política tecnológica no solo aumentará la actividad innovadora en la economía sino que mejorará las capacidades investigativas e innovadoras de la industria local.

El análisis resalta la importancia de las interacciones entre firmas y agentes científicos durante el proceso

de innovación, especialmente en industrias con oportunidades tecnológicas altas. Esta evidencia apoya la sabiduría convencional en esta materia con respecto a la importancia de incorporar esquemas de política que estimulen a las firmas a interactuar con agentes de la 'ciencia' y la 'tecnología' y entre ellas mismas. El primer tipo de interacción puede ser de gran importancia para los países en desarrollo, gracias a las grandes dotaciones (en terminos relativos) de investigación que existen en universidades y centros de investigación públicos, siendo éstos definidos como 'instituciones científicas' en el presente análisis. Por lo general se cree que el impacto económico de tal legado de investigación es bajo, aunque generalmente representa la masa crítica de países en desarrollo. Por lo tanto si se estimula a las firmas a utilizar tales recursos para explotar oportunidades tecnológicas existentes puede ser un método efectivo para mejorar el impacto del legado de la investigación en el país. De esta forma, tales instituciones científicas pueden apoyar directa o indirectamente el desarrollo de instituciones "tecnológicas" que presenten servicios tecnológicos de una manera efectiva. Dado un sistema correcto de incentivos, la eliminación de trabas legales y el conjunto correcto de capacidades organizacionales y tecnológicas, los centros tecnológicos podrían catalizar el desarrollo de un mercado eficiente de servicios tecnológicos. El desarrollo de dicho mercado ciertamente mejorará los niveles de actividad innovadora y sus tasas de éxito.

Los resultados confirman no sólo que las diferencias entre las firmas en sus capacidades organizacionales y tecnológicas son evidentes sino que tienen un impacto significativo en la dinámica innovadora. Las políticas tecnológicas tienen que responder por tales hechos e implementar las medidas correctas para estimular y facilitar el desarrollo de capacidades de la firma a lo largo del tiempo, con base principalmente - pero no exclusivamente- en completar los

mercados de factores basados en el conocimiento. Un programa público efectivo podría promover una dinámica organizacional favorable entre firmas y agentes tecnológicos. También puede garantizar un suministro adecuado de servicios tecnológicos y organizacionales, al tiempo que estimula la demanda efectiva por dichos servicios suministrando esquemas financieros flexibles. El desarrollo efectivo de los mercados de servicios tecnológicos puede inducir un proceso autorevolvente en donde las firmas en el rango más bajo del espectro de capacidad pueden desarrollar estrategias de reestructuración efectivas y embarcarse en actividades innovadoras rentables. Las políticas que prosperen estimularán las actividades innovadoras, generando las externalidades positivas para el crecimiento a largo plazo proyectado por las teorías de crecimiento endógenas.

2. Políticas sectoriales

Ha habido arduos debates sobre la posibilidad de replicar los casos exitosos de política industrial estratégica, especialmente usando esquemas que han sido aplicados en países del Sur-Este Asiático, incluyendo Japón⁵⁴. La literatura que documenta tales casos y desarrolla teorías de política industrial y tecnológica ha crecido sustancialmente en la última década⁵⁵. Una revisión de esta literatura sugiere que la efectividad de intervenciones estratégicas en la industria está determinada por una combinación de factores⁵⁶. Aunque una discusión completa de las intervenciones estratégicas basadas en la política tecnológica está fuera del alcance de este estudio, un marco muy básico y práctico para este propósito ciertamente puede enriquecer estas conclusiones.

Una matriz sirve para ilustrar los factores que pueden ser tenidos en cuenta en la identificación de las posibles industrias objetivo. Tal matriz debe ser función principalmente de la ventaja competitiva⁵⁷ y el crecimiento potencial del sector. El crecimiento potencial debe analizarse como una combinación de tendencias del mercado y oportunidades y trayectorias tecnológicas. La curva S puede ser útil para trazar las trayectorias tecnológicas e identificar las oportunidades tecnológicas para la industria, dado el conocimiento científico inicial y la experiencia local dentro de la industria y la comunidad científica.

La racionalidad subyacente a las políticas industriales estratégicas es proveer los incentivos necesarios y el apoyo para que las firmas escalen de actividades industriales de valor agregado bajo con un potencial de crecimiento esperado bajo, a actividades de alto valor agregado y potencial de crecimiento. Las ventajas competitivas de las últimas actividades no se basan por lo general en dotaciones de factores estáticas (dotaciones de recursos o mano de obra de bajo costo) sino en factores dinámicos

⁵⁵ Chang (1994a, 1994b); Singh (1986, 1992, 1994, 1996); Amsden and Singh (1993); Amsden (1989, 1993, 1994); Agosin and Tussie (1993); Bell, Ross-Laron and Westphal (1984); Cowling and Sugden (1992); Dahlam et. al.; (1987); Helleiner (1992); Chica (1992); Katz (1993); Lall (1992, 1994b); Wade (1990); Nishimizu and Page (1992); Nishimizu and Robinson (1984); Ocampo (1993); Young (1991); Felix (1994). Freeman (1991); Teubal (1994; 1995a; 1995b; 1996); Metcalfe (1993, 1998); Dahlam (1993), Nelson (1993); Metcalfe (1993); Ruddy (1991); Bianchi and Bellini (1991).

⁵⁶ Incluyendo, i) el poder, control y efectividad institucional del estado; ii) la dinámica de la relación entre el estado y los líderes industriales; iii) el timing y el mecanismo usado para convenir las industrias promovidas; y iv) un equilibrio adecuado entre incentivos y esquemas de penalidades para firmas que han sido apoyadas pero que no han logrado los objetivos preestablecidos por consenso.

⁵⁷ Los factores que se deben considerar serían ventajas estáticas de costos, desempeño histórico a corto plazo, especialmente en mercados extranjeros; masa crítica acumulada en I&D; dinámica organizacional y entorno cooperativo en la industria.

