

Las empresas como agentes del sistema de ciencia, tecnología e innovación: interrogantes y elementos para un debate

GUSTAVO LUGONES*

Los análisis de los procesos de innovación en América Latina y los estudios sobre las características de los sistemas nacionales de innovación (SNI) de los países de la región coinciden en señalar la debilidad de la trama de vinculaciones y relaciones entre las empresas productivas y los demás componentes del sistema, particularmente con la comunidad científica, los grupos de investigación y los institutos que ofrecen servicios tecnológicos (genéricamente, la oferta de conocimiento).

En un contexto que asigna cada vez más importancia a la innovación como fuente de ventajas competitivas genuinas y acumulativas, y en el marco de un amplio consenso respecto de la incidencia de las interacciones entre los agentes para el mejor resultado de los procesos de innovación, uno de los aspectos a los que más atención brindan los responsables de las políticas de ciencia, tecnología e innovación es el de promover y apoyar el fortalecimiento de la trama de relaciones del SNI. Trataremos aquí de aportar algunos elementos de juicio al debate respecto de las causas de la debilidad de los vínculos mencionados, mediante la revisión de un conjunto de factores que pueden estar operando como determinantes o condicionantes de la conducta empresarial, incluyendo, desde luego, el papel de los demás agentes.

229

1. Las empresas no innovativas

En el caso de las empresas no innovativas es esperable una baja tendencia a la relación con el sistema científico-tecnológico. Una parte de estas empresas, que han logrado mantenerse en el mercado pese a no intentar cambios tecnológicos u organizacionales durante un lapso considerable (tres o cuatro años suelen ser los períodos de medición adoptados por las encuestas), probablemente haya buscado (y encontrado) fuentes de competitividad alternativas a la innovación. Pero también es probable que muchas otras subsistan en condiciones crecientemente desfavorables, lo que podrían intentar revertir mediante la innovación si fuera menor el peso de ciertos obstáculos y dificultades (tamaño, escala, financiamiento, disponibilidad de personal calificado, etc.).

2. Las empresas innovativas

Llamativamente, tampoco las empresas innovativas se caracterizan por la frecuencia de los vínculos y menos aún por la profundidad de los mismos, pese a evidenciar una mayor tendencia a la vinculación que las demás. En la búsqueda de explicaciones parece necesario preguntarse qué tipo de innovación busca introducir la innovadora "promedio" de América Latina.

* Coordinador de la sub-red de innovación de la RICYT (correo electrónico: glugones@ricyt.org).

Los datos estadísticos informan que el patrón de especialización prevaleciente en la región corresponde a una baja participación de los productos caracterizados por un mayor contenido relativo de conocimiento y una mayor dinámica tecnológica. Consecuentemente, la dirección del cambio técnico preponderante apunta a la introducción de cambios adaptativos en procesos y modificaciones menores en productos con bajo grado de diferenciación.¹ Esto, desde luego, no estimula las vinculaciones de las empresas con el sistema científico-tecnológico.

3. Los interrogantes

Cabe preguntarse cuál es, en rigor, la relación causal: ¿en qué medida puede decirse que la estructura productiva está orientada a *commodities* debido (al menos en parte) a la falta de vinculación de las empresas con la oferta de conocimiento? Se podría también sostener, a la inversa, que la falta de vinculación se explica porque se producen mayoritariamente *commodities*, cuya fabricación requiere, en menor medida, de conocimientos exógenos a la firma (o a la organización, en caso de pertenecer a una red global) y tiene menor dependencia relativa de las externalidades del entorno que son tan importantes en la producción de bienes diferenciados.

Queda aún otro interrogante: ¿hasta qué punto la opción por *commodities* responde a determinados obstáculos a la innovación, más acuciantes cuanto mayor es la complejidad tecnológica de la actividad? (opción por innovaciones menores).

Las políticas de aliento a la vinculación aspiran a favorecer la transferencia de conocimientos del sistema científico-tecnológico a las empresas productivas, con el propósito de apoyar la mejora de sus capacidades y favorecer así los procesos de innovación y el incremento del contenido tecnológico de la producción doméstica. En todo caso, es deseable que las empresas que no innovan comiencen a hacerlo, a fin de mejorar genuina y sustentablemente sus niveles de competitividad. A la vez, es crucial que las innovadoras profundicen y dinamicen el cambio técnico, incrementando la participación de los bienes diferenciados en la producción, si se desea aprovechar al máximo las potencialidades del comercio internacional como herramienta para el desarrollo y el bienestar social.²

4. Determinantes y condicionantes de la conducta tecnológica de las empresas en América Latina

Además de los condicionantes “micro” o endógenos (de la esfera de dominio de la empresa) tales como las capacidades tecnológicas, el tamaño de la firma, o sus recur-

1 Aplica aquí, cabalmente, la distinción entre diferenciación horizontal y vertical. Parece ser a la primera modalidad a la que se refiere el Manual de Oslo cuando señala que no debe ser considerada como innovación “la mera diferenciación de producto”. En efecto, se trataría en ese caso de cambios menores (podríamos decir “poco significativos”, apelando a la ambigüedad que caracteriza a la definición de innovación universalmente aceptada y empleada). En cambio, la diferenciación vertical no sólo debe ser legítimamente considerada como innovación, sino que implica esfuerzos tecnológicos relativos mucho mayores y valores más altos en el mercado (la diferencia de valor es, precisamente, la vía para detectarla).

2 Los bienes diferenciados exigen mayor esfuerzo tecnológico y requieren mayor acumulación previa de capacidades pero, en contrapartida, ofrecen a la empresa mayores posibilidades de acceso a los mercados más dinámicos (mejores precios y mayor rentabilidad potencial). Simultáneamente, el país se beneficia en sus términos de intercambio, a la vez que se incrementan los ingresos medios de los trabajadores.

Los factores humanos y de capital, un repaso a los principales determinantes de la conducta tecnológica de las empresas productivas debe incluir los de carácter exógeno a la firma. Entre estos se cuentan los condicionantes “meso” (correspondientes a la actividad o al mercado específico a explotar), v. gr., las características de la demanda a satisfacer, el entorno tecnológico, las características y la conducta de la competencia, el esquema de incentivos específico a la actividad, etc. y también los “macro” (instituciones, precios relativos, incentivos generales, grado de incertidumbre de la actividad económica, nivel educativo y cultural general de la población, etc.).

La revisión que se presenta a continuación no respetará de manera terminante la división de los condicionantes en los tres grupos mencionados ya que, con frecuencia, será necesario analizar asociada o conjuntamente aspectos micro, meso y macro que, en la práctica, interactúan permanentemente.

Fuentes alternativas de competitividad

En algunas economías y, particularmente, en algunas actividades o en segmentos del mercado, pueden encontrarse oportunidades de obtener ventajas competitivas sobre bases distintas a la innovación tecnológica u organizacional. En esto pueden incidir mecanismos de protección arancelaria y no arancelaria, la existencia de regímenes específicos, regulaciones, etc., pero también puede haber nichos de protección natural donde los productos son menos transables internacionalmente.

Tamaño de la demanda doméstica (ingreso)

Los niveles de ingreso medio de la población, el poder adquisitivo de los salarios y, en definitiva, el tamaño potencial de la demanda doméstica pueden dificultar el alcance de la escala mínima requerida para satisfacer los niveles de competitividad internacional promedio en la actividad a encarar (nivel de los costos medios).

Este aspecto tendrá mayor peso cuanto mayor sea la proporción de los costos fijos en la estructura de costos. Las actividades de innovación (particularmente la I+D y la adquisición de tecnología incorporada) cargan los costos fijos en mayor medida cuanto mayor es la intensidad tecnológica en la producción a encarar (cuanto más diferenciado es el producto).

Los bienes diferenciados, caracterizados por su mayor elasticidad-ingreso relativa y por estar fuertemente sujetos a economías de escala, no suelen contar con un mercado doméstico de tamaño suficiente como para compensar los obstáculos y los riesgos que implica su producción.

Cabe aclarar que este problema no sólo distingue la fabricación de los bienes *high-tech* de los restantes, sino que se advierte en el interior de cada rama de actividad, según el grado de diferenciación de los distintos productos.

Pocas oportunidades de mercado

Lo expuesto implica un menor número y ritmo de aparición de oportunidades de mercado para la innovación con respecto a lo que es observable en economías de mayor desarrollo relativo (mayor ingreso medio).

Tamaño de la firma

El menor tamaño relativo de las empresas latinoamericanas puede ser un obstáculo para sortear las limitaciones de la demanda doméstica por la vía de las exportaciones. Muchas de las PYMEs de la región tienen dificultades para colocar sus produc-

tos en los mercados externos, ya sea porque no alcanzan la escala mínima de producción requerida para lograr los niveles de competitividad internacional o porque no están en condiciones de cumplir en tiempo y forma con pedidos cuyos volúmenes exceden largamente sus capacidades.

Escasez de capital y condicionalidad del financiamiento

Una grave limitante de los procesos de innovación en América Latina, que se agudiza cuanto mayor es la complejidad tecnológica de los mismos, es la escasez de capital que caracteriza a las firmas (sobre todo a las PYMEs), debilidad que no logra ser compensada suficientemente por los mecanismos de financiamiento que han sido instrumentados en la mayoría de los países. Ni el crédito privado ni el ofrecido por instituciones y programas públicos (banca de fomento o agencias de promoción de la innovación) alcanzan a paliar este problema.

En el primer caso, los criterios de selección y evaluación de proyectos habitualmente aplicados por la banca privada resultan difíciles de ser satisfechos por los proyectos de innovación, normalmente asociados a un mayor riesgo relativo, como corresponde a la intención de introducir novedades al mercado (nuevamente, el cuadro se agrava cuanto mayor es la novedad y profundidad de los cambios a introducir). Las garantías requeridas suelen ser, asimismo, un obstáculo insalvable para las firmas de menor tamaño relativo.

Los recursos de los programas y agencias públicas de promoción de la innovación parecen, por lo tanto, llamados a cumplir un papel estelar. Sin embargo, con frecuencia se critica a los mismos por no alejarse suficientemente de los criterios restrictivos aplicados por la banca privada o bien se lamenta la baja magnitud de los fondos disponibles para estos fines, lo que deriva en un bajo impacto relativo de los instrumentos y programas.

232

Barreras endógenas - Path dependency (capacidades tecnológicas)

Además de las desventajas relativas en la disponibilidad de capital, las empresas latinoamericanas suelen tener, respecto de sus pares del primer mundo, una menor acumulación previa de los conocimientos requeridos para operar competitivamente en los mercados de bienes diferenciados o, en general, de mayor contenido tecnológico. Una importante restricción, en este sentido, está constituida por las dificultades para incorporar (y retener) recursos humanos calificados, relativamente escasos en la región, más allá de las diferencias existentes entre los países. La baja intensidad de los esfuerzos en I+D y en otras actividades de innovación no contribuyen a la generación endógena de conocimientos y muchas veces tampoco alcanzan como para mejorar las capacidades del personal y desarrollar las capacidades de absorción que permitirían una adecuada selección y un pleno aprovechamiento del conocimiento exógeno disponible.

Nivel general de educación

Los recursos humanos cumplen un papel crucial en las actividades de innovación y en los esfuerzos por lograr ventajas competitivas genuinas y sustentables. El nivel general de educación de un país pone a la vez un piso y un techo a las capacidades de los trabajadores actuales y potenciales por lo que puede ser una limitante severa para encarar actividades de fuerte exigencia en materia de calificación del personal.

Otras barreras al ingreso en los mercados de bienes diferenciados

Las barreras al ingreso en los mercados de *commodities* no son sólo endógenas. La protección efectiva suele ser mayor que en otros mercados y también es más frecuente la aplicación de medidas de protección no arancelaria, tales como normas técnicas, sanitarias y administrativas.

“Fallas de mercado” / Externalidades

La debilidad de las tramas y del entorno tecnológico es otra desventaja que deben superar las firmas innovadoras de América Latina. Nuevamente, cuanto mayor es el contenido de conocimiento de un producto, mayor es la dependencia de partes, componentes, información, servicios estratégicos y recursos humanos que, con frecuencia, no es posible obtener en los sistemas locales en condiciones satisfactorias.

Papel subordinado en las redes globales

La pertenencia a redes globales y/o regionales no siempre es, para las empresas latinoamericanas, la solución para las “fallas de mercado”. Esto depende de la jerarquía del papel que se le asigna en la red a la filial local. Con frecuencia, el rol asignado corresponde a las etapas o fases de la producción que menos conocimiento demandan (un caso extremo es el del ensamblaje de bienes *high-tech*) con lo que la incorporación a la red sólo permite eludir figurativamente.

Entorno institucional

El menor desarrollo relativo de las instituciones en los países de América Latina es también una limitante severa, que incide de manera directa en la trama de vínculos y relaciones entre los actores del SNI. El mantenimiento y respeto a reglas del juego claras, la confianza en que serán cumplidos los compromisos celebrados y la disposición a limitar o condicionar las prioridades e intereses particulares en función de trayectorias colectivas de conveniencia mutua son parte de las condiciones aún no plenamente cumplidas en la región (nuevamente, con diferencias entre países).

233

Baja “cultura” asociativa en el empresariado regional

El empresario medio en la región suele mostrarse muy desconfiado y poco valorativo respecto de las soluciones o aportes que puede ofrecerle el sistema científico-tecnológico. Esta reticencia suele extenderse a sus propios pares del mundo empresario, por lo que no es extraño detectar indiferencia o escaso interés en participar de espacios e iniciativas generadas por las cámaras y asociaciones de empresas con la intención de favorecer los lazos de cooperación e intercambio de información.

Aislamiento del científico

La búsqueda de independencia y de las mejores condiciones para el desarrollo de actividades de fuerte exigencia intelectual, como son las de I+D, llevan frecuentemente al científico (y en no pocos casos, también al tecnólogo) a cierto aislamiento que no contribuye a fomentar una mayor asociatividad con la esfera de la producción.

Bajo “matching” entre oferta y demanda de conocimiento

Las capacidades instaladas en centros, laboratorios y grupos universitarios de I+D suelen cubrir áreas temáticas poco vinculadas con las necesidades expresadas por

el mundo empresario. Este es un problema de difícil solución, ya que el investigador siente vulneradas su independencia y su libertad intelectual si se supone presionado a dirigir sus esfuerzos en determinada dirección específica.

Débiles incentivos a la transferencia

Los criterios de evaluación de los investigadores que se desenvuelven en universidades o en institutos científicos suelen asignar a las actividades de transferencia méritos menores a los que se reconocen, por ejemplo, a las presentaciones a congresos o a la publicación de trabajos donde se difunden los resultados de sus esfuerzos de investigación. Teniendo en cuenta que el propósito de una firma que se asocia con un grupo de investigación es el de aprovechar en exclusividad los nuevos conocimientos resultantes ("apropiabilidad" del conocimiento), esto se traduce en un fuerte desestímulo para las actividades de transferencia.

Precios relativos, tipo de cambio y esquema de incentivos

El cuadro general de incentivos (precios relativos, tipo de cambio, etc.) puede ser determinante para la elección de especialización y para las decisiones de innovar asociadas a la misma. Es particularmente delicado el papel del tipo de cambio. Una excesiva sobrevaluación de la moneda (tipo de cambio retrasado) facilita la producción a costos internacionales ya que abarata la adquisición externa de equipos, insumos, partes y componentes. Sin embargo, favorece del mismo modo la importación del bien competitivo. Más grave aún, la menor competitividad-precio resultante limita severamente las posibilidades de ampliar mercados vía exportación (deseconomías de escala). En el otro extremo, un tipo de cambio excesivamente alto puede desestimular el cambio técnico al otorgar ventajas de competitividad-precio aún a actividades que, de otro modo, requerirían de la innovación para defender sus posiciones de mercado.

234

Incertidumbre macro

La volatilidad macroeconómica y la incertidumbre afectan de manera fuertemente negativa a los procesos de innovación. Las expectativas juegan un rol importante al asignar carácter coyuntural o permanente a las variables macro vigentes. Como es común a cualquier decisión de inversión, los desequilibrios macroeconómicos retraen las decisiones de innovar y, una vez superadas las circunstancias desfavorables, serán necesarias señales muy firmes y sostenidas en el tiempo para que el crecimiento de la actividad impulse a las firmas a invertir en cambio técnico. Esto hace a la estabilidad macro una condición necesaria (aunque, desde luego, no suficiente) para decidir encarar actividades de innovación.

Baja presión de mercado

Los impulsos provenientes del mercado no parecen estar empujando a las firmas a orientar sus esfuerzos hacia un cambio en las tendencias de especialización, de modo de requerir una mayor vinculación de los componentes del sistema que están en las mejores condiciones de suplementar y complementar las capacidades endógenas con los conocimientos necesarios para encarar la producción de bienes más intensivos en tecnología. Tampoco los instrumentos de política tecnológica parecen proporcionar estímulos suficientes en este sentido.

Las tendencias de especialización prevalecientes en los países de la región, que determinan una estructura productiva cargada hacia *commodities*, donde el ritmo y la

envergadura de las innovaciones son menores, reducen o limitan la profundidad de los cambios a introducir y, por tanto, las necesidades de vinculación. Las habituales restricciones en la disponibilidad de recursos para política tecnológica condicionan la posibilidad de revertir por esta vía el cuadro general de incentivos, aún cuando las Agencias de promoción de la innovación suelen contar con numerosos ejemplos de resultados promisorios en el empleo de los instrumentos de promoción, que se constituyen así en pruebas fácticas de que no es descabellado intentar el camino de la innovación y la diferenciación de productos en la región.

5. Los necesarios consensos

Lograr una mayor efectividad de las políticas de aliento a la vinculación no sólo requiere de una eficiente instrumentación de las mismas y de la disponibilidad de recursos acordes con la importancia y la dificultad de la tarea. También depende de un diagnóstico certero de las causas determinantes de la situación que se pretende revertir. Al respecto, seguramente existen diferencias entre los países de la región, que pueden ser considerables o bien de matices. Sin embargo, en el debate desarrollado en el VII Congreso de Indicadores de Ciencia y Tecnología organizado por la RICYT se expusieron elementos explicativos comunes, los cuales contribuyeron para un mejor diseño de los programas e instrumentos de ciencia, tecnología e innovación, particularmente en lo referido al papel de la empresa como agente del desarrollo científico-tecnológico.

Estas notas no pretenden constituirse en un “paper” académico. Por eso, no son acompañadas de referencias bibliográficas ni de información estadística de soporte. Antes bien, procuran cumplir un papel “disparador” del debate, para lo cual se ha repasado una lista no taxativa de condicionamientos y determinantes de la conducta tecnológica de las empresas en América Latina, particularmente en lo referido a sus vínculos con los demás componentes. Los encuentros de la RICYT brindan la posibilidad de lograr consensos en la interpretación del peso relativo de cada uno de estos determinantes y de otros que pueden haber sido involuntariamente omitidos en el listado, así como de las formas particulares en que se combinan los mismos en cada país. Los participantes en este tipo de debates serán quienes aporten la experiencia acerca de cuál o cuáles de estos determinantes / condicionantes (u otros, que tal vez propongan agregar) son más decisivos para explicar las características que asume en América Latina el papel de la empresa como agente del sistema de ciencia, tecnología e innovación.

Viejas interrogantes y nuevas preguntas sobre los procesos de innovación en América Latina*

CARLOS BIANCHI**

1. Introducción

Este trabajo es un intento por contribuir a responder la clásica pregunta de “¿para qué medir los procesos de innovación?”, que se planteara en la presentación del Manual de Bogotá (Jaramillo et al., 2001). La respuesta que anticipa ese texto hace referencia a que se buscan medir los procesos de innovación con el objeto de contribuir a la elaboración de políticas. Sin embargo, es posible afirmar que ese objetivo se ha cumplido sólo parcialmente. Existen diversos factores políticos e institucionales que intervienen entre la producción de los indicadores, su análisis y la eventual repercusión en medidas de política, que son ajenos a los productores y analistas de datos.

No obstante, se cuenta ya con una significativa producción de indicadores sobre los procesos de innovación en la industria latinoamericana. Desde la perspectiva de la investigación y, en particular, en un ámbito dedicado a la elaboración de procedimientos de medición de los procesos de innovación, cabe preguntarse qué mejoras es posible realizar en la forma de colecta y en el análisis de la información para lograr un resultado más satisfactorio.

La distancia entre la producción de información y su empleo para el diseño de políticas no es un problema exclusivo de nuestra región (Arundel, 2006). La lógica del modelo lineal, la búsqueda de resultados a partir de la inversión en ciertos *inputs*, es aún una lógica prevaleciente en muchos ámbitos de definición de política, que se transmite también en las formas de gestión de la misma. Se requieren, pues, resultados precisos y fácilmente transmisibles sobre los procesos de innovación que permitan transformar dicha lógica.

En este trabajo se recurre al análisis de los microdatos de seis encuestas industriales en Uruguay (dos de ellas realizadas de acuerdo a la pauta del Manual de Bogotá) y al análisis de datos tabulados de las encuestas de innovación de Brasil (PINTEC, 2000, 2003) y de Argentina (Lugones y Bisang, 2003). A partir de ello se discuten viejas interrogantes sobre qué tipo de indicadores permiten comprender el proceso de innovación.

El resultado de este trabajo consiste en proponer la discusión de nuevas preguntas sobre estas interrogantes. No solamente se trata de discutir posibles preguntas en los formularios de colecta, sino también de formular nuevas preguntas de análisis, para lo cual se requiere tener acceso a los microdatos de las encuestas de innovación y a la articulación con otras fuentes estadísticas.

* Este trabajo forma parte de una línea general de investigación que el autor está iniciando junto con otros colegas de la CSIC. Por tal motivo no se trata de un documento final sino de un texto realizado con el objetivo expreso de discutir algunas ideas generales en un ámbito idóneo para ello, como el VII Congreso RICYT.

** Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República, Uruguay (correo electrónico: carlos@csic.edu.uy).

Los resultados del trabajo proponen la inclusión de nuevas, pocas, preguntas que permitan esclarecer algunas de las paradojas que arrojan los resultados actuales de los indicadores de innovación (Lugones y Peirano, 2003; Galende y de la Fuente, 2003) a la vez que enfatizar en la necesidad de refinar las preguntas de análisis, con el objetivo último de mejorar los resultados que permitan ofrecer insumos más precisos y fácilmente comunicables para la definición de instrumentos de política (Arundel, 2006).

2. El punto de partida: reflexiones teóricas y disponibilidad de información

En este apartado se consideran no sólo las reflexiones teóricas como punto de partida, sino también las necesidades de los diferentes actores de contar con información adecuada para la toma de decisiones. Tales actores comprenden a los encargados de definir e implementar políticas y a los empresarios que toman decisiones sobre su estrategia de negocios.

¿Cuáles son las preguntas que se hacen los diferentes actores sobre el proceso de innovación? ¿Hasta qué punto las encuestas de innovación consiguen ofrecer respuestas para ello?

Las preguntas de los diferentes actores surgen de necesidades diferentes. Por ejemplo, los empresarios o responsables gerenciales de empresas suelen requerir información rápidamente procesable para tomar decisiones en el corto plazo en un marco de competencia con otras firmas (Arundel, 2007). Este tipo de respuestas difícilmente pueda buscarse en las encuestas de innovación realizadas como estadísticas regulares a nivel nacional o regional. Sin embargo, sí es posible, a partir de los datos existentes, ofrecer un marco de información que aporte a la reflexión y la toma de decisiones por parte de estos actores tanto en el corto como en el largo plazo.

Por otra parte, los encargados de política demandan resultados directamente relacionados con los objetivos e instrumentos definidos desde el ámbito público para promover o inhibir determinados comportamientos respecto del cambio técnico y la innovación. Esa es una de las razones por las cuales medidas simples de input y output, como las que se recogen en los relevamientos de actividades de investigación y desarrollo (I+D) y de producción académica y de patentes, han sido adoptadas desde ámbitos de política como medidas de desempeño. Este tipo de medidas han sido adoptadas hasta tal punto que frecuentemente son empleadas para establecer criterios de ordenamiento de éxito entre diferentes países. La sistematización y mantenimiento de las series temporales de este tipo de datos es sin duda un avance y permite la posibilidad, nada despreciable, de comparar diferentes desempeños. No obstante, si no se cuenta con información que permita conocer los procesos de generación de conocimiento, difícilmente se podrá superar la mera comparación estática. En tal sentido, las encuestas de innovación, en particular por su enfoque sobre el proceso de innovación más que en los resultados, resultan un avance importante en la comprensión de una parte del proceso de generación de conocimiento: la innovación empresarial. Este avance no es azaroso y puede apreciarse, en la breve historia de los indicadores de ciencia, tecnología e innovación, cómo la preocupación por comprender los procesos ha cobrado importancia relativa respecto a las medidas de input y output (Godin, 2000; Bianchi, 2005).

Sin embargo, este tipo de medidas difícilmente pueden explicar por qué se logran determinados objetivos en determinados ámbitos u organizaciones y por qué no en otros. La pregunta sobre por qué se producen determinados comportamientos está asociada a la preocupación académica –de base científica– de entender qué es lo

que determina determinado suceso. Esta es quizá la principal pregunta que se hacen los actores del ámbito académico sobre las encuestas de innovación.

La pregunta que inicia este trabajo, y que fue tomada del Manual de Bogotá (“¿para qué medir las actividades de innovación?”) está directamente relacionada con la motivación de entender por qué se producen procesos de innovación, cómo es que ello es posible y cómo se puede actuar para que ello redunde beneficiosamente en una comunidad (política pública).

A partir de la difusión de las encuestas de innovación latinoamericanas, y en particular a partir del impulso que significó el Manual de Bogotá como instrumento para la discusión y comparación de los procedimientos y resultados, se ha producido un importante acervo sobre las actividades de innovación, principalmente en la industria, para diferentes países de la región. Contar con información adecuada sobre el comportamiento innovativo a nivel nacional es sumamente relevante por diversas razones. En primer lugar, por el creciente reconocimiento de que las actividades de innovación tecnológica están estrechamente vinculadas con el desempeño de las economías. En tal sentido, la importancia de contar con información a nivel nacional está asociada al interés de los gobiernos de diseñar políticas públicas para el estímulo de la innovación. Los indicadores sobre innovación permiten responder preguntas tan simples –y tan complejas a la vez- como: ¿cuántas y qué tipo de actividades de innovación se realizan en el país?, ¿dónde y quién las lleva a cabo?

Para avanzar en las preguntas que se requieren desde el ámbito de la política es necesario responder otras como: ¿el tipo de actividades de innovación es la adecuada para la estructura productiva y las posibilidades a largo plazo de la economía nacional específica?, ¿es necesario impulsar otro tipo de actividades de innovación o impulsarlas en otros sectores relevantes para la economía nacional? Este tipo de preguntas –tan simples y tan complejas- son las que habitualmente se hacen desde la política a los indicadores de innovación, con el objetivo de evaluar las políticas implementadas –si tales existen- o de prever el impacto de una acción pública (Grupp y Moge, 2004).

Las encuestas de innovación han sido una contribución sumamente significativa para responder estas preguntas. Tanto las encuestas “por objeto” como las encuestas “por sujeto” –que son a las que se remite este trabajo dada su mayor difusión, en particular en América Latina- reconocen que el proceso de innovación es un fenómeno intangible, no observable directamente, que requiere de diferentes indicadores *proxy* para su comprensión, análisis y eventual recomendación de acciones de política (Grupp y Moge, 2004).

La condición de no directamente observable del proceso de innovación permite comprender algunos de los principales problemas que se encuentran en la lectura de los datos agregados que se publican a partir de las encuestas de innovación. Si se revisan los productos de datos agregados sobre algunos países de América Latina (PINTEC, 2000, 2003; Lugones y Bisang, 2003; DINACYT, 2003; DICyT, 2005), se ve que son en general dos los datos de mayor difusión y relevancia: (i) el número o tasa de empresas innovativas e innovadoras¹ y (ii) el número o tasa de firmas que realizan actividades de I+D.

Estos dos aspectos sí son directamente observables y son directamente respondidos por las empresas y sintetizados en un único indicador simple. No obstante, estos son

1 En este trabajo se toma la distinción entre empresas innovativas e innovadoras, siendo las primeras aquellas que realizaron al menos una actividad de innovación con o sin resultados al momento del relevamiento, e innovadoras aquellas que han obtenido resultados efectivos de la innovación (Lugones y Bisang, 2003; DINACYT, 2003).

indicadores que no ofrecen respuestas sobre el proceso de innovación, sino que abren un sinfín de preguntas. El primer aspecto, la tasa de empresas que realizaron alguna actividad de innovación, se toma como un indicador del grado de desempeño innovativo de un país, industria o sector, mientras que el segundo suele emplearse como un dato que indica el grado de complejidad del tipo de actividades de innovación. No obstante, en casi todos los países en que se releva la actividad de innovación en las empresas –principalmente en la industria- se relevan también de manera más o menos sincronizada las actividades de I+D en el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Esto parece indicar que el dato sobre actividades de I+D está sobredimensionado en los análisis de las encuestas de innovación. Se trata de un dato sumamente importante, en particular, para el análisis sectorial, pero que en definitiva sigue siendo un dato de output que no necesariamente ofrece información sobre el proceso de innovación como tal. Estas observaciones sobre el modo de lectura de los resultados sobre actividades de I+D son aplicables en general a las otras ocho actividades de innovación que reconoce el Manual de Bogotá o de las cuatro restantes que –organizadas de forma diferente en el cuestionario- reconoce el Manual de Oslo.

En las líneas anteriores se anticipan cuáles son las reflexiones teóricas que dan razón al título de este apartado y que aquí se pretenden exponer de manera sumamente sintética. Las encuestas de innovación basadas en los Manuales de Oslo y Bogotá tienen entre sus características comunes dos fundamentales: la definición del abordaje por sujeto, es decir, de acuerdo a las actividades realizadas por la empresa para producir innovaciones; y, por lo mismo, la preocupación por captar el proceso de innovación más que sus resultados.

240

Estas características centrales de ambos manuales parten de la concepción de la innovación como un proceso complejo, dentro del cual existen diferentes grados de novedad de los resultados, los cuales a su vez son consecuencia de diferentes tipos de actividades. También en ambos casos, la creación de guías metodológicas para la medición de los procesos de innovación no pretende sólo la comparación sino que, en primer término, es el resultado de un proceso de comprensión sobre la innovación. Esta comprensión se basa en reconocer los diferentes factores –expresados en variables- que inciden en el comportamiento innovador.

Como todo esfuerzo metodológico por normalizar métodos de colecta, ambos manuales requieren reducir la complejidad y el número de las preguntas que sugieren hacer. Eso es un resultado inevitable, sin duda mejorable, de todo manual. Lo que no resulta inevitable es formular a los datos que surgen de relevamientos inspirados en este tipo de guías, las mismas preguntas que se le hacen a los indicadores clásicos de input y output (gasto en I+D, número de patentes, número de publicaciones, etc.). Este tipo de datos permite preguntarse cómo ocurre el proceso de innovación y la lectura de los datos publicados, aunque los más difundidos se quedan en ilustrar insumos y resultados y no el proceso de innovación.

Ahora bien, ¿es posible ilustrar el proceso de innovación mediante indicadores? Sin duda lo es, existen muchos y muy diversos trabajos que lo hacen. Sin embargo, ¿es esta sólo una preocupación académica? ¿Cómo transmitir el análisis del proceso de información de manera que sea una herramienta útil para los otros actores? No se trata de recurrir a métodos primorosamente algebrizados, excepto que los mismos sean necesarios, sino de ser capaces de formular nuevas preguntas a viejas interrogantes de modo de que las mismas sean transmisibles para diversos actores. En definitiva, se trata de avanzar en la respuesta a la pregunta de para qué medir el proceso de innovación.

En el apartado que sigue se muestran algunos indicadores muy sencillos que surgen

de encuestas de innovación de Argentina, Brasil y Uruguay, a partir de los cuales se proponen una serie de reflexiones sobre el tipo de preguntas de colecta y de análisis que podrían contribuir a mejorar el conocimiento y la difusión sobre el proceso de innovación.

3. Algunas reflexiones en base a ciertos criterios clásicos de análisis

En este apartado se plantean algunas reflexiones en base al enfoque antes presentado, considerando algunos datos disponibles en las publicaciones oficiales sobre el resultado de las encuestas de innovación de Argentina y Brasil y al análisis de microdatos de las encuestas uruguayas de innovación. Esto lleva a un mayor grado de profundidad y precisión en el análisis del caso uruguayo, lo cual desde el punto de vista metodológico no se considera particularmente crítico, ya que se pretende ofrecer un aporte metodológico. Naturalmente, las diferencias de escala entre Uruguay y sus países vecinos sí pueden ocasionar algunas imprecisiones en la comparación de los datos, lo cual es difícilmente evitable a nivel de datos agregados.