⁵⁴ World Bank, (1991; 1993); Felix (1994); Lall (1994a); Pack (1992); Okimoto (1986); Pack and Westphal (1986); Wade (1994); Westphal (1990); Rodrik (1994); Chang (1994).

que se basan en cambio tecnológico (bienes basados en ciencia y bienes diferenciados). El marco neoclásico que rechaza la posibilidad de la intervención estratégica, puede aplicar a industrias cuya dinámica competitiva se basa en dotaciones de factores estáticas. La aplicabilidad del marco neoclásico a la intervención estratégica en las industrias cuya dinámica competitiva se basa en factores dinámicos impulsados por el cambio tecnológico ha sido altamente criticada⁵⁸. La intervención estratégica guía los esfuerzos científicos e industriales a las actividades industriales con alto valor agregado y potencial de crecimiento a través de concentrar los incentivos y el apoyo dado por la política tecnológica en estas industrias. Se requieren puntos de referencia para supervisar la creación efectiva de las ventajas competitivas que resultan de las condiciones favorables previstas por la política. Durante dicho proceso, la política tecnológica también puede coordinar otros instrumentos de política que ayudan a remover los factores estructurales usuales que limitan la competitividad de las industrias en los países en desarrollo⁵⁹.

a. *Sistemas Nacionales de Innovación*

La implementación de la política tecnológica dentro de un marco de 'Sistema Nacional de Innovación' ha sido una tendencia aclamada en los círculos académicos y políticos en la última década⁶⁰. La política tecnológica es un mecanismo generalmente aceptado a través del cual un gobierno puede mejorar activamente el prospecto de crecimiento a largo plazo de su economía. El marco del "Sistema

Nacional de Innovación" suministra un enfoque sistemático a la política tecnológica (Dalham, 1993). Dicho enfoque puede ser un vehículo útil para integrar todos los instrumentos de política industrial y garantizar una coordinación adecuada. El enfoque también puede mejorar la eficiencia de la política y garantizar que las firmas reciban el soporte necesario que se requiere para solucionar las limitaciones tecnológicas y organizacionales, incorporar tecnologías de la "mejor práctica" y conducir a una estrategia de innovación efectiva basada en I&D.

Ciertas salvedades importantes no pueden ignorarse. Las políticas tecnológicas, especialmente las de tipo estratégico, demandan altos niveles de capacidades institucionales y estabilidad macroeconómica. Sin garantizar tales condiciones, la efectividad de las políticas tecnológicas está destinada al fracaso o a bajos retornos. No se puede hacer suficiente énfasis en este punto. Con esta salvedad en mente, es útil suministrar un enfoque catalítico a la política tecnológica en el cual la política es horizontal en sus fases iniciales (Teubal, 1995b). Después de un periodo de maduración en donde las instituciones ejecutoras han recorrido la curva de aprendizaje y la actividad innovadora global ha aumentado, las intervenciones estratégicas pueden dilucidarse. Investigación adicional es requerida para apoyar el desarrollo de la política tecnológica, dada su relativa ignorancia por la literatura pertinente.

b. *Observaciones finales*

En este trabajo se presenta información extensiva respecto a la dinámica de la innovación en un país en desarrollo. Sin embargo, un gran número de temas no han sido tratados, como ya se indicó. Dos factores dificultan tales esfuerzos: primero los escasos de datos disponibles y los altos costos de la recolección de tales datos; en segundo lugar, el estado todavía incipiente de una teoría completa de la in-

⁵⁸ Refiérase a Alvarado (1997) para una discusión completa de estos temas.

⁵⁹ Los ejemplos incluyen requisitos de infraestructura pública, dinámica organizacional y coordinación al interior de la industria, limitaciones en el acceso a mercados extranjeros.

⁶⁰ Nelson (1993); Mowery (1993).

novación adecuada tanto para economías desarrolladas como para economías en desarrollo. La investigación adicional en el campo debe propender a brindarle a los académicos y a los formuladores de política un mejor entendimiento de la dinámica de la innovación para aumentar la conciencia respecto al papel creciente de la innovación en el desarrollo. También deben suministrar un mejor entendimiento de los factores que determinan la efectividad de los

instrumentos de la política tecnológica, especialmente en economías en desarrollo. Estos esfuerzos deben mejorar el papel de la política tecnológica en el desarrollo económico. Los efectos de una actividad innovadora creciente sobre el crecimiento a largo plazo -a nivel de la firma y a nivel macro vía spillovers- pueden mejorar la oportunidad para que las economías en desarrollo den un "salto" en los estándares de ingreso per cápita.