El apartado se ordena en base a algunas dimensiones largamente trabajadas en muchos trabajos, con el objetivo de plantearse qué nuevas preguntas se pueden hacer al respecto.

En diferentes trabajos y en las publicaciones oficiales se encuentran sistemáticamente referencias a la relación entre el comportamiento innovativo de las firmas y algunas variables como el número de personal ocupado, la presencia de capital extranjero en la firma y la participación exportadora. Asimismo, se encuentran análisis de variables relativamente menos frecuentes, como ser la antigüedad de la firma, su participación en cadenas de valor internacionales, las fuentes de información y financiamiento para realizar actividades de innovación, etc.

Si tuviéramos la obligación de resumir de manera muy burda los resultados que ofrecen las encuestas de innovación de los tres países considerados, se podría decir o conjeturar que es más probable encontrar firmas de alto dinamismo innovativo entre las firmas grandes. Asimismo, es posible afirmar que la inversión extranjera directa —excepto en casos excepcionales (Lugones y Bisang, 2003)— no es un factor significativo para diferenciar el comportamiento innovador de las firmas. A su vez, las fuentes de financiamiento para las actividades de innovación son mayoritariamente internas a la empresa y las fuentes de información varían con la alta presencia de fuentes internas y de proveedores y clientes.

Ante este, reiteramos, muy burdo resumen de los resultados que ofrecen las encuestas de innovación de estos tres países, la pregunta casi obvia sería: ¿qué novedad ofrecen estos datos? Sin duda esta pregunta surge luego de varios años de contar con encuestas de información en América Latina. Este tipo de relevamientos contribuyeron a conocer estos resultados con precisión, capacidad de mensurarlos y distinguirlos, según sector de actividad, región, etc.

No obstante, aparecen preguntas que no es posible responder mediante los datos agregados, lo cual refuerza la necesidad de acceso a los microdatos por parte de investigadores. La investigación y análisis sistemático de los datos no pasa sólo por las recomendaciones que se puedan formular sobre qué tipo de resultados es conveniente o necesario publicar, sino por participar en la discusión sobre la forma de procesamiento, presentación y difusión. La investigación requiere de la posibilidad de acceder a la información de modo de poder trabajar sobre ella de manera sistemática corrigiendo errores, realizando nuevas preguntas que surjan de los resultados previos, etc. Es preciso, pues, lograr un mecanismo de acceso a los microdatos que per-

mita profundizar en los resultados que se divulgan de manera de lograr nuevos conocimientos sobre ello: que los resultados que se obtengan no sean obvios, mejorar las preguntas que se realizan en la colecta. Sólo mediante el análisis sistemático de los datos es posible mejorar el instrumento de colecta.

Por otra parte, el acceso a los microdatos requeriría de un doble compromiso. El primero es evidente: la no divulgación aislada de los datos individuales. Para ello existen diversos mecanismos de compromisos institucionales relativamente sencillos de implementar, o al menos de diseñar, que requieren esfuerzos de implementación. El segundo tiene directa relación con lo planteado en el primer apartado de este trabajo: las encuestas de innovación se realizan mediante un importante esfuerzo nacional con el objetivo de obtener información para mejorar los mecanismos de estímulo a la innovación, entendiendo que la misma es una actividad de gran importancia para el desempeño de las economías nacionales. En tal sentido, el acceso a los microdatos debe tener también como contrapartida la búsqueda de resultados trasmisibles para los diferentes actores que resulten útiles en la toma de decisiones, específicamente, para la implementación de políticas de ciencia, tecnología e innovación. Justificar el acceso a los microdatos por la sola curiosidad académica supondría probablemente una demanda excesiva considerando el costo que implican este tipo de relevamientos.

Pero el argumento central que refuerza la necesidad de acceso a los microdatos de las encuestas de innovación es la concepción de ésta como proceso. Es necesario captar las singularidades de dicho proceso de manera dinámica: si la información que se divulga no se nutre de nuevas preguntas de análisis, difícilmente podrá servir de apoyo para intervenir en el proceso de innovación.

242

No obstante, este no es sólo un problema de acceso a los datos agregados. Varios trabajos (Lugones y Peirano, 2003; Galende y de la Fuente, 2003; Bianchi, 2007), no sólo en América Latina, que analizan microdatos de encuestas de innovación encuentran paradojas, incongruencias o debilidades en los resultados, las cuales muestran la necesidad de afinar las formas de análisis con nuevas preguntas que permitan reconocer las variables intermediarias intervinientes en las relaciones macro. Incluso en trabajos que desarrollan metodologías estadísticamente más refinadas que los cálculos descriptivos, se encuentran resultados poco robustos al momento de identificar qué factores determinan el comportamiento innovador (Erbes et al., 2004; Culebras de Mesa, 2004; Caloghirou et al., 2004; Galende y de la Fuente, 2003; Bianchi, 2007).

La causa de este tipo de resultados no parece estar asociada a la bondad estadística de los modelos sino a la naturaleza del objeto de estudio y de la calidad de los datos disponibles. En tal sentido, Galende y de la Fuente (2003: 720) afirman: "Es fácil ver que el curso tradicional de la discusión académica y de la contrastación empírica aborda el impacto directo de los factores internos sobre el resultado innovativo de una firma. Este es el objetivo de la mayor parte de los estudios y es la causa de que frecuentemente la evidencia empírica sea contradictoria. Los estudios que muestran un impacto positivo del factor coexisten con otros que parecen indicar una influencia negativa. Es razonable pensar en la existencia de variables intermedias, que pueden ser determinadas por las características del proceso innovativo (...) Esto ha sido realizado sólo en muy pocos estudios dada la naturaleza cualitativa de los datos estadísticos".

Sabido es que estamos frente a un objeto complejo en el que intervienen diversos factores que probablemente sería imposible controlar de manera exhaustiva, aun con el mejor análisis de la mejor encuesta que se pueda realizar. No obstante, la experiencia acumulada permite reconocer algunos aspectos recurrentes que pueden contribuir a mejorar los resultados obtenidos.

Si se toma como ejemplo el tipo de actividades de innovación que las firmas declaran realizar en los tres países considerados, se halla que la principal de ellas es la adquisición de conocimiento incorporado en maquinaria y equipos. ¿Es esto un indicador de un proceso de innovación o de modernización? Probablemente todo proceso de innovación implique un proceso de modernización y, probablemente, el segundo sea facilitador del primero; pero ¿se puede profundizar en la distinción entre uno y otro a partir de los datos con que ya contamos?

Cuadro 1. Porcentaje de firmas que declaran incorporar maquinaria y equipos para actividades de innovación

	% total de la muestra	% empresas innovativas
Argentina	43,5	55,5
Brasil	26,9	80,2
Uruguay	20,5	58,0

Fuente: Lugones y Bisang, 2003; PINTEC, 2003; Bianchi, 2007.

A excepción de los resultados de la encuesta argentina de innovación,² si se consideran los datos del cuadro 1 en comparación con los del cuadro 2 es posible apreciar que las actividades de I+D son notoriamente menos frecuentes que la incorporación de conocimiento en bienes de capital. Este es un resultado que no debería sorprender: es esperable que existan más empresas que invierten en la compra de maquinaria que en I+D interna. Estos son resultados que también se observan en los países europeos. Probablemente no sea a través de la comparación de estos datos que se pueda comprender hasta qué punto es posible distinguir un proceso de modernización de un proceso de innovación.

243

Cuadro 2. Porcentaje de firmas que declaran incorporar maquinaria y equipos para actividades de innovación

	% total de la muestra	% empresas innovativas
Argentina	6,9	20,7
Brasil	41,5	53,0
Uruguay	11,2	38,0

Fuente: Lugones y Bisang, 2003; PINTEC, 2003; Bianchi, 2007.

Esta pregunta puede buscarse en otros indicadores que proveen las encuestas de innovación. Un ejemplo largamente trabajado para la industria uruguaya (Bianchi, 2007) parte del concepto de capacidades de absorción de las firmas (Cohen y Levinthal, 1990). Este es un concepto complejo que se refiere a las capacidades de las empresas para tomar contacto con nuevos conocimientos, absorberlos y aplicarlos con fines propios y requiere de diversos indicadores para su análisis.

2 Quienes más y mejor han estudiado esta encuesta señalan que el resultado que aparece en el cuadro 2 es paradójico con respecto a los antecedentes y al acervo de conocimiento sobre la industria argentina.

Consideremos aquí sólo dos indicadores posibles: la formación del personal de la empresa y la forma de organización del trabajo en la misma. Ambos refieren precisamente a la capacidad de la firma de tomar contacto con el conocimiento, entenderlo y generar los mecanismos para aplicarlo. Si se toman en cuenta sólo estos dos indicadores se puede cumplir con el modesto objetivo de profundizar en las posibilidades que brindan las encuestas de innovación latinoamericanas para el análisis del proceso de innovación.

En el primer caso, las encuestas de los tres países considerados preguntan por la formación del personal. No obstante, en las publicaciones de datos agregados para Argentina y Brasil, los datos que aparecen tienden a “invertir el sujeto de análisis”, se presenta el número o porcentaje de personal según nivel de formación para el total de la industria o sector. Sin embargo, no se presenta el número de empresas (sujeto por el cual se define la encuesta) que cuentan con determinado número o proporción de personal con alta calificación. Este es un aspecto relativamente menor ya que se relaciona con la publicación de los datos agregados, pero refleja la ausencia de la pregunta sobre cuántas empresas cuentan con personal altamente calificado, es decir, con lo que podría tomarse como el valor mínimo de uno de los indicadores de capacidades de absorción.

En contextos de baja intensidad relativa, como es el caso de la industria latinoamericana, la presencia de profesionales de formación científica y técnica en las empresas es un dato fundamental para aproximarse a las capacidades de absorción de las firmas. Este indicador es sumamente simple. Se podría considerar la tasa de profesionales científico-técnicos en relación al total de empleados de la empresa, pero en ese caso se estaría suponiendo que existe una relación o impacto lineal de cada profesional respecto al número de empleados. De esa manera, seguramente se estaría subestimando el indicador para las empresas grandes. Se podría considerar el número, pero se produciría un sesgo inverso. Dependiendo del sector de actividad, probablemente sea más recomendable utilizar uno u otro de estos indicadores y, a su vez, el indicador más sencillo propuesto en primera instancia. No obstante, conocer el número de empresas que cuentan con profesionales científico-técnicos permite conocer quiénes no cuentan con ello. De tal manera, es posible conocer para este indicador el nivel mínimo y saber cuántas empresas se ubican por debajo de esa medida. Si bien este es sin duda un indicador imperfecto, resulta imprescindible para acercarse a las competencias internas. La calificación formal del personal es un indicador *proxy* de los conocimientos que detentan los integrantes de la firma. Desde luego, este es un indicador que no abarca los conocimientos que poseen los integrantes de las firmas que no provienen de su educación formal. La elección de este indicador no desconoce este tipo de conocimiento, simplemente las dificultades de medición que presenta lo hacen inasequible.

Por otra parte, existe también un argumento sustantivo que valida el uso de este indicador. Más allá de la importancia de los conocimientos adquiridos en el hacer, los procesos de producción alcanzan en ocasiones niveles de complejidad que requieren conocimientos formales de base científico-técnica. En tal sentido, posiblemente este indicador no abarque de manera exhaustiva los atributos de conocimiento que poseen los integrantes de las firmas, pero sí da cuenta de un atributo imprescindible para el análisis de las competencias internas de las firmas para desarrollar procesos de innovación.

A su vez, el empleo de este indicador nos permite realizar otro tipo de análisis sobre el tipo de datos disponibles, como veremos más adelante para el caso de la industria uruguaya.

Consideremos, previamente, el segundo indicador de capacidades de absorción que

fuera mencionado. Este es un indicador notoriamente excluido de las encuestas de innovación y de las metodologías elaboradas para ello. Luego de una larga revisión de formularios y publicaciones de resultados de encuestas de Europa y de América Latina, sólo encontramos dos encuestas que hacen referencia a este tópico: la encuesta argentina y la danesa del Proyecto Disko. La segunda, desde luego, está más allá de las consideraciones de este trabajo, aunque es una excelente referencia para la discusión de las encuestas de innovación (Lund y Gjerding, 1996; Lundvall y Lindgaard, 1999). El análisis de la encuesta argentina coordinado por Lugones y Bisang muestra, por su parte, las utilidades de contar con este tipo de indicadores (Lugones y Bisang, 2003). La forma de organización del trabajo permite analizar las oportunidades que existen en la empresa de incorporar y aplicar con fines propios el nuevo conocimiento. Sin duda, incorporar este tipo de indicadores al resto de las encuestas de innovación –quizás también en un intento de hacerlo de manera normalizada- sería un aporte de relevancia para comprender el propio proceso de innovación.

Volviendo al primer indicador, es posible analizar, para la industria uruguaya, qué aporta para comprender las diferencias entre un proceso de modernización y uno de innovación.

Como es posible observar en el cuadro 3, son muy escasas las firmas industriales que cuentan con profesionales en I+D. Esta es una debilidad identificada desde hace largo tiempo en la industria manufacturera uruguaya, que abre un signo de interrogación sobre la fortaleza de las competencias internas de las firmas para desarrollar procesos de innovación relativamente complejos, a la vez que también deja interrogantes sobre las posibilidades de absorción de conocimiento de las mismas.

Cuadro 3. La dotación de personal altamente calificado en relación a la inversión en I+D y equipos

Año	% empresas con profesionales en I+D	% de empresas que declaran hacer I+D)	% de empresas que declaran invertir en bienes de capital
1985	9,30	63,50	63,83
1990	2,00	4,80	43,16
1994	5,40	8,40	43,05
1996	9,30	36,70	40,70
2000	7,40	12,63	21,98
2003	5,70	11,16	20,73

Fuente: CIESU, 1985; DECON 1990,1994 y 1996; DINACYT 2000 y 2003.

Por otra parte, en el mismo cuadro puede leerse que, aunque también muy bajo en términos absolutos, el porcentaje de empresas que declaran hacer algún tipo de I+D es significativamente más alto que el de las que declaran contar con profesionales abocados a la materia.

La lectura completa del cuadro 3 muestra la fuerte desproporción entre el número de empresas que declaran realizar actividades para innovar -en el amplio espectro desde la I+D a la compra de maquinarias- y el que declara contar con personal altamente calificado para ello. Esto es lo que se ha denominado como un proceso de moderni-

zación incongruente de la industria uruguaya (Rama y Silveira, 1991; Sutz, 2006; Bianchi, 2007).

Estos datos, sumamente sencillos, abren interrogantes sobre la forma de recolección de la información. La interrogante más clara es ¿qué tipo de actividades de I+D pueden realizar las firmas sin personal altamente calificado dedicado a ello? Ante eso surgen algunas hipótesis: (i) puede tratarse de actividades que se hacen de manera coordinada con organizaciones o consultores externos a las firmas, (ii) puede tratarse de actividades de baja complejidad que se califican como I+D o, (iii) puede tratarse de un problema metodológico específico de confiabilidad de los formularios que muestra que no todos los entrevistados entienden lo mismo ante una misma pregunta.³

La primera hipótesis o conjetura es fácilmente desechable a la luz de la evidencia empírica disponible referente a las vinculaciones de las empresas con otras organizaciones para realizar actividades de I+D. La segunda hipótesis es imposible de responder ya que no se cuenta con la descripción del tipo de actividad. La tercera hipótesis, por su parte, parece estar parcialmente comprobada *ex ante* por los resultados expuestos: la variabilidad de los datos que muestra la segunda columna del cuadro 3 obliga a cuestionar su confiabilidad.

El problema de la confiabilidad de los datos y de que realmente todos los entrevistados comprendan lo mismo ante la misma pregunta es una carencia de prácticamente todas las encuestas de innovación. La preocupación por realizar encuestas normalizadas fácilmente procesables, algunas de las cuales podrían ser preguntas abiertas en cuestionarios semi-estructurados, ha inhibido la existencia de control.

246

Respecto a la interrogante planteada acerca de qué tipo de I+D hacen las empresas que no cuentan con profesionales y declaran hacer tal actividad, un recurso posible es introducir o bien una pregunta abierta solicitando la descripción de la actividad o bien incluir otras preguntas cerradas que permitan reconocer otras capacidades de la empresa para hacer I+D, como la existencia de laboratorios o talleres especializados.

Si revisamos la amplia bibliografía que existe sobre la industria uruguaya en particular y sobre la latinoamericana en general es razonable conjeturar que buena parte de las que se declaran como actividades de I+D son actividades de menor complejidad relativa desde el punto de vista tecnológico, que se realizan de manera informal por profesionales dedicados a otras actividades. No obstante, este es un ejemplo muy simple que permite apreciar que, hasta el momento que se incorporen nuevas preguntas, no es posible —a nivel agregado con representatividad estadística— arribar más que a conjeturas. A su vez, al no contar con la información precisa sobre este tipo de problemas no es posible profundizar sobre las características del proceso de innovación.

4. Consideraciones finales

Como se anticipó, lo expuesto aquí es un avance de un trabajo de investigación que recién comienza. El mismo está orientado a la búsqueda de nuevas preguntas que se puedan formular a los datos de las encuestas de innovación y cómo a partir de ello

3 Sin embargo, este resultado, que resulta paradójico, también se encuentra en otros estudios; por ejemplo, en un relevamiento específico hecho para siete países europeos se encuentra que: “El personal con grado académico es, en promedio, casi el 27%, aunque el 15% de nuestra muestra informa no tener empleados con grado académico, lo cual es algo sorprendente dado que afirman haber presentado alguna actividad innovativa” (Caloghirou et al., 2004: 35).

sería posible mejorar los métodos de colecta con el objetivo final de lograr mejorar la aproximación metodológica al proceso de innovación, de manera que sea posible también una mejora en la comprensión del mismo por parte de diferentes actores.

Los datos que se presentaron, por cierto muy sencillos, no son más que un ejemplo de cómo, mediante el acceso al análisis sistemático de los microdatos de las encuestas de innovación, es posible formularse nuevas preguntas para ya viejas interrogantes y de esa manera proponer aportes muy sencillos para la mejora de los indicadores disponibles.

Bibliografía

- ARUNDEL, A. (2006): "Innovations surveys indicators: any progress since 1996? Or how to address the 'Oslo' paradox: we see innovation surveys everywhere but when is the impact on innovation policy?" UNU-MERIT, Maastricht.
- ARUNDEL, A. (2007): *Interpreting innovation surveys: Or using surveys to change your world for the better*, Lisboa, Globelics Academy.
- BIANCHI, C. (2007): *Capacidades de Innovación en la Industria Manufacturera Uruguay 1985-2003*, tesis de maestría, PHES-FCS-UDELAR.
- BIANCHI, C. (2005): "Indicadores en Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay: historia, descripción y evaluación de un proto-sistema", en: *Estadísticas Sociodemográficas en Uruguay. Diagnóstico y Propuestas*, FCS UNFPA, disponible en www.fcs.edu.uy/investigacion/cat_estadisticas_sociodemo/estad_sociodemo.htm.
- CALOGHIROU, Y., KASTELLI, I. y TSAKANIKAS, A. (2004): "Internal capabilities and external knowledge sources: complements or substitutes for innovative performance?", *Technovation* 24, pp. 29-39.
- COHEN, W. y LEVINTHAL, D. (1990): "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly* 35, pp. 128-158.
- CULEBRAS DE MESA, Á. (2004): "Eficiencia de la política tecnológica española. Un estudio a través de indicadores", ponencia presentada en el VI Taller Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, RICYT, Buenos Aires, 15-17 de septiembre.
- DINACYT (Dirección Nacional de Ciencia y Tecnología) (2003): *El proceso de innovación en la industria uruguaya*, Montevideo, Ministerio de Educación y Cultura.
- DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (2006): *La innovación en la industria uruguaya (2001-2003). II Encuesta de Actividades de Innovación en la Industria*, Montevideo, Ministerio de Educación y Cultura, DICYT, INE.
- ERBES, A., MOTTA, J., ROITTER, S. y YOGUEL, G. (2004): "La construcción de competencias tecnológicas en la fase de crisis del Plan de Convertibilidad", Buenos Aires, UNGS.
- GALENDE, J. y DE LA FUENTE, J. M. (2003): "Internal factors determining a firm's innovative behaviour", *Research Policy* 32, pp. 715-736.
- GODIN, B. (2000): "Outline for a History of Science Measurement", *Project on the History and Sociology of S&T Statistics*, paper N° 1, Montreal. Canadian Science and Innovation Indicators Consortium.
- GRUPP, H. y MOGEE, M. E. (2004): "Indicators for national science and technology policy: how robust are composite indicators?", *Research Policy* 33.
- IBGE (2003): *Pesquisa Industrial de Inovacao Tecnologica (PINTEC)*, Río de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE (2006): *Pesquisa Industrial de Inovacao Tecnologica (PINTEC)*, Río de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- JARAMILLO, H., LUGONES, G. y SALAZAR, M. (2001): *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina. Manual de Bogotá*, RICYT, CYTED, OEA.

- LUGONES, G. y PEIRANO, F. (2003): "The innovation Surveys in Latin America: Results and methodological novelties", *First Globelics Conference*, Rio de Janeiro.
- LUGONES, G. y BISANG, R. (coord.) (2003): "Segunda Encuesta Nacional de Innovación y Conducta Tecnológica de las Empresas Argentinas 1998/2001", Buenos Aires, Informe final para SECYT.
- LUND, R. y GJERDING, A. N. (1996): "The flexible company Innovation, work organisation and human resource management", DRUID Working Paper N° 96-17, Aalborg.
- LUNDVALL, B-Å. y LINDGAARD, J. (1999): "Extending and Deepening the Analysis of Innovation Systems - with Empirical Illustrations from the DISCO-project", DRUID Working Paper N° 99-12.
- OCDE (1996): *La medición de las actividades científicas y técnicas. Principios básicos propuestos para la recogida e interpretación de datos sobre innovación tecnológica. Manual de Oslo*, París, OCDE.

Technological innovation and exports of Brazilian and Argentinean firms

JOÃO ALBERTO DE NEGRI AND BRUNO CÉSAR ARAÚJO*

1. Introduction

In recent years, Brazil and Argentina have both experienced notable increases in exports, though within distinctly different contexts. Whereas Argentina began to register balance-of-payments surpluses on current account after the 2001 crisis (Kosakoff and Ramos, 2007), Brazil has been recording surpluses since 2003, and exports grew 149,5% between 2000-2006.

Economic theory supports that developed countries traditionally concentrate their exports in higher tech, higher value-added goods, while developing nations center their exports on labor-intensive, natural-resource-based commodities. However, in Brazil, despite the huge growth of exports, the composition of export list remained unchanged from that of the 90's. It means that the growth of exports of manufactured goods kept pace with that of the commodities, and one can say basically the same about the technology intensity composition of the export list. This fact suggests that, though developing countries, innovation must play some role in the explaining South American manufacturing exports.

Recent economic literature has shown that innovation and exports are endogenous. Theoretically speaking, the direction of causality from innovation to exports is supported by product differentiation, monopolistic competition and product-cycles models. On the other hand, there is a growing body of literature concerned about the possibility of ex-post export gains, that is, efficiency gains derived from learning effects associated to exports. The reasons for these learning effects are the possibilities of better access to state-of-art machinery and raw materials, quality and technological improvements – associated not only with a more competitive environment but also with cooperation with foreign dealers or clients -, and, of course, scale effects over efficiency (Aw and Hwang, 1995; Clerides, Lauch and Tybout, 1998).

Hence, does technological innovation lead to exports in Brazil and Argentina? Since exports and innovation seem to be mutually endogenous, is there room for fomenting innovation through bilateral trade? These are the two guiding questions of our article. On the basis of firm-level data for Brazil and Argentina, export functions are estimated for the two countries using econometric methods. Causality problems are solved through simultaneous equations. In order to answer the second question, we show the main results from an algorithm developed by Araújo (2007) in order to seek for potential exporters. It is shown that technological innovation is an important determinant of exports in both countries. However, potential export firms in each country are concentrated in segments in which the industry of the neighboring country is most competitive at the international level, which poses a major challenge for policy makers committed with export promotion and reinforces the role of product differentiation as a foreign trade competitive strategy.

249

* Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brazil (e-mail: denegri@ipea.gov.br).

The remainder of the article is as follows. In the next section, we comment very briefly ISI and innovation in both countries in recent history. In section 3, we present the data, the econometric strategy and the results from the export equations in Brazil and Argentina. In section 4, potential exporters and bilateral trade is discussed. Finally, we leave the final comments for the 5th and last section of this paper.

2. The big picture: where do Brazil and Argentina stand?

Brazil and Argentina have similar industrial histories. During the post-war period, both countries invested in the industrialization process via import substitution (ISI), which came to an end after the second oil shock; both faced severe macroeconomic restrictions in the 1980s and; both stabilized and opened their economies during the 1990s. Nevertheless, subtle yet important differences arose in response to the opening of the respective economies.

According to Kosacoff and Ramos (2007), the protection offered to Argentine industry during the ISI process led to an idiosyncratic accumulation of technological knowledge that diverged from the international technical frontier. Therefore, the end result of the Argentine ISI process was an industrial park somewhat distant from the levels of technology, productivity and scale of world industry. In addition, entrepreneurs faced difficulties when adapting their administrative models (and their mentality models) to the new reality, one far different from the protectionism of the seventies and the “stagflation” of the eighties.

Without a doubt, during the stabilization process and the trade openness, subsidiaries of transnational enterprises were in an advantageous position for facing the growing competition since they had privileged access to technology and to the international credit market. In fact, many Argentine groups eventually sold their interests to foreign firms, such that the participation of transnational in the economy rose in the 1990s. Other Argentine firms chose to circumvent domestic credit restrictions by seeking loans abroad. These latter were the most affected by the volatility of capital flows, as well as by the termination of the convertibility regime in late 2001.

After 2001, the level of income per capita showed a frank recovery, returning in 2005 to the 1998 pre-crisis level. Industrial GDP per capita has also been on the path to recovery after reaching its lowest 40-year level in 2002. However, what most calls attention is the change in the macroeconomic context: end of the convertibility regime, improvements in the fiscal framework and, in the external sector, trade and current-account surpluses.

Benefited by a flexible exchange rate, improved terms of trade and world growth, Argentine exports have been increasing vigorously and guaranteeing a positive balance of trade. Argentine exports are concentrated, except for the automotive industry, in natural resource sectors and the transnational firms are responsible for a large share.

It should be noted, however, that despite exchange-rate depreciation, imports also rose significantly over the period. Indeed, imports in the first five months of 2005 were equal to total imports in 1997 and at a similar GDP level (Kosacoff and Ramos, 2007). Most striking is the importation of final goods by firms. Among the possible explanations, Kosacoff and Ramos (2007) argue that the rise in the import coefficient of firms reveals exercise of the “wait option”; in other words, since the Argentine economy is one of the most volatile in the world, and because firms still consider the future uncertain and have restricted access to credit, given the growing demand, they prefer to import rather than make the risky, and to an extent irreversible, decision to invest.

In sum, at the time the economy started to open, Argentine industry was verticalized,

and though firms were producing a well-diversified mix of products (which is typical of protected industries), they lacked scale. Thus, the response of Argentine industry to growing international competition was a higher degree of specialization, notably in the more traditional, natural resource-based tradable goods sectors. Simultaneously, a rapid integration process was set in motion to attain scale and deverticalize the manufacturing sector, plus encourage organizational and technological innovations aimed at guiding the sector to the international frontier, mainly through the acquisition of capital goods and purchase of technology. During this process of structural transformation and industrial reorientation, the transnational firms played a fundamental role because they did not suffer the same credit restrictions and enjoyed privileged access to technology.

In Brazil, the trade openness induced a restructuring of the industry similar to that witnessed in Argentina, the difference being that the sectoral profile did not change (Castro and Ávila, 2004). Nor did the opening of the economy generate the specialization predicted by traditional comparative advantage models. While it is true that certain sectors lost significantly in the first instance, it is also true that others gained formerly unseen comparative dynamic advantages. Consider, for example, the case of the metal/mechanical complex, most notably the aircraft and automotive segments.

Although the sectoral profile was not altered, in many firms and productive chains, the opening of the economy forced changes in control and denationalization. To adapt to the new competitive environment, the Brazilian firms had to make adjustments, but in most of the firms, these adjustments were incomplete and unbalanced insofar as they privileged technical/operational efficiency, deverticalization and outsourcing (but without modification in the productive chains), changes in product management and organization and, lastly, the introduction of process innovations via the importation of equipment and inputs (Castro and Ávila, 2004). However, the majority of firms failed to invest in competitive strategy measures such as product differentiation, research and development and the generation of value through the creation of brands.

Even so, there is an elite set of Brazilian industrial firms that competes via innovation, product differentiation and brands. These firms have strong external presence and earn premium prices for their products. According to Salerno, De Negri and Castro (2005), approximately 1,200 firms that chose to adopt this strategy retain a fourth of total industrial earnings despite representing no more than 2% of the total number of enterprises.

There are two significant points that characterized the industrial GDP in the beginning of the 1990s. First was the reduced average growth rate, especially when compared to the 1970 numbers as shown in table 1. But more importantly is the fact that the average was actually a result of intense fluctuation. Volatility was less in the 1990s than in the 1980s, although the industrial activity growth continued to be stable.

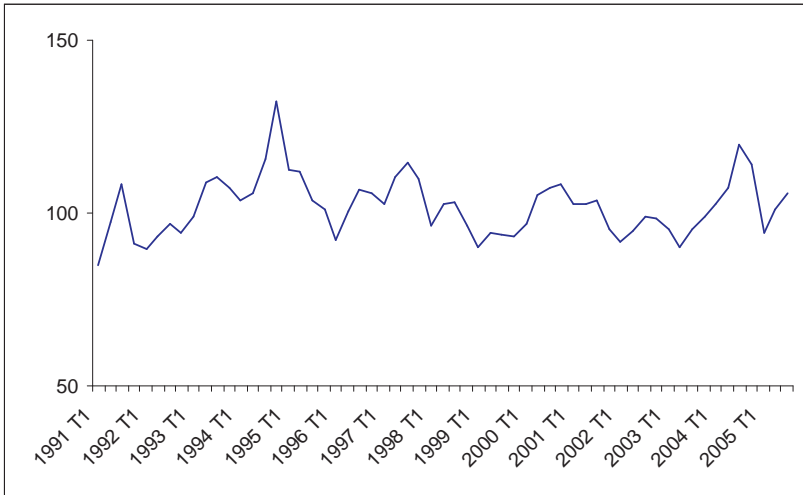
Table 1. Average growth rate of industrial GDP and of investment proportional to GDP

	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2004
Growth of industrial GDP	9,38%	0,45%	2,12%	2,16%
Investment / GDP	21,87%	21,92%	19,41%	19,02%

Source: Ipea-Data

This behavior partly reflects the variation in the level of investments. Graph 1 shows the gross fixed capital formation as it relates to the previous year. It is evident that there is a series of fluctuations analogous to industrial production. Even more evident are the so-called small investment cycles that peaked in the fourth trimester of 1994, third of 1997, fourth of 2000, and third of 2004 respectively. Bielschowsky (1999) states that these small cycles reflect the fact that these investments did not foresee the growth of productive capacity, but anticipated instead the technological modernization of the industrial base.

Graph 1. Net accrual of fixed capital (mobile base previous year average = 100)



252

Source: Ipea-Data

The numbers that refer to labor productivity and employment growth show that the industrial production growth in the 1990s was due more to productivity growth than to industrial base expansion proper. Table 2 shows the average annual growth rate of labor productivity for each of transformation industry sector in each of the last 3 decades. It is clear that productivity growth throughout the 1990s was superior to the two previous decades in all sectors, with the exception of leather and furs, chemistry, plastic products, and tobacco. The two main sectoral highlights in manufacturing were materials for transportation and the textile industry, with annual averages of 9.10% and 9.04% respectively.