BIBLIOGRAFÍA

- Abernathy, W. (1978), *The Productivity Dilemma*, John Hopkins University.
- Acs et. al. (1997), "A spatial econometric approach", *Entrepreneurship, Geographic Spillovers and University Research, Working Paper 59*, ESRC Centre for Business Research.
- Acs, Z. and Audretsch, D. (1987), "Innovation, market structure and firm size", *Review of Economics and Statistics*, Sept., vol. 69, pp. 568.
- _____ (1988), "Innovation in large and small firms: an empirical analysis", *American Economic Review*, vol. 78. Sept., pp.678-90.
- _____ Anselin, L., and Varga, A. (1997), "Entrepreneurship, geographic spillovers, and university research: a spatial econometric approach", *Working Paper 59*, ESRC Centre for Business Research.
- _____ and Austretsch, D.B. (1988), "Innovation in large and small firm: an empirical analysis", *American Economic Review*, vol. 78, no.4, September.
- _____ and Austretsch, D.B. (1990), *Innovation and Small Firms*, MIT Press.
- _____ and Austretsch, D.B. (1991), "Innovation and size at the firm level", *Southern Economic Journal*, Vol. 57, No. 3 pp. 739-744.
- _____ and Austretsch, D.B. (1991), *Innovation and Technological Change: An International Comparison*, Harvester Wheatsheaf.
- Agosin and Tussie (1993), *Trade and Growth: New Dilemmas in Trade Policy*, MacMillan Press.
- Aldrich, J. and Nelson, F. (1984), *Linear Probability, Logit and Probit Models*, Sage Publications, Beverly Hills.
- Alvarado, A. (1997), "Industrialización en un mundo de capacidades tecnológicas asimétricas". *Planeación y Desarrollo*, Departamento Nacional de Planeación, Volumen XXVIII, No.2, abril- junio, Bogotá.
- Alvarado, A. (1999), *"The dynamics of industrial innovation in a developing economy: the case of Colombia"*, Ph.D. Dissertation, University of Cambridge.
- Amemiya, T. (1985), *Advanced Econometrics*, Cambridge MA., Harvard University Press.
- Amsden, A. (1989), *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialisation*, Oxford University Press, New York.
- Amsden, A. (1993), *"Trade policy and economic performance in South Korea"*, in Agosin and Tussie, *Trade and Growth: New Dilemmas in Trade Policy*, MacMillan Press.
- _____ (1994), *"The transfer of 'Country Models' in economic development: strategic trade-offs"*, UNCTAD, mimeo.
- _____ and Singh, A. (1993), "The optimal degree of competition and dynamic efficiency in Japan and Korea", University of Cambridge, mimeo.
- Arrow, K. (1962), "Economic welfare and the allocation of resources for invention", in the *National Bureau of Economic Research Conference Volume, The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton University, pp. 609-625.
- Arundel, A. and Kabla, I. (1998), "What percentage of innovations are patented? Empirical estimates for European firms", *Research Policy* 27., pp.127-141.
- Arvanitis, S. and Hollestein, H. (1996), *"Industrial innovation in Switzerland: a model based analysis with survey data"*, in Kleinknecht (1996).
- Baldwin, W.L. and Scott J.T. (1987), *Market Structure and Technological Change*, Chur: Harwood.
- Bell and Pavitt (1993), *"Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries"*, *Industrial and Corporate Change*.
- Bell, M. (1984), *"Learning and accumulation of industrial and technological capability in developing countries"* in King, K. and Frasan, M. (eds) *Technological Capacity in the Third World*, London, Macmillan.
- _____ (1991), *"Science and technology policy research in the 1990's: key issues for developing countries"*, Brighton SPRU, mimeo.
- Bell, Ross-Larson and Westphal (1984), "Assesing the performance of infant industries", *Journal of Development Economics*, Vol. 16.
- Best, M. (1996), *The New Competition: Institutions of Industrial Restructuring*, Polity Press, Cambridge.
- Bianchi P. and Bellini N. (1991), "Public policies for local networks of innovators", *Research Policy*, No. 20, pp. 487-497.
- Bound J. et. al (1984) in Griliches, Z., (1984).
- Bower, J. and Christensen, C. (1995), *"Disruptive technologies: catching the wave"*, *Harvard Business Review*, Jan.-Feb.
- Brouwer, E. And Kleinknecht, A. (1996), *"Determinants of innovation: a micro-econometric analysis of three alternative innovation output indicators"*, in Kleinknecht, A. (1996).

- Caballero, R. and Jaffee, A. B. (1993), "How high are the giant's shoulders: an empirical assessment of knowledge spillovers and creative destruction in a model of economic growth", NBER, *Macroeconomics Annual*, 8:8 15-73
- Camagni, R., and R. Capello, (1997), "Innovation and performance of SME's in Italy: the relevance of spatial aspects", *Working Paper 60*, ESRC Centre for Business Research.
- Cassar, J. (1991), "La competitividad de la industria manufacturera mejicana. 1980-1990", *Trimestre Economico*.
- Chandler, A. D. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge (Mass), Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- _____(1977), *The Visible Hand*, Harvard University Press, Cambridge MA.
- Chang, H. (1994), "Was selective industrial policy in East Asia unsuccessful?" mimeo, University Cambridge.
- Chang, H. (1994), *The Political Economy of Industrial Policy*, Macmillan Press.
- Chesbrough H. and Teece D. (1996), "When is virtual virtuous?", *Harvard Business Review*, Jan.-Feb.
- Chica, R. (1992), "El Modelo Neo-Liberal Frente a Algunos Desarrollos Recientes en Analisis Economicos" in Garay (1992).
- _____(1997), "La actividad innovadora: elementos conceptuales y metodologicos para su medicion", *Colciencias*, mimeo.
- Cohen W.M. and Klepper, S. (1992), "The anatomy of industry R&D intensity distributions", *The American Economic Review*, Sept. Vol. 82, No. 4, pp. 773-799.
- ____and Levin, R.C. (1989), "Empirical studies of innovation and market structure", in R. Schmalensee and R. Willig (eds). *Handbook of Industrial Organisation*, Elsevier Science Publishers, vol. 2, Amsterdam: North Holland.
- ____et. al. (1987), "Firm size and R&D intensity: a re-examination", *Journal of Industrial Economics*, vol. 35, pp. 543-65.
- ____(1995), "Empirical studies of innovative activity", in Stoneman, P. (ed.) *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell.
- Comanor (1967), "Market structure, product differentiation, and industrial research", *Quarterly Journal of Economics*, Nov., 81 (4), p. 639-57.
- Constant, E. (1980), *The Origins of the Turbojet Revolution*, Baltimore: John Hopkins University Press.
- Coombs, R. (Ed.) (1998), *Technological Change and Organisation*, Edward Elgar Publications.
- Coombs, R. (1988), "Technological opportunities and industrial organisation", in Dosi et. al., *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, pp. 256-81.
- Cosh, A., A. Hughes and E. Wood (1996), "Innovation: scale, objectives and constraints", in Cosh, A. and A. Hughes, *The Changing State of British Enterprise*, ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- _____(1996), "Innovation: scale, objectives, and constraints", *The Changing State of British Enterprise*, ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Cowling and Sugden (1992), *Current Issues in Industrial Economic Strategy*. Manchester U Press.
- Crepon, B., Duget, E., and Kabla, I. (1996), "Schumpeterian conjectures: a moderate support from various innovation measures", in Kleinknecht (1996).
- Dahlam and Sercovich (1984), "Exports of technology from semi-industrial economies and local technological development", *Journal of Development Economics* No. 16.
- Dahlam C. (1993), "New elements of international competitiveness: implications for technology policy in developing economies", Private Sector Development Department, World Bank.
- Dahlam et al. (1987), "Managing technological development: lessons from the NIC's", *World Development*, Vol. 15, No 6.
- Dasgupta, P. and J. Stiglitz (1980), "Industrial structure and the nature of innovative activity", *Economic Journal*, vol. 90, pp.266-93.
- De Marchi, M., Napolitano, G., Taccini, P. (1996), "Testing a model of technological trajectories", *Research Policy* No. 25, pp.13-23.
- Demaris, A. (1992), *Logit Modelling: Practical Applications*, Sage Publications.
- Denison, E. (1985), "Trends in American economic growth 1929 - 1982", Washington: Brookings, p.30.
- Dosi, G. (1982), "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, vol. 11.
- _____(1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, London, McMillan.
- _____(1985a), "The microeconomic sources and effects of innovation: an assessment of some recent findings. Paper given to the conference on "Distribution, Growth and Technical Progress", Rome, mimeo DAEST, University of Venice.
- _____(1985b), *Technical Change and Industrial Transformation - The Theory and Application to the Semi-Conductor Industry*. London: Macmillan.