Table 2. Labor productivity and employment growth in the manufacturing industry

	1972-1980	1981-1990	1991-2000
Employment growth (yearly growth rate)	4.07%	-1.44%	-5.13%
Productivity growth (yearly growth rate)	4.43%	1.44%	7.75%

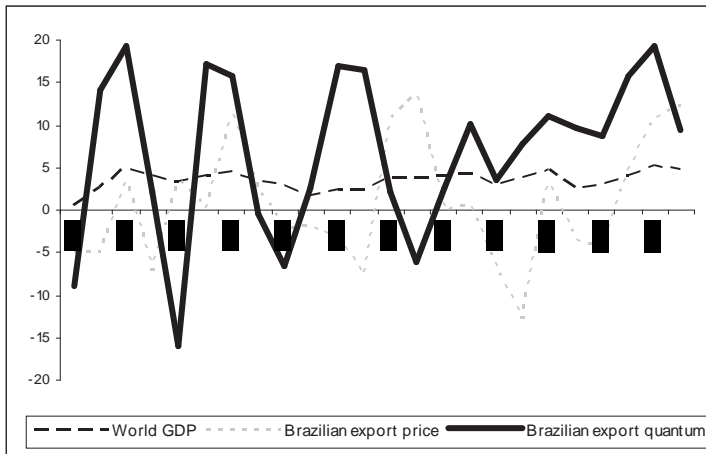
Source: Created by the authors based on Ipea-data

A decline in employment rates followed the increase in productivity. There are significant drops in all the industrial transformation sectors that are even more significant than those observed throughout the 1980s. It is worth noting that the two sectors that present the greatest drops in employment are characterized by intensive labor use, namely the textile and clothing, shoes, and cloth goods industries.

The changes that occurred throughout the 1990s were reflected in Brazilian foreign trade. Its modernization was under strong pressure by threats of import competition, forcing the manufacturing industry as a whole to present significant productivity gains in order to survive in the new competitive arrangement. The sectors that were successful at such a task achieved growth in their foreign markets as a consequence of productivity gains.

A structural characteristic of Brazilian foreign trade is found in the differences between the export and import lists (De Negri, 2005). Historically the Brazilian export list predominantly contained commodities and labor-intensive products. These types of products face uncompromising competition, causing their prices to suffer recurring fluctuations because of world economic activities. This behavior is evident in graph 2 where years of high world GDP growth are normally followed by increases in Brazilian export prices, while the opposite happens in years of more modest world activities.

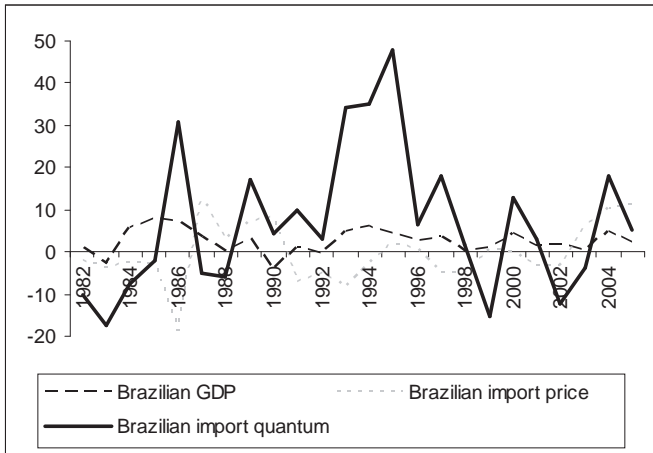
Graph 2. World GDP, price and quantum of Brazilian exports (% per year)



Source: Ipea-Data

On the other hand, products of greater technological content are also in the import list, and their prices are secularly more stable through time. The correlation in this case is that between Brazilian import quantum and its GDP. In graph 3 one sees that the years of greater Brazilian economic activity growth are followed by jumps in this quantum, which in turn presents relative stability in periods when the Brazilian economy cools down.

Graph 3. Brazilian GDP, price and quantum of Brazilian imports (%per year)



Source: Ipea-Data

254

This scenario causes the fluctuations of Brazilian foreign trade to be subject to both domestic cyclical factors that greatly influence imports, as well as to foreign factors that have a more relevant effect on exports. Resende (2000) tests a hypothesis regarding the function of imports in adjusting the balance of payment as a consequence of alterations in the availability of foreign currency, which affect the growth cycles in the Brazilian economy. The author shows that during periods of decreased availability of these currencies the use of barrier and non-barrier tariffs on Brazilian imports increased, as did adjustments of other variables that affected import demand, such as the real exchange rate and income.

The specialization of Brazilian exports in standardized products – despite bringing large increases in productivity – leaves little room for more stable long-term growth and reinforces the need for investments that would generate technological innovation. Innovation opens the door for companies to acquire the market power necessary for competitive integration in markets of higher technological content, which enables a greater return on the capital invested and greater protection against recurring price fluctuations.

The significant increase in Brazilian exports in the 2000 was, therefore, accompanied by increased capability of Brazilian firms to enter more technological markets. De Negri (2005) corroborates the idea that productivity gains seen throughout the 1990s contributed to the increase in efficiency of these firms, with clear consequences for their international competitiveness.

Once a significant portion of the Brazilian industry became more globalized, the results of the trade opening became clearer in terms of employment. The drop in employment in the manufacturing industry immediately after the opening of the economy was contrasted by a dynamic and more globalized productive structure that acts as an important source of employment growth.

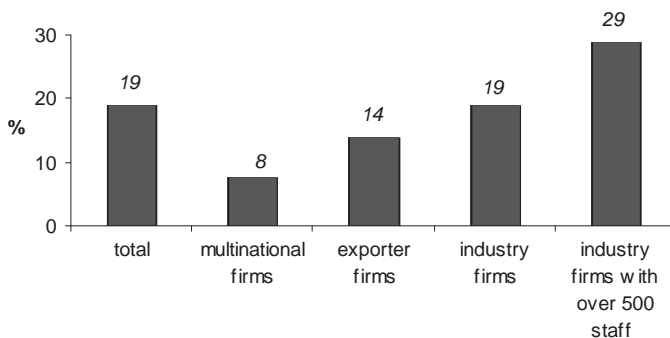
The integration of Brazilian firms in the international market brought new sources of enthusiasm and greater productivity. Araújo (2006) demonstrated that firms that begin as exporters and remain exporting see their sales increase by 53.1% in the first year, and by 61.4% in the second year, compared to firms that do not export. Likewise,

employment increases 21.3% in the first year and 20.3% in the second year. The fact that the companies' revenue is increasing more than their employment level allows them, on one hand, to have significant productivity gains, and, on the other hand, to hire more workers.

These numbers indicate that a larger contingent of exporting firms, and their necessary maintenance in the competitive international environment, is in fact an effective means for generating employment in the country. Therefore, according to Araújo (2006), companies that continuously export were responsible for generating approximately 400,000 new job posts between 2000 and 2004. De Negri et al. (2006) show that a significant portion of hiring and dismissals of employees was consequent to the births and deaths of companies, especially due to the great number of firms that open or close each year in Brazil. In this sense, it could be said that new firms generated a significant portion of the employment growth. By only analyzing firms that maintained themselves in the Brazilian market in the period between 1997 and 2003, Homsy and Costa (2006) confirm that exporting firms generated more employment in that period than similar ones that did not export.

Graph 4 also shows that large Brazilian firms with more than 500 employees, which are more innovative, and that are more technologically advanced generated much more jobs than the country's average. There was a 29% increase in employment in these firms, which means that almost 500 thousands new job posts were created. These results suggest that, despite cutting down on labor, technology is truly capable of creating new growth opportunities for companies, including being able to compensate an eventual initial negative effect on employment levels.

Graph 4. Job growth rate with labor papers signed in Brazilian firms 2000 - 2004



Source: De Negri et al. (2006)

3. Data and econometric strategy

The findings presented in this article are based on data from the National Innovation Survey (PINTEC, 1998-2000) for Brazil and the Second Innovation and Technological Behavior Survey (EICT, 1998-2001) for Argentina.

The PINTEC was designed and conducted by the Brazilian Geographic and Statistical Institute (IBGE). Of the 11,000 firms covered by the sample, 10,328 responded to the questionnaire. When the sample is weighted, the number of firms rises to 72,000. According to IBGE (2004), the general concept and methodology for the PINTEC were

derived from the Oslo Manual (1997). In specific terms, the undertaking was guided by the model proposed by EUROSTAT for the third Community Innovation Survey (CIS3), in which fifteen countries belonging to the European Community participated.

The EICT was formulated by the Argentine National Statistics and Census Institute (INDEC). The sample contained 2,225 firms, of which 1,688 responded to the questionnaire. This sample represents the 11,000 manufacturing firms with more than ten employees. According to the survey, the theoretical reference is also the Oslo Manual. However, with the aim of covering the peculiarities of the process of technological innovation in Latin America, certain aspects of the process are considered from the standpoint of the Bogotá Manual, which provides a specific methodology for innovation research in Latin America.

It should be mentioned that the innovation concept used in the EICT is broader than that employed in the PINTEC, for the EICT also stresses the importance of organizational, administrative and trade innovations¹ aimed at obtaining productivity and competitiveness gains. For the sake of this article, however, including these concepts does not prejudice the comparability of the Brazilian and Argentine surveys because the study focuses on innovation expenditures related to research and development (R&D) investments. As pointed out in the Bogotá Manual, "...as a rule, but even more so with respect to R&D, organizational modernization ...is a prerequisite to technological change" (Jaramillo, Lugones and Salazar, 2001: 58). In other words, R&D investments are intimately tied to technological process and product innovation.

To answer the question as to whether or not technological innovation leads to exports in Brazil and Argentina, the econometric strategy adopted in this article consists in estimating an export equation specified in accordance with the international trade theories:

256

$$X_j = \beta_0 + \beta_1 I_j + \beta_2 E_j + \beta_3 C_j + \beta_4 S_j + \xi \quad (1)$$

where X is the export coefficient, I is R&D expenditure as a share of revenue and E is the production scale of the firm as measured by number of employees. C is a dummy variable for foreign firms and S are dummies for the manufacturing sectors. The index j stands for the firm. Foreign firms are defined as those having 50% or more foreign capital. The sectoral controls are set in accordance with the two-digit National Classification of Economic Activities (CNAE) for Brazil and the Uniform International Industrial Classification (CUIC) for Argentina.²

-
- 1 According Methodological Report of the Second Innovation and Technological Behavior Survey (EICT, 1998-2001) for Argentina, "organizational innovation embraces the adoption of new ways of organizing and managing an establishment or locale; changes in the organization and management of the production process; the implantation of a significantly modified organizational structure; and the adoption of new or significantly modified strategic guidelines. Trade innovation involves the introduction of means for commercializing new products; new methods for delivering existing products; or changes in packaging and/or wrapping. Having determined if any such innovations have been performed, when in the affirmative, indicate if each of the innovations implemented was new only for the firm (already known on the market); only for the local or domestic market (though not known in the country, the process already used, product sold or organizational/ trade technique in question already employed abroad); or for the world market (a product, process or technique formerly unknown in the sector or manufacturing branch).
 - 2 Since, as Lachmaier and Wöbmann (2004) point out, the "propensity to export and propensity to innovate have strong sector-specific components, the sectoral fixed effects are vital to evade bias from unobserved heterogeneity between sectors".

Equation (1) will be estimated using ordinary least squares (OLS) and Tobit procedures. The estimate based on Tobit models is necessary because, as Wooldridge (2000) contends, OLS estimates are biased in the presence of censored data.

However, even correcting the coefficients of the OLS model using Tobit estimates, the coefficient of the innovation variable may be biased, for there are reasons to believe that the fact that a firm both exports and innovates may result in simultaneity. In this case, the variable that measures innovation, R&D expenditures/revenue, may be correlated with the term ζ in the export equation. Thus, to determine and measure if the fact that a firm innovates implies that it has a propensity to export, it is necessary to estimate equation (1) using instrumental variable methods. To this end, a variable must be found that is simultaneously exogenous to exports and strongly correlated with innovation. For the OLS, two-stage least squares (2SLS) will be employed. For correcting the Tobit model, an estimate will be made using the Amemiyas general least squares (AGLS) procedure.

Lachenmaier and Wöbmann (2004) studied the innovations and exports of German manufacturing firms. As instruments, they chose variables that measure impulses and obstacles to innovation at the firm level. They showed that the push and pull variables were strongly correlated with the propensity of the firm to innovate, even after taking into account the size of the firm and the sector to which it belonged. In the German case, these variables met all the requirements for instrumenting an innovation variable.

To instrument equation (1) for Argentina, lagged variables will be used for innovation activity expenditures. In the EICT, data on such expenditures were gathered for the years 1998-2001 and cover the entire period. Lagged variables are generally good candidates as efficient instruments. For Argentina, therefore, in addition to the innovation push and pull variables, the innovation expenditures of manufacturing firms in 1998 were tested as instruments.

For Brazil, the past innovation expenditures of firms cannot be used to instrument equation (1) because although the PINTEC was conducted in 2000 and covers the period 1998-2000, data on innovation activity expenditures were collected for the final year only. As an alternative, the number of products patented by firms and recorded at the National Institute for Intellectual Property (INPI) in 1996, 1997, 1998 and 1999 will be used, together with the instruments suggested by Lachenmaier and Wöbmann (2004).

To validate the instruments, the Wu-Hausman and Sargan tests will be employed. The Wu-Hausman test will serve to verify the exogeneity of the innovation variable and the Sargan test to verify the orthogonality of the instruments to the random term in the export equation. Lastly, the Shea partial R^2 ³ will be used to verify the relevance of the instruments in explaining the endogenous variable in equation (1).

4. Does innovation cause exports in Brazil and Argentina?

Table 3 shows that there are approximately 10,000 manufacturing firms with more than 10 employees in Argentina and 72,000 such firms in Brazil. While there are also numerically more export firms in Brazil, the export coefficient for the Argentine firms is higher at 23.20% compared to 15.77% for the Brazilian firms. On average, the R&D expenditures of Brazilian firms stand at roughly 0.7% of revenues and those of Argentine firms at 0.2%.

3 According to Shea (1996) the correlation between the instrument and the endogenous variable is among the determinants that assure the good performance of the instrumental variable estimates.

Table 3. Characteristics of Brazilian and Argentine manufacturing firms

Variable	Argentina (2001)	Brazil(2000)
Total number of manufacturing firms	10,000	72,000
Total number of export firms	3,340	7,299
R&D expenditures/Revenue (%)	0.22	0.75
Export coefficient for export firms (%)	23.20	15.77

Sources: PINTEC and EICT.

The results of the estimates for equation (1) are presented in 2 tables. For the sake of simplicity, and since endogeneity is an important feature of our econometric strategy, we will not show the results of the OLS and Tobit estimates without IV correction, but we will mention results for comparison whenever it is the case. Full details on the econometrics are provided by De Negri, De Negri and Freitas (2007). The results derived from 2SLS and AGLS are shown in Table 4. On the basis of these findings, the coefficients for Argentina and Brazil cannot be directly compared, nor can it be confirmed that technological innovation is more important to the exports of one country than to those of the other. Only the hypothesis that innovation leads to exports in the two countries can be verified. In Table 5, however, findings are presented that do provide a basis for comparing the countries. These results were obtained by pooling the databases. This procedure allowed for the introduction of a dummy variable having a value of 1 for firms located in Brazil and of 0 for firms located in Argentina. In addition, crossed dummies were constructed between the country variable and three other variables: R&D expenditures in relation to revenues, production scale as measured by number of employees and nationality of firm.

258

While the estimates using instrumental variables do not generally modify the interpretations already presented, they do serve to correct the estimated betas in the equations for both Brazil and Argentina. In the AGLS model, the parameter estimates for the variable R&D/revenue are higher than those in the Tobit model. This indicates that the Tobit estimates were too low. The results of the model equations (9) and (10) show that, for Brazil, a one-percent increase in the R&D/revenue ratio would raise the export coefficient an average 0.50 percentage points. For Argentina, a one-percent in the ratio would raise the coefficient an average 1.42 percentage points.

Table 4. Export determinants in Brazil (2000) and Argentina (2001). Dependent variable: export coefficient

Country Procedure Equation	Argentina 2SLS		Argentina AGLS	
	1	2	3	4
R&D/Revenue	0.70 (0.49)	-0.24 (0.15)	5.80*** (1.24) [1.42]	3.62*** (0.95) [0.50]
Number of employees	3.61*** (0.15)	2.13*** (0.03)	13.99*** (0.45) [3.44]	18.82*** (0.24) [2.59]
Foreign dummy	3.50*** (0.61)	6.41*** (0.22)	6.94*** (1.46) [1.80]	17.16*** (0.95) [2.74]
Constant	-7.07*** (0.67)	-10.23*** (1.64)	-74.97*** (2.17)	-131.75*** (9.92)
F-statistic/ LR chi2	58.32***	348***	1721***	7557***
R2 / Log likelihood	0.21	0.13	-34628	-193918
Sargan test	0.199	0.191	-	-
Sargan P-value	0.65	0.66	-	-
Hausman Test	7.10	4.85	28.36***	12.97***
Hausman P-value	0.007	0.02	0.001	0.001
Shea partial R2	0.09	0.0092	-	-
R2 F-statistic	521***	325***	-	-
First Stage: Dependent Variable:– R&D Expenditure/ Revenue)				
Number of employees	-0.0005 (0.03)	-0.04*** (0.007)	-0.0005 (0.03)	-0.04*** (0.007)
Foreign dummy	-0.12*** (0.03)	-0.21*** (0.05)	-0.12*** (0.03)	-0.21*** (0.05)
Innovation expenditures (1998)	0.92*** (0.02)		0.92*** (0.02)	
Patents registered (1996- 1999)		0.58*** (0.05)		0.58*** (0.05)
Machinery expenditures (1998)	-0.15*** (0.02)	-	-0.15*** (0.02)	-
Innovation risk	-	-0.69*** (0.08)	-	-0.69*** (0.08)
R2	0.14	0.06	0.14	0.06
Instrument F-test	52.03***	95***	52.03***	95***

Sources: IBGE/PINTEC and INEGI/EICT * Standard deviation in parentheses –Marginal effect in brackets – Level of statistical significance ***1% **5% *10%. Fixed effect control for 2-digit CNAE and CUCI not reported. Cutoff point: export coefficient of firm below 100% and, in the case of Brazil, values over the 99.5 percentile due to their being outliers.

The Sargan test does not reject the null hypothesis, which means that the instruments satisfy the orthogonality hypothesis, as required. In turn, since the Hausman test does reject the null hypothesis, it can be affirmed that, as anticipated, the R&D variable is endogenous. This means that estimates of the R&D investment/export ratio may be biased if the instrumental variables are not previously corrected. Once again, in relation to the quality of the instruments used, the partial R2 shows that the instruments significantly contribute to explaining the endogenous variable. From these tests, it can be concluded that the instruments used to estimate the equation for Argentina are generally superior to those used to obtain the estimates for Brazil.

For the Argentine equation, the best instruments were R&D expenditures of firms in 1998 and machinery expenditures of firms in 1998. For the Brazilian estimates, the most adequate instrumental variables were number of patents obtained by firms in the period 1996-1999 and the variable associated with innovation risk.

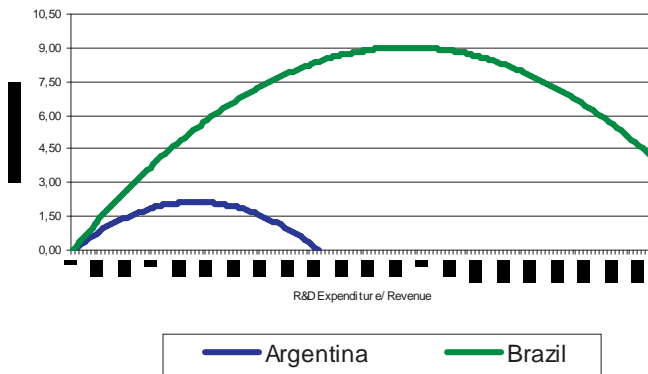
For Brazil, the results of the instrumental variable models suggest that although the instruments meet the requirements, they may be less than ideal for the export equation. An indication of this is the low partial R², which may be signaling that the variables chosen have limited explanatory power in relation to R&D expenditures.

At any rate, the results of all the models employed – OLS, Tobit, 2SLS and AGLS – confirm the hypothesis that technological innovation leads to exports in both Brazil and Argentina. This having been determined, the question that naturally arises is whether or not stronger innovation efforts (R&D/revenue) would have greater impacts on Brazilian and Argentine exports. In an attempt to answer this question, two procedures were followed. In the first, estimates of an OLS model for Brazil and Argentina relating exports to R&D/turnover in a quadratic way were used to create a graph depicting the relations between the export coefficients of firms and the R&D/revenue ratios of the two countries. This graph is displayed in Graph 5.

The graph shows that, for Brazil, the inflection point on the curve linking innovation efforts and exports corresponds to R&D expenditures equal to 8.62% of firm revenues. In other words, on average, if the innovation efforts of Brazilian firms were increased, the increase would have a positive impact on their export coefficients up to 8.62% of their revenues. Beyond this point, the impact on exports would become negative, revealing that, from there on, R&D investments would have decreasing returns with respect to their impact on exports. For Argentina, the inflection point is lower at 3.5% of the R&D expenditure/revenue ratio. The graph therefore indicates that Brazilian exports are more closely tied to R&D investments than are Argentine exports. This suggests that, given the characteristics of the manufacturing frameworks of the two countries, the potential for raising the export coefficients of firms via increased R&D expenditures is greater in Brazil than in Argentina.

260

Graph 5. Export coefficient and R&D expenditure/revenue curve for Brazilian (2000) and Argentine (2001) firms



The second procedure used for answering the question as to whether or not higher R&D expenditures would have greater impacts on export coefficients in Brazil and Argentina was to stack the databases. This having been done, a single equation was

estimated for the two countries using a dummy for Brazil, in addition to crossed dummies between the variable for Brazil and the R&D expenditure/revenue, production scale and firm nationality variables. The results of these estimates are reported in Table 4.

Table 5. Export determinants in Brazil (2000) and Argentina (2001). Tobit model. Dependent variable: export coefficient

	Coefficient	Standard Deviation	Marginal Effect
R&D/Revenue	0.87**	(0.44)	[0.19]
(R&D/Revenue) ²	-0.13***	(0.01)	[-0.02]
Number of employees	14.38***	(0.40)	[3.23]
Foreign dummy	7.43***	(1.34)	[1.67]
Brazil dummy	-44.04***	(1.79)	[-9.91]
Brazil dummy*R&D/Revenue	1.27***	(0.45)	[0.28]
Brazil dummy*Foreign dummy	9.36***	(1.62)	[2.10]
Dummy Brazil*Number of employees	4.57***	(0.44)	[1.02]
Constant	-77.71***	(1.75)	-
Number of observations	81,009		
Number of observations (Brazil)	70,292		
Number of observations (Argentina)	10,717		
Parcial R-2	0.15		
Log Likelihood	-63.909		
LR chi2(8)	21.238***		

Sources: IBGE/PINTEC and INEGI/EICT. Level of statistical significance ***1% 5% *10%. Fixed effect control for 2-digit CNAE and CUCI not reported. Cutoff point: export coefficient of firm below 100% and, in the case of Brazil, values over the 99.5 percentile due to their being outliers.

261

These results indicate that a one-percent increase in R&D expenditures in relation to revenues would have a stronger impact on the exports of Brazilian firms than on those of Argentine firms. The scale variable (number of employees) remains significant and is also more important for Brazil than for Argentina. Likewise, the foreign firms located in Brazil have a stronger propensity to export than those located in Argentina. However, the negative dummy for Brazil suggests a higher export coefficient for Argentine firms than for Brazilian firms, as already verified in the descriptive statistics, possibly due to the larger size of the Brazilian market.

5. Potential exporters, bilateral trade and innovation

As previously mentioned, new exporters can enhance their productivity levels through innovation. That is the other side of the innovation-exports endogeneity. However, one may ask what the best way to encourage new firms to foreign trade is. Intuitively, potential export firms can be defined as firms that do not export but present a level of competitiveness similar to that of firms that do. However, knowing that international competitiveness is owing to various factors, how can all these factors be compared simultaneously? By some means, this set of factors has to be ranked on a scale, such that firms in similar positions on the scale have similar levels of competitiveness.

Therefore, the technique chosen was propensity score matching (PSM). This technique is widely applied in the so-called quasi-natural experiments used to assess social programs (e.g. minimum-wage and labor retraining/repositioning programs).⁴

4 On quasi-natural experiments in the field of economics, see Meyer (1995).

Our research problem is quite different, however, from that originally solved by PSM. The probabilistic model will serve to condense the competitiveness indicators onto a scalar. This having been done, the pairs on the scalar will be matched. Hence, the procedure assumes the following form. Let $\hat{p}(X_j)$ stand for the probability that firm j , a non-export firm, will export. Let us assume that j is a potential exporter if, within close range of $\hat{p}(X_j)$, there is at least one $\hat{p}(X_i)$, with i being an export firm. The idea is that, if the model is well specified, potential export firms and matched exporters will have similar characteristics.⁵

Using PSM to locate potential export firms offers a methodological advantage over other alternatives, for instance, defining potential export firms as those that do not export despite their $\hat{p}(X) > 0.5$. The first advantage is that this cutoff point is necessarily arbitrary: Why 0.5 and not some other value? The second advantage is that PSM allows for identification of hidden export champions (Wagner, 2002) that would likely remain unidentified if a probability cutoff were employed. This can be illustrated in the following manner. Assume that the sole determinant of export probability is firm size, in linear form, and that the relation is positive. Upon setting a probability cutoff point, a size cutoff is implicitly established as well, leading to conclusions of the type “firms under size ? have no export potential,” which contradicts the observation that numerous smaller firms enjoy excellent levels of competitiveness on the international market.

It should be noted that application of the matching algorithm produces, in addition to firms with export potential and matched export firms, two other types of firms: unmatched export firms and unmatched non-export firms. Interestingly, all these groups, and not only the matched export/non-export firms (“cases” and “controls”) have economic significance.

If the model is well specified, the distribution of $\hat{p}(X)$ will be asymmetric to the left for non-exporters and asymmetric to the right for exporters. Thus, unmatched non-export firms, being firms with a low $\hat{p}(X)$ that have not found export firms with similar characteristics, are firms with lower levels of foreign competitiveness and export potential. Analogously, unmatched export firms are firms that tend to present a higher $\hat{p}(X)$ and have not encountered any non-export firms with like characteristics. These firms stand at the highest level of international competitiveness.

We therefore have a fourfold classification scheme by export potential:

- **Level 1:** Non-export firms (unmatched non-exporters)
- **Level 2:** Potential export firms (matched non-exporters)
- **Level 3:** Paired export firms (matched exporters)
- **Level 4:** Outstanding export firms (unmatched exporters)

Sectoral mapping of export potential and bilateral trade: Complementary export lists?

The Brazilian manufacturing sectors that exported over US\$ 900 million in 2000 were food products, beverages and tobacco products (US\$ 8.77 billion); textiles (US\$ 947 million); leather, luggage and footwear (US\$ 2.05 billion); wood and wood products (US\$ 993 million); cellulose, paper and paper products (US\$ 2.35 billion); chemical products (US\$ 5.39 billion); machinery and equipment (US\$ 2.47 billion); electrical machinery and apparatus (US\$ 1.24 billion); radio, television and communication

5 This section is inspired by Araújo (2007), which may be consulted for further methodological details.

equipment and apparatus (US\$ 1.786 billion); motor vehicles, trailers and semi-trailers (US\$ 3.79 billion); and the manufacture of other transport equipment (US\$ 2.67 billion). Some of these sectors are amongst those considered potential-bearing sectors because, in the year 2000, they included a large number potential export firms and were capable of generating more than US\$ 300 million if all these firms were to export (assuming their exports were equal in value to those of the level-3 firms).

Thus, the sectors that most stand out in Brazil as to export potential are food products, beverages and tobacco products (SIC 15 and 16, with 19.27% of the firms that do not export being potential export firms); textiles (SIC 17, with 38.83% being level-2 firms); leather, luggage and footwear (SIC 19, with 50.45% of those do not export being level-2 firms); wood, furniture and miscellaneous manufactures (SIC 20 and 36, with 43% and 36.59%, respectively, being level-2 firms); basic metals (SIC 27, with 41.07% at level 2) and; electrical machinery and apparatus (SIC 31, with 37.63% at level 2). As expected, strong export potential was not identified in sectors that are extremely scale-intensive and/or obey a highly specific international trade dynamic, a dynamic generally dictated by the large transnational manufacturers of transportation equipment and chemical products, for example.

A similar exercise was performed for the Argentine case, the differences being that the cutoff point for sectoral capacity to generate foreign exchange through potential exporters is lower (US\$ 75 million); the data refer to 2001; and certain 2-digit SIC categories had to be aggregated due to confidentiality problems (categories with few firms). Hence, the sectors that stand out with regard to export potential are food, beverages and tobacco products (SIC 15 and 16, with 31.9% of the firms that do not export being potential exporters); textiles (SIC 17, with 19.25% being level-2 firms); leather, leather goods and footwear (SIC 19, with 31.19% at level 2); wood products, cellulose, paper and paper products (SIC 20 and 21, with 22.91% being potential export firms); publishing, printing and reproduction of recorded media (SIC 22, with 28.03% at level 2); and manufacture and assembly of motor vehicles, trailers and semi-trailers plus other transport equipment (SIC 34 and 35, with 34.2% of the non-export firms at level 2). With the exception of textiles, these sectors also figure amongst the largest exporters (value of exports over US\$ 350 million), together with coke, petroleum refining and alcohol production (US\$ 2.6 billion), chemical products (US\$ 1.72 billion), non-metallic mineral products (US\$ 1.18 billion) and basic metals (US\$ 1.26 billion).

When we compared the sectoral profile of export potential in both countries according to the abovementioned export potential classification, the following can be perceived:

- The Brazilian share of Argentine exports is larger than the Argentine share of Brazilian exports.
- With few exceptions, the principal export firms in the two countries are concentrated in the same sectors. Moreover, in the more “commoditized” export sectors, their share in the exports of the neighboring country is smaller.
- Insertion of potential export firms via bilateral trade therefore presents a major challenge since the potential export firms in each country are concentrated in segments in which the industry of the neighboring country is most competitive at the international level.

These statements can be more clearly visualized with the aid of Table 6. In this table, the SIC 2-digit sectors which embrace the largest exporters of one country are seen *vis-à-vis* the potential exporters of the other. In fact, the only Argentine sector to present an export potential that does not figure among the major Brazilian exporters is publishing, printing and reproduction of recorded media (SIC 22). In contrast, three

Brazilian export-potential sectors can use Argentina as a path to broadening their export base: textiles (SIC 17), electrical machinery and apparatus (SIC 31), as well as furniture and miscellaneous manufactures (SIC 36), all sectors that already destined to Argentina more than 15% of their total volume exported in 2000.

Table 6. Largest and Potential Brazilian and Argentine Export Firms (SIC 2-Digit Classification)

<i>Largest Brazilian Exporting Firms</i>	<i>Potential Argentinean Exporting Firms</i>	<i>Largest Argentine Exporting Firms</i>	<i>Potential Brazilian Exporting Firms</i>
<i>SIC 2-Digit Classification</i>			
15 e 16	15 e 16	15 e 16	15 e 16
17	17	-	17
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	-
-	22	22	-
-	-	23	-
24	-	24	-
	-	26	-
27	-	27	27
29	-	-	-
31	-	-	31
32	-	-	-
34	34	34	
35	35	35	
-	-	-	36

-Source: Original elaboration. The sectors in bold are those that have export potential and do not figure amongst the largest exporters in the neighboring country.

The foregoing considerations help understand why the recovery of the Argentine economy led to heated debates within the sphere of Mercosur. Despite the macroeconomic frameworks having been different in Brazil and Argentina during the period under analysis, the differences appear to have had mainly structural, rather than contextual, underpinnings. Therefore, the commercial insertion of potential export firms, as well as that of firms that already export, via bilateral trade will be more pacific if focused on technology, with a view not only to exploiting advantages of cost and scale, but also to differentiating products as a competitive strategy, notably in the relatively standardized industrial segments in which the export lists of the two countries are concentrated.

6. Summary and conclusions

First, this study tested the hypothesis that technological innovation leads to exports among Brazilian and Argentine manufacturing firms. An export function was estimated for the two countries using several econometric methods, thereby allowing for an original comparison of microdata from the national innovation surveys conducted in the two countries. Employing information on the major obstacles to innovation, lagged expenditures on innovation activities and lagged exports by firms as instruments for

R&D expenditures, a vector exogenous to exports was found, thus making it possible to estimate the causal effect of innovation on exports. Since the results of these tests suggest that the OLS and Tobit estimates are biased by the presence of endogeneity, the 2SLS and AGLS estimates are better adjusted.