- Dosi, G. (1988a), "Sources, procedures and micro-economic effects of innovation". *Journal of Economic Literature*, vol. 26, pp.1120-71.
- _____(1989), "Trade, technologies, and development", In *Politics and Productivity*. Johnson, Tyson and Zysman (eds).
- _____, Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., Soete, L. (1988b), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Dosi, Pavtti and Soete (1990), *The Economics of Technological Change and International Trade*. Harvester.
- Drucker, P. (1998), *The Discipline of Innovation*, Harvard Business Publication, p 53.
- ECLAC, (1997), "Reflexiones en torno a la teoria de la politica tecnologica", Report commissioned by the DNP (Colombia), DNP, mimeo.
- Economist (1999), "A survey of innovation in industry", Feb. 20.
- Felder, J., Licht, G., Nerlinger, E. and Stahl, H. (1996), "Factor determining R&D and innovation expenditure in German manufacturing industries", in Kleinknecht (1996).
- Felix, D. (1994), "Industrial Development in East Asia: What are the Lessons for Latin America", UNCTAD Review.
- Fomby et. al. (1984), *Advanced Econometric Methods*, Needham, MA: Springer - Verlag.
- Foster, R. (1986), *Innovation: The Attackers Advantage*, Summit Books, NY.
- Fransman, M. (1994), *Information, Knowledge, Vision and Theories of the Firm*, Oxford University Press.
- Fransman, M. and King, K. (1984), *Technological Capabilities in the Third World*, McMillan Press.
- Freeman, C. (1991) in Eatwell et. al. (eds), "Innovation", *New Palgrave Dictionary of Economics*, Mcmillan Press.
- Freeman, C. and Soete, L. (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter: London.
- Freeman, C., (1994), "The economics of technical change", *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 18, p. 463-514.
- Gabbi, Dei Ottati (1996), "The remarkable resilience of the industrial districts of Tuscany", WP 28, ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Garay, J. L. (1992), *Estrategia Industrial e Insercion Internacional*, Bogota, Fescol.
- Garnsey, E. and Lawton, H. (1997), "Science industry complex: diverse paths, common processes", *Working paper* 12.
- Garud, R., Nayyar, P.R., Shapira, Z. (1998), *Technological Innovation: Oversights and Foresights*, in March et. al., pp.3-9.
- Geroski F. (1989), "Innovation, technology opportunity and market structure", *Oxford Economic Papers*.
- Geroski P. et. al. (1987), "Innovation and the evolution of market structure". London Business School Centre for Business Strategy, *working paper* no. 36, November.
- Globerman S. (1973), "Market structure and R&D in Canadian manufacturing industries", *Quarterly Review of Economics Business*, Summer, 13 (2), pp. 59-67.
- Graham, E. (1990), "Technological innovation and the dynamics of the U.S. comparative advantage in international trade", in Hill et. al. (1979), *Technological Innovation for a Dynamic Economy*, (New York: Pergamon p.118-160.
- Greene, W. (1997), *Econometric Analysis*, Prentice-Hall (3rd ed).
- Griliches, Z. (1984), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago University Press.
- Grossman and Helpman (1994), "Endogenous innovation in the theory of growth", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 1, pp. 23-44.
- Grossman G. and Helpman E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MIT Press.
- Grupp, H. (1998), *Foundations of the Economics of Innovation: Theory Measurement and Practice*, Edward Elgar Publications.
- Gujarati, D. (1988), *Basic Econometrics*, MacGraw Hill Press, NY.
- Gunbau A. (1994), "Factores determinantes de innovacion en las empresas de la comunidad Valenciana", *IX Jornadas de economia industrial*, pp. 39-50.
- Hay, D. (1979), *Industrial Economics: theory and evidence*, Oxford, Oxford University Press.
- Hamberg, D. (1966), *R and D Essays in the Economics of Research and Development*, Random House, New York.
- Heckman (1976), "The common structure of statistical models of truncation, sample selection, and limited dependent variables and a simple estimator of such models", *Annals of Economic and Social Measurement*, Vol. 5, pp. 475-492.
- _____(1979), "Sample selection bias as a specification error", *Econometrica*, Vol. 47, pp. 153-161.
- Helleiner G. (ed) (1992), *Trade Policy and Industrialisation*, Oxford University Press..
- Henderson, R. (1996), "Managing innovation in the information age", *Harvard Business Review*, Jan.-Feb.