The findings show that raising R&D expenditures also raises the export coefficients for both Brazil and Argentina. However, the inflection point between exports and the R&D expenditure/revenue ratio is higher for Brazil than for Argentina, indicating that Brazilian exports are more closely linked to R&D than are Argentinean exports. Therefore, given the characteristics of the manufacturing frameworks of the two countries, the possibility of increasing export coefficients by increasing R&D investments is greater for Brazilian than for Argentine firms.

As a means of comparing Brazilian and Argentine exports simultaneously, microdata from the technological innovation surveys were pooled. The results of the crossed dummies employing the country variable and the production scale, firm nationality and R&D expenditure/revenue variables demonstrate that: (i) Argentine firms have higher export coefficients than Brazilian firms; (ii) firm size is more important to exports in Brazil than in Argentina; (iii) in comparison to the foreign firms located in Argentina, those in Brazil are more oriented to the external market and; (iv) the R&D expenditure/revenue ratio has a greater impact on the exports of Brazilian firms than on those of Argentine firms.

Then, we aimed to look at the other side of the innovation-exports relationship, that from exports to innovation. Specially, we were interested in assessing if it would be possible to stimulate new firms in foreign trade through bilateral trade. Following the methodology developed in Araújo (2007), a comparison of the sectoral maps of the export potential of the two countries reveals a low degree of complementarity, for the industrial export firms, as well as the potential export firms, are mainly concentrated in the same sectors. While there are significant differences in the macroeconomic environments, these differences are far more structural than contextual.

Bearing these facts in mind and considering the importance of technological determinants to exports, the export-promotion policies of the Southern Cone should be linked to industrial policies aimed at raising the technological standards of firms. This would allow Brazilian and Argentine firms to compete in market niches open to differentiated products, less subject to price fluctuations, as well as create more space for trade negotiations both within Mercosur and between Mercosur and other markets.

References

- ARAÚJO, B. C. (2006): *Análise empírica dos efeitos ex-post das exportações sobre a produtividade, emprego e renda das empresas brasileiras*, in J. A. De Negri, F. De Negri and D. Coelho (orgs.): *Tecnologia, Exportação e Emprego*, Brasília, IPEA.
- ARAÚJO, B. C. (2007): *The export potential of Brazilian and Argentine industrial firms and bilateral trade*, in De Negri and Turchi (orgs.): *Technological Innovation in Brazilian and Argentine Firms*, Brasília, IPEA.
- AW, B. Y. and HWANG, A. R. (1995): "Productivity and the export market: a firm-level analysis", *Journal of Development Economics*, v. 47, pp. 313-332.
- BIELCHOWSKY, R. (1999): "Investimentos na Indústria Brasileira depois da Abertura e do Real: O Mini-Ciclo de Modernizações, 1995-1997", *Série Reformas Econômicas*, nº 44, Comissão Econômica para a América Latina - CEPAL.

- CASTRO, A. B. and ÁVILA, J. (2004): "Uma Política Industrial e Tecnológica Voltada para o Potencial das Empresas", *Presented at the XVI Fórum Nacional*, Rio de Janeiro.
- CLERIDES, S., LAUCH S. and TYBOUT, J. R. (1998): "Is learning by exporting important? Microdynamic evidence from Colombia, Mexico and Morocco", *The Quarterly Journal of Economics*, v. 113, n. 3, pp. 903-947.
- DE NEGRI, F. (2005): "Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras", in J. A. De Negri and M. S. Salerno (orgs.): *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*, Brasília, IPEA.
- DE NEGRI, F., DE NEGRI, J. A., COELHO, D. and TURCHI, L. (2006): "Tecnologia, Exportação e Emprego", in J. A. De Negri, F. De Negri and D. Coelho (orgs.): *Tecnologia, Exportação e Emprego*, Brasília, IPEA.
- DE NEGRI, J. A., DE NEGRI, F. and FREITAS, F. (2007): "Does technological innovation cause Exports in Brazil and Argentina?", in De Negri and Turchi (orgs.): *Technological Innovation in Brazilian and Argentine Firms*, Brasília, IPEA.
- HOMSY, G. V. and COSTA, M. A. (2006): "Criação e destruição de empregos na indústria brasileira: uma análise", J. A. De Negri, F. De Negri and D. Coelho (orgs.): *Tecnologia, Exportação e Emprego*, Brasília, IPEA.
- JARAMILLO, H., LUGONES, G. and SALAZAR, M. (2001): *Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe: manual de Bogotá*, RICYT / CYTED / OEA.
- KOSACOFF, B. and RAMOS, A. (2007): "Microeconomic Behavior in High Uncertainty Environments: The Case of Argentina", in De Negri and Turchi (orgs.): *Technological Innovation in Brazilian and Argentine Firms*, Brasília, IPEA.
- LACHENMEIER, S. and WÖBMAN, L. (2004): *Does Innovation Cause Exports? Evidence from Exogenous Innovation Impulses and Obstacles Using German Micro Data*. Mimeo.
- MEYER, B. (1995): "Natural and Quasi-Experiments in Economics", *Journal of Business & Economics Statistics*, 13(2), pp. 151-161.
- RESENDE, M. F. (2000): "Crescimento econômico, disponibilidade de divisas e importações totais e por categoria de uso no Brasil: um modelo de correção de erros", *Texto para Discussão*, n. 714, Brasília, IPEA.
- SALERNO, M., DE NEGRI, J. A. and CASTRO, A. B. (2005): "Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras", in M. Salerno and J. A. de Negri (orgs.): *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras*, Brasília, IPEA.
- SHEA, J. (1996): "Instrument relevance in multivariate linear models: A simple measure", NBER, Technical Working Paper Series n° 193.

Uma discussão sobre os aspectos metodológicos e conceituais do Índice Brasil de Inovação (IBI): um indicador agregado para mensurar o grau de inovação das empresas

EDMUNDO INÁCIO JR, ANDRÉ TOSI FURTADO,
RUY QUADROS DE CARVALHO, EDILAINE V. CAMILLO,
SILVIA A. DOMINGUES E SABINE RIGHETTI*

1. Considerações iniciais

Muitos estudos sobre indicadores de inovação tecnológica (IT) na empresa apóiam-se em um número muito pequeno de indicadores (Freeman e Soete, 2007). Esse procedimento é cada vez mais insatisfatório, como muitos estudiosos afirmam, dada a natureza complexa e multifacetada do processo de inovação (Hagedoorn e Cloudt, 2003). Contribuindo para avançar no equacionamento dessa problemática, o presente artigo tem como objetivo apresentar a metodologia de construção do IBI. Esse índice busca medir de forma abrangente a inovação tecnológica das empresas. A justificativa para tal esforço reside na necessidade, expressada por diversos segmentos, de se ter um indicador que busque medir de forma sintética a inovação tecnológica em suas diversas dimensões.

No Brasil não há registro de outro esforço na construção de um indicador, tal como o aqui proposto, que possa ser utilizado como instrumento para ordenar as empresas industriais de acordo com seu grau de inovação. Além disso, espera-se que o IBI sirva como ferramenta de *benchmarking*, para que as empresas avaliem seu desempenho inovador, e de auxílio na formulação de políticas públicas, por proporcionar um maior conhecimento das atividades inovativas das empresas. De maneira a explorar esse assunto, além das considerações iniciais e finais o artigo está dividido em mais cinco seções.

A seção 2 faz uma revisão da literatura, principalmente internacional, sobre indicadores de CT&I. Na seção 3 procede-se a apresentação das fontes de dados utilizados na construção do IBI. Em seguida, a seção 4, aborda um dos aspectos mais delicados do projeto que foi seleção de quais variáveis iriam compor cada subindicador. Esse é o ponto de partida para a construção de um indicador agregado e infelizmente, não está ausente de críticas e dificuldades inerentes ao processo. A seção 5 trata outros dois fatores importantes: a forma de normalização e os pesos atribuídos a cada um desses subindicadores. Faz parte das considerações finais uma discussão dos principais desafios para sua melhoria e consolidação.

* Edmundo Inácio Jr é pesquisador do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT), Instituto de Geociências (IG), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), e da Faculdade de Administração da Aeronáutica (FAAer) da Academia da Força Aérea (AFA) (correio eletrônico: eijunior@gmail.com). André Tosi Furtado, Ruy Quadros de Carvalho, Edilaine V. Camillo e Sílvia A. Domingues são pesquisadores no DPCT/IG/Unicamp (correios eletrônicos: furtado@ige.unicamp.br, ruyqc@ige.unicamp.br, silviadcarvalho@gmail.com, edilaine@ige.unicamp.br). Sabine Righetti é pesquisadora no DPCT/IG/Unicamp e no Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (LABJOR/Unicamp) (correio eletrônico: sabine@unicamp.br).

2. Indicadores de inovação tecnológica e sua importância

Em todo o mundo, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento, tem se acirrado o debate sobre o papel da ciência e da tecnologia na solução, não só de seus próprios problemas – alargamento de sua fronteira, de seu conhecimento – como também, cada vez mais, tem se esperado delas – como fatores-chave que são – ações concretas que permitam o desenvolvimento econômico e social dos países. Estes interesses, profunda e paulatinamente, têm estimulado o debate e ampliado políticas e ações voltadas à inovação, de maneira que os mais diversos envolvidos têm voltado suas atenções nas relações entre a aplicação dos recursos e os resultados por eles gerados.

Como qualquer outro indicador, os indicadores de IT também se baseiam na estatística como ferramenta para sua obtenção, e tratam sempre com grandes volumes de dados quantitativos. Inerente ao processo de construção dos indicadores de inovação, como sempre destacam os estudiosos da área – e.g., Sirilli (1998), está a dificuldade de coleta, análise e tomada de decisões a partir das informações obtidas. Fatores como a diversidade e disponibilidade dos dados, ferramentas e modos adequados para acessá-los, e as diferentes formas tomadas pela informação devido à necessidades distintas, são normalmente apontados como os responsáveis por tal dificuldade. Além desses fatores, o modelo teórico nos quais os indicadores estão embutidos e também a metodologia utilizada têm uma influência decisiva na validação ou na refutação destes indicadores.

Felizmente, tais fatores, apesar de dificultarem as tarefas, jamais as impedem que sejam levadas a cabo. A esse respeito Galileu (Pereira, 1999) já dizia que tudo é passível de mensuração e que se deve medir o mensurável e transformar em mensurável o que, à primeira vista, não o for. Além disso, como, destaca Freeman (1969), “*elas [as estatísticas] são melhores que nada*”. Cabe salientar também que os indicadores de IT representam um aspecto particular de um complexo sistema, e como tal, devem sempre ser vistos com precaução, pois nem sempre refletem a realidade das empresas, o desempenho da organização e outros elementos-chave no processo de inovação.

Recentemente, os indicadores estão alicerçados em um referencial teórico diferente do tão amplamente aceito sistema linear de inovação, que se adequou muito bem aos conceitos de *science push* e *demand pull*. Modelos interativos, como e.g., o Modelo de Elo de Cadeia (*Chain-link Model*), de Kline e Rosenberg (OCDE, 1992) descrevem melhor a realidade por enfatizar a concepção de que a inovação é resultado de um processo de interação entre oportunidades de mercado e a base de conhecimentos e capacitações da firma, envolvendo inúmeros subprocessos sem uma seqüência claramente definida, e com resultados altamente incertos. Esse modelo teórico, por seu turno, exige uma nova abordagem na coleta, tratamento e interpretação dos indicadores.

Entre os indicadores mais utilizados (talvez pelo ponto de vista de sua importância, ou de sua disponibilidade) para avaliar a inovação tecnológica estão: os indicadores de intensidade de P&D, os *surveys* de inovação e os dados sobre patentes. Nesse ponto dar-se-á atenção aos *surveys* de inovação, uma vez que o projeto do IBI está alicerçado neste tipo de fonte de dados. Os *surveys* surgem como novos instrumentos de medida de inovação nas últimas duas décadas, em resposta ao modelo interativo de inovação, no qual as diferentes fases do processo são independentes e não hierarquicamente estruturadas como no modelo linear.

Até recentemente, esse tipo de pesquisa era realizado por agências governamentais, escritórios estatísticos ou instituições acadêmicas com finalidades específicas. Os

resultados diferiam consideravelmente, não havendo nenhuma possibilidade de comparação. No início dos anos 90, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) fez um esforço para padronizar a metodologia de coleta das informações por essas pesquisas por meio da divulgação do Manual de Oslo (primeira edição em 1992). Em colaboração com a OCDE, a EUROSTAT preparou um questionário e em 1993-1994 a União Européia financiou a aplicação do *Community Innovation Survey* (CIS).

De acordo Sirilli (1998) as principais vantagens desse tipo de pesquisa reside no fato que os dados sobre as inovações, por serem relativas à estrutura industrial, detêm a mesma importância dos dados econômicos sobre a produção, valor adicionado, emprego etc. Essas pesquisas também abarcam tanto as firmas inovadoras, quanto as não inovadoras, o que permite identificar os fatores que contribuem para a ocorrência da inovação e produzir dados sobre as firmas que geram e aquelas que usam a inovação (processo de difusão da tecnologia).

Contudo, os indicadores obtidos através de *surveys* também são passíveis de questionamento. Vários aspectos relacionados à inovação, como o conhecimento tácito adquirido durante o processo de desenvolvimento da tecnologia, por exemplo, não são mensuráveis. Os *surveys* ainda não são comparáveis internacionalmente, apesar dos esforços para padronizá-los, e como se trata de uma iniciativa recente, não há como fazer análises de séries temporais de períodos mais longos (Archibugi e Pianta, 1996; Arundel et al., 1998).

3. Fonte dos dados

As três fontes de dados utilizadas pelo projeto são provenientes de duas das principais agências governamentais brasileiras. A Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) e a Pesquisa Industrial Anual – Empresa (PIA-Empresa) são realizadas periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os dados relacionados às patentes provêm do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual.¹

A PINTEC é único *survey* de inovação com abrangência nacional que se estende a todas as empresas que empregam 10 ou mais pessoas,² que possuem registro no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica do Ministério da Fazenda - CNPJ, e que, no Cadastro Central de Empresas – CEMPRE do IBGE, estão classificadas como empresa industrial,³ segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE.

Seu principal objetivo é a construção de indicadores setoriais, nacionais e regionais, das atividades de inovação tecnológica nas empresas industriais brasileiras, compatíveis com as recomendações internacionais em termos conceituais e metodológicos, conforme descritos no Manual de Oslo (OCDE, 1997). Seu foco está no aprofundamento do tema da inovação tecnológica. Ao todo, o questionário conta com 196 perguntas que englobam diversas dimensões importantes do processo de inovação. Entre suas informações contam aquelas concernentes aos gastos com as atividades inovativas; as fontes de financiamento destes gastos; o impacto das inovações no

1 <http://www.ibge.gov.br> e <http://www.inpi.gov.br/>, respectivamente.

2 De acordo com os dados da PIA - Empresa, em relação à população de empresas com cinco ou mais pessoas ocupadas, este corte representa cerca de 60% do número de empresas, 94% do número de pessoas ocupadas e 98% do valor da transformação industrial.

3 Principal receita derivada da atuação nas atividades das indústrias extrativas ou indústrias de transformação.

desempenho das empresas; as fontes de informações utilizadas, os arranjos cooperativos estabelecidos; o papel dos incentivos governamentais; e os obstáculos encontrados às atividades de inovação.

A Figura 1 abaixo ilustra os vários temas abordados pela PINTEC e as variáveis investigadas bem como serve de orientação para o questionário, que segue uma divisão por blocos. O IBI-2003 refere-se a PINTEC-2003, que coletou informações referentes ao triênio 2001-2003. Os blocos em amarelo representam as variáveis selecionadas para compor o IBI. O detalhamento dessas variáveis está na próxima seção.

Figura 1. Temas abordados na PINTEC-2003



Fonte: IBGE, PINTEC (2003: 17).

Uma das vantagens de se trabalhar com informações de pesquisas de inovação, como a PINTEC, é que ambas as dimensões do processo de inovação empresarial são amplamente consideradas na metodologia. Dessa forma, o projeto IBI utiliza as informações fornecidas pelas empresas, com base no questionário respondido para a PINTEC-2003.