- Hernandez, I. (1998), "Testing for R&D rents in skilled workers' wages in the manufacturing industry of Colombia (1996)", M.Phil Dissertation, University of Manchester, mimeo.
- Hodgson, G. (1999), "Evolutionary and competence-based theories of the firm", *Working paper* (upcoming), ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Horowitz, I. (1962), "Firm size and research activity", *Southern Economic Journal*, 28, pp. 298-301.
- Howells, J. (1996), "Rethinking the market-technology relationship for innovation", *Research Policy*, vol. 25.
- _____ and Michie, J. (1997), *Technology, Innovation and Competitiveness*, Edward Elgar Publishers.
- Hughes, K. (1986). *Export and Technology*, Cambridge University Press.
- Iansiti, M. and West, J. (1997), "Technology integration: turning great research into great products", *Harvard Business Review*, May -June.
- Jacobsson (1993), "The length of the learning period: Evidence from the Korean engineering industry", *World Development*.
- Jaramillo, H. (1996), "Observatorio de la Ciencia y la Tecnologia", Colciencias, Bogota.
- Judge et. al. (1982), *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Kamien, M. and L. Schwärz (1975), "Market structure and innovation: a survey", *Journal of Economic Literature*, vol.13, pp. 1-37.
- _____ (1978), "Self-financing of an R&D project", *American Economic Review*, vol. 68, June, pp. 252-261.
- _____ (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Katz, J. (1984), "Domestic technological innovations and dynamic comparative advantage: further reflections on a comparative case study program", *Journal of Development Economics*, Sept-Oct.
- Katz, J. (1987), *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*, London: Macmillan.
- Katz, J. (1993), "Market failure and technological policy", *CEPAL Review* No. 50, Aug.
- Katz, J. (ed) (1987), *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industry: Theory and Case Studies*, McMillan Press.
- Kelly, T. M. (1970), "The influences of firm size and market structure on the research efforts of large multiple-product firms", Ph.D. dissertation. Oklahoma State University.
- Kennedy, P. (1996), *A Guide to Econometrics*, Blackwell (4th ed.).
- Kleinknecht, A. and Wengel, J. (1998). "The myth of economic globalisation". *Cambridge Journal of Economics*, vol. 22, pp. 637-647.
- _____ (ed) (1996), *Determinants of Innovation: The Message from New Indicators*. Macmillan Press.
- _____ and Verspagen, B. (1989), "The impact of measurement and aggregation problems", *Small Business Economics*, Vol.1.
- _____ and Verspagen, B. (1990), "Demand and innovation: Schmookler re-examined", *Research Policy*, vol. 19, pp. 387-94.
- Kline, S. and Rosenberg, N. (1986), "An overview of innovation" in R. Landau and N. Rosenberg (eds), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington.
- Kline, S.J. (1985), "Research is not a linear process", *Research Management*, Vol. 28.
- Knight, F.H. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*, London, Harper.
- Kondratieff, N. (1925), "The long wave in economic life", *Review of economic statistics*, vol. 17, p. 105-15.
- Kortum, S. and Lerner, J. (1999), "What is the recent surge in patenting?", *Research Policy*, Vol. 28, No. 1, January.
- Krugman, P. (1986), "La nueva teoria del comercio internacional y los paises menos desarrollados", *El Trimestre Economico*.
- Lall, S. (1994), "Industrial policy: the role of government in promoting industrial and technological development", *UNCTAD Review*.
- _____ (1995), "Policies in the new NIE's", *Journal of International Development*, Vol. 7, No. 5 pp. 741-743.
- _____ (1987), *Learning to Industrialize*, Macmillan Press.
- _____ (1990), *Building Industrial Competitiveness in Developing Countries*, Paris: OECD.
- _____ (1992), "Technological capabilities and industrialisation", *World Development*, Vol. 20, Feb. 1992.
- _____ (1994), "The East Asian miracle' study: does the bell ring for industrial strategy?", *World Development*, April.
- _____ (1997a), "Explaining industrial success in the developing world", mimeo, Cambridge.
- _____ (1997b), "Industrial adaptation and technological capabilities in developing countries", University of Cambridge, mimeo.

- Landes, M. (1969), *The Unbound Prometheus: Technological and industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lawson, C. (1997), "Territorial clustering and high technology innovation: from industrial districts to innovative milieux". *Working Paper 54*, ESCR Centre for Business Research.
- Levin, R. Cohen, W., and Mowery, D., (1985), "R&D Appropriability and market structure: new evidence on Schumpeterian hypotheses", *American Economic Review*, vol. 75, May, pp. 20-24.
- _____, Klevorick, A., Nelson, R, Winter, G. (1987), "Appropriating returns from industrial research and development", *Brookings papers on economic activity*, No. 3, pp. 809.
- Lieberman, M. (1989), "The learning curve, technology barriers to entry and competitive survival in the chemical processing industries", *Strategic Management Journal*.
- Lim L. (1993), "Technology policy and export development: the case of the electronics industry in Singapore and Malaysia", paper prepared for the United Nations University, Institute for New Technologies.
- Little, Scitovsky and Scott, *Industry and Trade in Some Developing Countries*, Oxford University Press, 1970.
- Lucas, R. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*.
- Lunn, J. (1986), "An empirical analysis of process and product patenting: a simultaneous equation framework", *Journal of Industrial Economics*, Vol. 34, pp. 319-328.
- Maddala G.S. (1994), *Econometric Methods and Applications Volume II*, Edward Elgar Publishing Limited,
- Malerba, F. (1985), *The Semi-Conductor Business: The Economics of Rapid Growth and Decline*, Madison, University of Wisconsin Press.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1996), "Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific", *Research Policy*, No. 25, pp.451-478.
- Mansfield, E. (1964), "Industrial research and development expenditures: determinants, prospects and relation of size of the firm and inventive output", *Journal of Political Economy*, 72, pp. 319-340.
- Mansfield, E. (1981), "Composition of R&D and expenditures: relationship to size, concentration, and innovation output", *Review of economics and statistics*, 62, pp. 610-614.
- Mansfield, E. (1986), "Patents and innovation: an empirical study", *Management Science*, 32, pp. 173-181.
- Mansfield, E. (1995), *Innovation, Technology and the Economy*, Vol. 1, Edward Elgar Publishers.
- March, J. et. al. (1998), *Technological Innovation: Oversights and Foresights*, Centre for Entrepreneurial Studies, New York University Press.
- Marshall, A. (1890), *Principles of Economics*, London, Mcmillan.
- Martin, S. (1993), *Advanced Industrial Economics*, Cambridge, Mass., Blackwell.
- McFadden (1973), "Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour", in P. Zarembka (ed.) *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, NY.
- McKinsey & Co. (1994), "Industrial performance in Latin America", Internal Report, McKinsey.
- McKinsey & Co. (1995), "Innovation and technology management-Conference series for senior management", McKinsey, New York.
- Meisel, J. B. and Lin, S. (1983), "The impact of market structure on the firm's allocation of resources to research and development", *Quarterly Review of Economics and Business*, 23, pp. 28-43.
- Metcalfe, S. (1993), "The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives", University of Manchester, mimeo.
- Metcalfe, S. and De Liso, N., (1998), "Innovation, capabilities and knowledge", in Coombs (1998).
- Moreira G. (1993), "Industrialisation, Trade and Market Failures: The Role of Government Intervention in Brasil and the Republic of Korea", PhD. Thesis.
- Mowery, D. (1983), "Industrial research and firm size, survival and growth in American manufacturing 1921-1946", *Journal of Economic History*, Dec. vol. 43, pp.953 - 979.
- Mowery, D. (1993), "Inward technology transfer and competitiveness: the role of national innovation systems", Haas School of Business, University of California, Berkeley, mimeo.
- Mowery, D.C. and Rosenberg, N. (1979), "The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies", *Research Policy*, vol. 8, pp. 102-53.
- Mutinelli M. and Piscitello L. (1998), "The entry mode choice of MNE's an evolutionary approach", *Research Policy* 27, pp. 491-506.
- National Science Foundation (1972), "Papers and proceedings of a colloquium: research and development and economic growth and productivity". NSF 72-303.
- Nelson and Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belkap Press, 1982.

- Nelson, R. and Winter S. (1977), "In search of a useful theory of innovation", *Research Policy*, vol. 6, no. 1, p. 36 -6.
- ____and Winter S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Nelson R.R. (1988), "Modelling the connections in the cross-section between technical progress and R&D intensity", *Rand Journal of Economics*, vol.19, pp.478-85.
- Nelson, R. (1987), "Innovation and economic development: theoretical retrospect and prospect", in Katz.
- ____(ed) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Study*, Oxford, Oxford University Press.
- ____(1988), "Innovation and the evolution of firms", in Dosi et al. (1988), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, pp. 256-81.
- ____(1991), "Why do firms differ, and how does it matter?", *Strategic Management Journal*, Vol.12, p. 61-74.
- ____and Winter,S., *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press.
- Nishimizu and Page, *Trade Policy, Market Orientation and Productivity Change in Industry*, in Jaime de Melo and Andre Sapirs (ed), *Trade Theory and Economic Reforms: North ,South and East.*, Oxford: Basil Blackwell, 1992
- Nishimizu, M. and Robinson, S. (1984), "Trade policies and productivity change in semi-industrialised countries", *Journal of Development Economics*, No. 16.
- Noteboom, B. (1996), "Innoveren globaliseren", *Conomisch Statistische Berichten*, vol. 81, pp. 828-30.
- Ocampo, J. A. (1993), "New theories of international trade and trade policy in developing countries", in Agosin and Tussie.
- OECD (1967), *The Overall Level and Structure of R&D Efforts in Member Countries*, Paris.
- ____(1986), *Science and Technology Indicators: R&D, Invention and Competitiveness*, Vol. 2.
- ____(1991), *Technology and Economic Performance*, Paris.
- ____(1992), *Technology and the Economy: The Key Relationships*, Paris.
- ____(1993), *Frascati Manual: Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development*, Paris.
- ____(1994), *Manufacturing Performance: A Scoreboard of Indicators*, Paris.
- ____(1995), *Basic Science and Technology Statistics*, Paris.
- OECD (1996), *Innovation, Patents and Technological Strategies*, Paris.
- ____(1997), *Technology and Industrial Performance*.
- ____Oslo Manual: *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, Paris.
- Okimoto (1986), *Between MITI and the Market: Japanese Industrial Policy for High Technology*, Stanford University Press.
- Ottati, G., "The remarkable resilience of the industrial districts of tuscany", Working Paper 28, ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Pack, H. (1992), "Learning and productivity change in development countries", in G. Helleiner (ed), *Trade Policy, Industrialisation and Development: New Perspectives*, Oxford, Clarendon Press.
- ____(1994), "Endogenous growth theory: intellectual appeal and empirical shortcomings", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, No.1.p.55-72.
- ____and Westphal,L. (1986), "Industrial strategy and technological change: theory versus reality", *Journal of Development Economics*, June.
- Patel, P. (1995), "Localized production of technology for global markets", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, 141-53.
- ____and Pavitt, K. (1991), "Large firms in the production of the world's technology: an important case for non-globalisation", *Journal of International Business Studies*, vol. 22, pp.1-21.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral patterns of technological change: towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, vol. 13 pp.343-73.
- Pearce, R. and Papanastassiou, M., (1999), "Overseas R&D and the strategic evolution of MNE's: evidence from laboratories in the UK", *Research Policy*, 28.
- Pesaran et. al. (1997), *Handbook of Applied Econometrics*, Oxford University Press.
- Phillips, A. (1971), *Technology and Market Structure: A Study of the Aircraft Industry*. Mass: Heath Lexington Books.
- Phlips, L. (1971), "Research", Chapter 5 in *Effects of Industrial Concentration: A Cross Section Analysis for the Common Market*. Amsterdam: North-Holland Publishing Co., p. 119-142.
- Pietrobelli, C. (1995), *Technological Capability and Export Diversification in a Developing Country: the Case of Chile since 1974*", PhD. thesis Oxford.

- Porter, M., *The Competitive Advantage of Nations*, *Harvard Business Review*, 1991.
- Reinganum, J. (1989), "The timing of innovation: research, development and diffusion", in R. Schmalensee and R. Willig (eds.), *Handbook of Industrial Organisation*, North Holland, NY. pp. 849-908.
- Rodrik, D. (1992), "Closing the productivity gap: does liberalisation really help?", in Helleiner, *Trade Policy, Industrialisation and Development: New Perspectives*, Oxford.
- _____(1994), "King Kong meets Godzilla: the World Bank and the East Asian miracle discussion", *Centre for Economic Policy Research*, London.
- _____(1986), "Increasing returns and long-term growth", *Journal of Political Economy*, Oct., 94: 5, pp. 1002-37.
- _____(1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, pp.71-102.
- _____(1994), "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 8, No. 1, p.3-22.
- Romer, P., (1996). *Advance Macroeconomics*, McGrahill.
- Rosenberg, N. (1963), "Technological change in the machine tool industry: 1840-1910", *Journal of Economic History*, December, 1963, 23: 4, pp.414-46.
- Rosenberg, N. (1972), *Technology and American Economic Growth*, New York: Harper and Row.
- Ruddy J. (1991), "Criteria and process to support generic, pre-competitive and enabling technology developments: a preliminary assessment of the advanced technology program (ATP)", *Science, Technology and Public Policy Program*.
- Ruigrok, W. and van Tulder, R. (1995), *The Logic of International Restructuring*. Routledge, London.
- Salter, W. (1966), *Productivity and Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Saviotti, P. P. and Metcalfe, J.S. (1984), "A theoretical approach to the construction of technological output indicators", *Research Policy*, vol. 13.
- Scherer F. M. (1980), *Industrial Market Structure and Economic Performance*, 2ed. Chicago: Rand-McNally.
- _____(1965), "Firm size, markets structure, opportunity and the output of patented inventions", *American Economic Review*, Vol. 55, No. 5, pp. 1097-1123.
- _____(1967), "Market structure and the employment of scientists and engineers", *American Economic Review*, No. 57, p. 524-31.
- Scherer, F. M. (1982), "Demand-pull and technological invention: Schmookler revisited", *Journal of Industrial Economics*, vol. 30, pp. 225-37.
- _____(1984). *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*. Cambridge: MIT Press.
- _____(1986), "Innovation and growth: Schumpeterian perspectives", Cambridge, MA, MIT Press.
- _____(1988), "Innovation and small firms", *Testimony Before the Subcommittee on Monopolies and Commercial Law, Committee of Judiciary*. US House of Representatives, February 24.
- _____(1993), "Pricing, profits, and technological progress in the pharmaceutical industry", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 7, No. 3, Summer, pp. 97-115.
- ____and Ross (1991), *Industrial Market Structure and Economic Performance*. Houghton Mifflin Co.
- Schmookler, J. (1966), *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Schumpeter, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- _____(1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, NY., McGraw-Hill.
- _____(1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York: Harper & Row.
- Scott, J. (1984), "Firm versus industry variability in R&D intensity", in Zvi Griliches (ed) (1984), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago University Press, pp. 233-248.
- Shimshoni, D. (1970), "The mobile scientist in the American instrument industry", *Minerva*, vol. 8, No. 1, pp. 59-89.
- Simon, H. (1991), "Organisation and markets", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, No. 2, Spring, p. 25-43.
- Singh and Whittington (1975), "The size and growth of firms", *Review of economic studies*, Jan., 42, pp. 15-46.
- Singh, A. (1986), "The great continental divide: Asian and Latin American countries in the world economic crisis", *Labour and Society*.
- _____(1992), "Industrial policy in the Third World", in Cowling and Sugden.
- _____(1994), "Growing independently in the world economy: Asian economic development since the 1980", *UNCTAD Review*.
- _____(1996), "Catching up with the West: a perspective on Asian economic development", *Development Thinking and Practice Conference*, Washington.

- Singh, A. and Chakravarty (1998), "The desirable forms of economic openness in the South", mimeo, WIDER.
- Snedecor, G. and Cochran, W. (1967), *Statistical Methods*, Iowa State University Press.
- Soete, L. (1979), "Firm size and innovative activity: the evidence reconsidered", *European Economic Review*, vol. 12, no.4, p. 319-40.
- Solow, R. (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of economics and statistics*, vol. 39.
- _____(1994). "Perspectives on growth theory", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No.1, p. 45-53.
- Spence, M. (1984), "Cost reduction, competition, and industry performance", *Econometrica*, vol. 52, pp. 101-21. (from K).
- Stiglitz, J. (1987), "On the microeconomics of technical progress", in Katz.
- _____(1991), "Symposium on organisations and economics", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, No. 2, Spring, p. 15-24.
- Stoneman, P. (1983), *The economic analysis of technological change*, Oxford, Oxford University Press.
- Sutton, J. (1998), *Technology and Market Structure*, MIT Press, Mass.
- Tabachnick and Fidell (1989), *Using Multivariate Statistics*, London.
- Teece, D. (1988), "Technological change and the nature of the firm", in Dosi, G. et al. (eds). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter, pp. 256-81.
- Teitel, S. (1987), "Towards the understanding of technical change in semi-industrialized countries", in Katz.
- Teubal, M. (1994), "R&D and technology policy at NIC's as learning processes", *Industrial Development Policy Group*, University of Jerusalem.
- _____(1995a), "Technological infrastructure policy (TIP): creating capabilities and building markets", *Research Policy*, Vol. 24, pp.259-281.
- _____(1995b), "A catalytic and evolutionary approach to horizontal technology policies", *Industrial Development Policy Group*, The Jerusalem Institute for Israel Studies, mimeo.
- _____(1996), "R&D and technological policies in NIC's as learning process", *World Development*, Vol. 24, No. 3, pp. 449-460.
- Tirole, J. (1991), *The Theory of Industrial Organisation*, MIT Press.
- Tobin, J. (1958), "Estimation of relationships for limited dependent variables", *Econometrica*, Vol. 26, pp. 24-36.
- UNCTAD (1991), "Technology indicators and developing countries", ITP/TEC/19..
- Veal and Zimmerman (1996), "Pseudo R2", *Journal of Economic Surveys*.
- Vossen, R. and Nooteboom, B. (1996), "Firm size and participation in R&D", in Kleinknecht (1996).
- Wade, R. (1990), *Governing the Market: Economic Theory and the Roll of Government in East Asian Industrialisation*, Princeton: Princeton University Press, 1990.
- _____(1994), "The East Asian miracle: why the controversy continues", Institute of Development Studies, University of Sussex, 1994.
- Wakelin, K. (1995), "Innovation and export behavior at the firm level", National Institute of Economic and Social Research Working Paper.
- Wetphal, L. (1990), "Industrial policy in an export propelled economy: lessons from South Korea's experience", *Journal of Economic Perspectives*, 1990.
- White, H. (1980), "A heteroskedasticity -consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity", *Econometrica* 48, 817-838.
- WIPO (1993 and 1996), World Intellectual Property Organisation, "Industrial Property Statistics"-annual issues, WIPO, Geneva.
- Womack, J. et. al.(1990), *The Machine that Changed the World*, Mcmillan, NY.
- _____(1996), "Lean thinking: banish your waste and create wealth in your corporation", *Harvard Business Review*, March-April.
- Womack, J., and Jones, D., (1994), "From lean production to lean enterprise", *Harvard Business Review*, March-April.
- Wood, E. "Small and large firms in the innovation process", in Cosh, A.D. and Hughes, A. (eds). *Innovation: National Policies, Legal Perspectives and the Role of Small Firms*. ESRC Centre for Business Research, University of Cambridge.
- Wood, E. (1997), "SME innovator types and their determinants", ESRC Working Paper No. 72.
- World Bank (1991), *Development Report*, Washington.
- World Bank (1993), *The East Asian Miracle*, Washington.
- Young, A. (1991), "Learning by doing and the dynamic effects of International Trade", *The Quarterly Journal of Economics*.
- Zvi Griliches (1984), *R&D, Patents and Productivity*. Chicago University Press, pp. 233 - 248.

Apéndice 1

Glosario y abreviaturas de variables

AGE	Edad (en años de la firma)
CC	Firmas que han recibido apoyo financiero de Colciencias-IFI (dummy)
CD	Dinámica competitiva
CIU 22	22 dummies de industria (3 dígitos)
Cluster	Agrupación de firmas localizadas en las principales ciudades industriales (dummy)
CR50	Número de firmas que representan el 50% del valor agregado y la producción a nivel de 5 dígitos; esta medida puede entenderse como el inverso de concentración de mercado.
DCONG	Firmas que estan dentro de conglomerado (dummy) ; Numero de firmas dentro del conglomerado del que hace parte la firma.
DG	Industrias de bienes diferenciados; alto oportunidades tecnologicas (dummy)
DTTR	Entrenamiento tecnológico (intensidad; gasto en entrenamiento de tecnología / total costos de mano de obra) y dummies para firmas que conducen entrenamiento tecnológico.
EAN	Encuesta Anual Manufacturera
ET	Empresa multinacional
EXE I&D EX	Firmas que ejecutan proyectos de I&D con agentes externos (dummy)
EXE I&D I+D	Firmas que ejecutan proyectos de I&D con departamento de I&D establecido (dummy)
EXE I&D inf	Firmas que ejecutan proyectos de I&D con equipos informales internos con personal de varios departamentos; esto es, departamento de I&D no establecido (dummy)
IED	Participación de Inversión Extranjera Directa (dummy, y porcentaje de capital); (-ncon) controlado por inversionistas nacionales; (-con) controlado por inversionistas extranjeros; (-s) filiales de empresas multinacionales (100%).
GM	Margen Bruto (ventas menos costo de bienes vendidos)
IS	Encuesta de Innovación
LAPROD	Productividad Laboral (ventas por unidad de mano de obra de planta)
LI	Industrias intensivas en trabajo
MKTG	Puntaje dado por la firma de la importancia de penetrar un mercado masivo o rápidamente creciente como objetivo de la innovación
MNE	Empresa multinacional
NM	Márgenes netos (ventas menos costos de bienes vendidos, gastos operativos y otros ingresos y gastos)
OM	Margen operativo (ventas menos costo de bienes vendidos y gastos operativos)
ORGPR	Firmas que han introducido prácticas de gestión modernas, tales como justo a tiempo (JIT), círculos de calidad, procesos de manufactura basados en células (dummy)
I&DEXP	Número de años con experiencia en I&D
RDEXTRA	Firmas que conducen actividades de I&D extramuros; esto es, firmas que subcontratan actividades de I&D con agentes externos a la firma (dummy)
RI	Industrias intensivas en recursos
SB	Industrias basadas en ciencia (altos niveles de oportunidades tecnológicas)
SI	Industrias intensivas de escala
SINNOMS	Firmas que usan a clientes y proveedores como una fuente importante de información para innovación (dummy)
SINNOBS	Firmas que usan fuentes científicas de información para innovación; esto es, universidades y centros tecnológicos, consultores independientes e investigadores (dummy)
TEMP	Empleo total
TEVA	Puntaje de la firma en su avance tecnológico relativo a la frontera tecnológica.
TIANRD	Innovación amplia (no se basa en I&D)
TISRD	Innovación basada en I&D
TISRRD	Innovación estricta
TO	Oportunidad tecnológica
UW	Datos no ponderados, datos tomados directamente como resultado del muestreo
W	Datos ponderados en donde se toma en cuenta las probabilidades de que firmas pequeñas y medianas sean seleccionadas en la muestra.
X	Dummy para firmas que exportan (intensidad: exportación/ventas)

Modelo de Insumo de innovación: descripción de variables

Variables Dependientes

Etapa 1 - (Logit)

$[Y1i = 1 \mid \text{empleo I\&D} > 0]$

Etapa 2 - (MCO)

$\ln(Y2i) = \ln(\text{empleo I\&D} / \text{empleo total}) \mid Y1i = 1$

Variables Explicativas

Tamaño de la Firma

TEMP - Total empleo

Jalonamiento de Demanda

MKTG: puntaje de la importancia que la penetración de un mercado masivo o rápidamente creciente tiene como objetivo de la estrategia de innovación de la firma.

Capacidades y organización nivel de Firma

IED: participación de Inversión Extranjera Directa (simulación y %capital); (-ncon) controlada por inversionistas nacionales; (-con) controlada por inversionistas extranjeros, (-s) subsidiarias.

DCONG: efectos de conglomerado capturados por una variable de simulación para firmas que forman parte de un conglomerado

AGE: número de años desde introducción

I&DEXP: número de años con experiencia I&D

TTR: Entrenamiento tecnológico (intensidad: gasto en entrenamiento técnico / total costos laborales; y simulación (D) para firmas que conducen el entrenamiento técnico)

ORGPR: firmas que han introducido prácticas "débiles" de administración (simulación)

X: f irmas exportadoras (intensidad y simulación)

TEVA: puntaje de la firma en su avance tecnológico relativo a la frontera (puntaje).

Proceso de Innovación

RDEXTRA: Firms que llevan a cabo actividades extramuros I&D (simulación)

SINNOSB: firmas que usan fuentes científicas de información para innovación (simulación)

EXE I&D I+D: Firms que llevan a cabo proyectos I&D dentro de un departamento I&D (simulación)

EXE I&D Inf: firmas que llevan a cabo proyectos I&D dentro de grupos internos funcionales (simulación)

EXE I&D EX: firmas que llevan a cabo proyectos I&D con agentes externos (simulación)

SINNOMS: Firms que usan compradores y proveedores como fuente de información crítica para innovación (simulación)

CC: Firms que reciben soporte financiero público (simulación)

Agrupaciones. Firms localizadas en las principales ciudades industriales (simulación)

Factores Industriales

22 dummies industriales (3 dígitos)

SB & DG: Dummies para industrias con mayor TO implicado (industrias de productos diferenciados o basadas en ciencia)

CR50: número de firmas que representan el 50% del valor agregado y la producción.

Desempeño

GM: márgenes brutos

LAPROD: productividad de mano de obra (ventas por unidad de mano de obra de planta)

Nota: Las variables dummy se denotan como D seguidas por el acrónimo de variables.