A PINTEC não deu conta de reunir todas as variáveis necessárias para a composição do IBI. Assim, apenas uma variável foi buscada na PIA-Empresa 2003. Essa pesquisa, que desde 96 é anual, forma o núcleo central das estatísticas das indústrias extrativas e de transformação brasileiras, gerando informações que possibilitam o dimensionamento da produção, do consumo intermediário, dos gastos com a folha de paga-

mento, do volume de pessoas ocupadas e das despesas com formação de capital. Tem como objetivo fornecer informações anuais sobre empresas industriais que empregam cinco ou mais pessoas, classificadas segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE. Como as bases de dados do IBGE estão vinculadas, articulações entre os dados provenientes das duas pesquisas, PINTEC e PIA, não foi problema.

Por fim, uma terceira base de dados utilizada foi a de patentes de empresas residentes no país, fornecida pelo INPI. Ela foi necessária porque a PINTEC não traz informações quantitativas sobre patentes. Para essa questão houve o trabalho adicional do IBGE de classificar as empresas da base de patentes de acordo com a CNAE, a dois dígitos, possibilitando assim o cruzamento com as informações da PINTEC para a construção de um dos indicadores propostos.

4. Forma de acesso aos dados

Os indicadores que são normalmente usados para medir as atividades de CT&I não estão disponíveis para o público, no nível da empresa. Mesmo quando existe levantamento de informações dessa natureza, como é o caso da PINTEC, essa informação está submetida a cláusulas de sigilo. Dessa maneira, não é possível obter os dados por empresa. No Brasil, a única informação pública disponível é a de patentes e marcas. Em decorrência, será feito um levantamento específico de informações com vistas à construção desse índice.

Dada a restrição das bases de dados disponíveis, optou-se por uma abordagem inicial que pudesse constituir-se em alternativa rápida e de baixo custo para a apresentação de resultados em curto prazo. Por isso o IBI-2003 baseou-se no fornecimento voluntário pelas empresas, das informações por elas prestadas ao IBGE, em resposta à coleta da PINTEC 2003. Mesmo com limitações, os indicadores das pesquisas de inovação estão ancorados em abordagem ampla e satisfatória para uma primeira aproximação do que seria a capacidade efetiva de inovação das empresas. Numa segunda etapa, novos indicadores, cuja elaboração demandaria produção de informações primárias, poderiam ser incorporados na construção do IBI, de modo a aperfeiçoá-lo.

O requisito para que tal possibilidade se viabilizasse era a concordância das empresas em fornecer as informações da PINTEC para a equipe responsável pela elaboração do IBI. Essa seria a forma de participarem do ranking das mais inovadoras a custo adicional zero, no que concerne a coletar, preparar e comunicar informações, com a garantia de sigilo sobre informações individuais uma vez que, sendo o IBI um índice composto, resultante do tratamento matemático de diversas informações das empresas, o mesmo não é revelador das informações que o alimentam.

5. Variáveis selecionadas

Esta seção traz o detalhamento do índice proposto. Iniciamos com a discussão das variáveis selecionadas para compor o IBI, seus pressupostos teóricos e práticos. Em seguida, explicitaremos o tratamento dado a cada uma delas, com respeito a forma de ponderação e a normalização para a construção dos subindicadores. Apesar de existir uma quantidade crescente de indicadores que servem para descrever o processo de inovação e para captar aspectos relevantes do mesmo, quase sempre, eles são parciais e incompletos. Por essa razão justifica-se a criação de um índice composto como o IBI, que agregada diversos indicadores de IT.

A Tabela 1, abaixo, traz o detalhamento das 15 variáveis que foram selecionados para

a composição do IBI, agrupadas segundo as duas principais dimensões do processo de inovação. Apesar da Tabela 1 também trazer informação de quais variáveis compõem quais indicadores, somente na próxima seção entraremos nos detalhes da forma de cálculo e agregação das variáveis que formam dois macro-indicadores (Indicador Agregado de Esforço e Indicador Agregado de Resultado), que por sua vez são compostos por dois meso-indicadores cada, dois que medem os esforços (Indicador de Atividade Inovativa – IAI e Indicador de Recursos Humanos – IRH) e dois que medem os resultados (Indicador de Receita de Vendas com produtos novos – IRV e Indicador de Patentes – IPT). Por ora, os parágrafos a seguir destinam-se a contextualizar e justificar a seleção dessas variáveis.

5.1. Variáveis do Indicador Agregado de Esforço (IAE)

Os dois principais grupos de variáveis destinadas a mensurar o esforço das empresas em inovar dizem respeito aos dispêndios em atividades inovativas e aos recursos humanos mobilizados para as atividades de P&D.⁴

5.1.1 .Indicador de Atividade Inovativa (IAI)

A revisão de literatura mostrou que grande parte dos trabalhos sobre os esforços ou *inputs* para a inovação estão focados nas atividades de P&D (OCDE, 2002). A P&D representa uma das formas mais importantes de criação de conhecimento nas empresas, mas não exclusiva. Embora sua natureza de resolução de problemas a coloque como insumo crítico da inovação, a P&D não tem a mesma importância em todos os setores (EVANGELISTA *et al.*, 1997). Esse indicador tem se mostrado insuficiente para caracterizar a atividade tecnológica de setores menos intensivos em tecnologia e também de países em desenvolvimento, pois são poucas as empresas que a realizam.

272

Tabela 1. Variáveis utilizadas na composição do IBI

Sigla	Descrição	Questão PINTEC -2003	Escala
Dimensão dos Esforços (Indicador Agregado de Esforço - IAE)			
PI	Dispêndi os com P&D interna	31	
PE	Dispêndios com P&D interna	32	
OC	Dispêndios com outros conhecimentos externos	33	
IAI	ME Dispêndios com máquinas e equipamentos	34	R\$ (mil)
	TR Dispêndios com treinamento	35	
	LP Dispêndios com lançamento de produto	36	
	PR Dispêndio com projeto industrial	37	
<hr/>			
	GR Total de graduados ocupados em P&D	48,53 e 58	
IRH	MT Total de mestres ocupados em P&D	47,52, e 57	Unidades
	DR Total de doutores ocupados em P&D	46,51 e 56	
<hr/>			
Dimensão dos Resultados (Indicador Agregado de Resultado - IAR)			
RE	Receita de vendas com produtos novos para a empresa	85 e 89	
IRV	RN Receita de vendas com produtos novos para o mercado nacional	86 e 90	R\$ (mil)
	RM Receita de vendas com produtos novos para o mercado mundial	87 e 91	
<hr/>			
IPT	PD Total de patentes depositadas no período de 2001 -2003		
	PC Total de patentes concedidas no período de 1994 -2003	INPI ¹	Unidades

Obs.: ¹ Montou -se uma Base própria a partir dos dados do INPI.

- 4 A P&D é definida como aquelas atividades dirigidas para a busca de conhecimento científico e tecnológico novo ou a aplicação de conhecimentos existentes de uma nova forma. De acordo com os critérios estabelecidos pelo Manual Frascati, da OCDE, essas atividades compreendem a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental.

Assim, outros aspectos da atividade de inovação, vinculados à tecnologia incorporada na aquisição de máquinas e equipamentos, licenciamentos, *royalties* etc, recebem cada vez mais importância nos sistemas inovativos das empresas uma vez que, através das várias dimensões de aprendizado (*learning-by-doing*, *learning-by-using*, *learning-by-interacting*), acabam por produzir inovações importantes, incrementais ou radicais, associadas ou não à tecnologia adquirida.

A metodologia do IBI se propôs a produzir um leque mais abrangente de indicadores para medir o esforço das várias atividades da empresa que contribuem como insumos ao processo de inovação: além da P&D interna e externa, a aquisição de direitos de propriedade de conhecimento codificado, a engenharia de projeto, a produção de ferramental e a produção experimental, o *marketing* de novos produtos e a aquisição de equipamentos e demais despesas de investimento requeridas na implementação de inovações de produto ou processo também são consideradas atividades inovativas. Utilizou todas as sete questões (31-37) da PINTEC-03 que medem o valor do dispêndio (em R\$ 1000) das empresas em atividades inovativas.

5.1.2. O Indicador de Recursos Humanos em P&D (IRH)

A aplicação de recursos humanos com alta qualificação constitui um fator fundamental para o desenvolvimento econômico e social. De acordo com o Manual Frascati, o pessoal ocupado em P&D inclui “as pessoas que completaram o ensino pós-secundário ou que estejam trabalhando em uma ocupação associada à ciência e tecnologia, ainda que não tenham completado aquele nível de ensino”. (OCDE, 1995). São o conjunto de indivíduos que têm a finalidade de gerar novos conhecimentos e pesquisar e desenvolver novos produtos e processos, ou seja, o contingente de pessoas que se dedicam às atividades de P&D. O Manual de Canberra, complementarmente, sugere que tais indicadores dimensionem o conjunto de pessoas com elevada qualificação, cujo papel de elo entre as práticas cotidianas e as atividades inovativas é decisivo (Ferreira, 2005).

Com base nisso, os recursos humanos destinados à P&D podem ser subdivididos em três categorias: cientistas e engenheiros, técnicos e pessoal de apoio. No questionário da PINTEC-03 também se expressa uma divisão de acordo com o nível de qualificação: técnicos de nível superior (doutores, mestres e graduados), técnicos de nível médio e outros de suporte. Assim, pensando na importância de se valorizar o pessoal com alta qualificação ocupado em P&D na indústria de transformação brasileira, o cálculo do IRH leva em consideração a quantidade de pessoal com nível superior nas categorias de doutores, mestres e graduados envolvidos na atividade de P&D.

Apesar de o IAI considerar o valor dos dispêndios em P&D, decidiu-se também incluir um indicador que medisse qualitativamente o pessoal ocupado em P&D porque nem sempre os setores que apresentam-se com maior intensidade de gastos em P&D são os mesmos com relação a qualificação de pessoal ocupado em P&D. Isso leva a crer que o IRH mede um aspecto complementar do esforço tecnológico das empresas que não necessariamente varia na mesma direção que a intensidade de P&D e, subseqüentemente, ao IAI. Esse aspecto também contribui para ressaltar a importância de indicadores compostos que mensurem as diversas variáveis de *input* da inovação.

5.2. Variáveis do Indicador Agregado de Resultados (IAR)

Os dois principais grupos de variáveis destinadas a mensurar o resultado das inovações nas empresas dizem respeito aos impactos econômicos sobre as vendas e as patentes criadas como fruto dos esforços inovativos.

5.2.1. Indicador de Patentes (IPT)

O uso da patente como indicador de inovação é objeto de um longo e antigo debate (ARCHIBUGI, 1988; GRILICHES, 1990; PAVITT, 1988), sendo considerada um produto intermediário do resultado da inovação. A variação no significado econômico das invenções, as diferenças setoriais e internacionais do processo de patenteamento, o peso idêntico atribuído a patentes de produtos, que foram lançados no mercado, e àquelas que são meramente invenções são alguns dos pontos mais discutidos na literatura (ERNST, 2001). Outra ressalva frequentemente colocada é o fato que nem todas as invenções são patenteáveis e nem todas as invenções patenteáveis são patenteadas. Há outros mecanismos como o segredo industrial, por exemplo, que asseguram a apropriabilidade das invenções, de forma que as patentes representam somente uma parte do volume total das inovações (BROUWER e KLEINKNECHT, 1999).

Apesar de todas essas limitações, as patentes são geralmente aceitas por uma grande parte da literatura como um indicador de resultados que permite comparar o desempenho inventivo e inovativo das empresas em termos de novas tecnologias, novos processos e novos produtos (PAVITT, 1988). No IBI as patentes, por empresa, foram classificadas e agregadas a dois dígitos de acordo com a CNAE. Os dados incluem as patentes de invenção (PI), de maior conteúdo tecnológico, e os modelos de utilidade (MU), que constituem aperfeiçoamentos sobre os bens já existentes. Decidiu-se incluir o MU, pois ele representa uma parcela significativa do esforço das empresas brasileira (MU em relação a PI é bem superior), refletindo de forma mais realista os resultados da inovação do país.

O segundo critério de coleta é o período. Embora o IBI tenha como ano-base 2003, optou-se por trabalhar com dados de registro de patentes – cujo direito de propriedade intelectual já foi concedido – de 1994 a 2003 e de depósitos de patentes – cujos pedidos de registro ainda não foram deferidos – de 2001 a 2003. Esse intervalo de uma década para os registros busca captar a propensão da empresa a patentear em um longo. Por outro lado, os pedidos de patentes cobrem, de forma mais fidedigna, os resultados da atividade inovativa realizada no país recentemente. A subdivisão dos dados em registros e depósitos determinou a estrutura do IPT que é composto pela soma de dois sub-indicadores: (i) o Indicador de Patente Concedida (PC), e o (ii) Indicador de Patente Depositada (PD).

5.2.2. O Indicador de Receita de vendas com produtos novos (IRV)

O indicador de receita líquida de vendas de produtos novos (IRV) tem por objetivo mensurar o impacto das inovações de produto sobre a receita líquida de vendas da empresa. A PINTEC solicita que as empresas meçam o impacto das inovações introduzidas por elas em suas vendas para o mercado interno e externo.

Por definição todas as inovações devem conter algum grau de novidade. A PINTEC-2003 identifica três categorias de novidade das inovações: novo para a empresa, novo para o país e novo para o mundo. Essa diferenciação é oriunda do *Community Innovation Survey* (CIS), da EUROSTAT, e busca captar não somente o impacto da inovação em si (criação), mas também o impacto da difusão. Uma inovação de produto pode já ter sido implementada por outras empresas, mas se ela é nova para a empresa, então trata-se de uma inovação para essa empresa. No sentido *strictu-sensu* trata-se do conceito de difusão.

Os conceitos de novo para o mercado e novo para o mundo dizem respeito ao fato de determinada inovação ter sido ou não implementada por outras empresas, ou de a empresa ter sido a primeira no mercado ou na indústria ou no mundo a implementar tal inovação.

6. Forma de ponderação e normalização

Índices compostos são amplamente utilizados para resumir uma grande quantidade de dados. Dois dos desafios a se vencer ao se construir um índice como o IBI são determinar o peso dado a cada subindicador e converter diferentes unidades de medidas em uma mesma unidade. Conforme pode ser visto na Tabela 2, todas as 15 variáveis utilizadas para compor o IBI são variáveis medidas em escala métrica, o que permite o maior poder de manipulação (operações matemáticas) e de extração de informações. Para compor o IBI é necessário multiplicar, somar e dividir esse conjunto de variáveis. Os passos abaixo descrevem em detalhe os procedimentos para o cálculo do IBI.

Primeiro Fator: Ponderação pelo Tamanho da empresa

Essa ponderação tem como objetivo transformar as variáveis originais em medidas de intensidade, que levem em consideração as diferenças de tamanho entre as empresas (seja em termos monetários ou de pessoal). Dessa forma, dois critérios foram utilizados, as variáveis monetárias (R\$) foram divididas pela receita líquida de vendas (RLV) da empresa, e as variáveis medidas em unidades foram divididas pelo total de pessoal ocupado da empresa (TPO). Isso faz com que as novas variáveis surgidas dessa ponderação reflitam o grau de intensidade desses valores e não mais o valor absoluto em si.⁵ A Tabela 2, a seguir, detalha o denominador utilizado para cada variável.

Segundo Fator: Normalização

Existem vários métodos que podem ser utilizados para normalizar indicadores, ou seja, trazê-los para uma mesma base, unidade de medida. O relatório metodológico do “Painel de Inovação Europeu” (*European Innovation Scoreboard*) da Comissão Européia responsável pela elaboração do “Índice de Inovação Sumário” (*Summary Innovation Index*) traz cinco formas diferentes de se proceder ao cálculo da normalização. Todos apresentam suas vantagens e desvantagens, como pode ser visto na Tabela 3 abaixo. Para o projeto do IBI, foi escolhido o método 2. Para o caso do IBI, o valor médio ao qual o método 2 se refere corresponde à média agregada de todas as empresas pertencentes a uma determinada divisão da CNAE, a dois dígitos, para a indústria de transformação brasileira.

5 Tome como exemplo o caso de uma empresa A tenha R\$1.000 de dispêndios em P&D interno e R\$ 10.000 em RLV e outra empresa B que tenha R\$ 400 e R\$ 1.000, respectivamente. Apesar da empresa A gastar 2,5x mais em P&D interno do que B, se levarmos em consideração esse gasto em relação a sua RLV, teremos que, na verdade, a empresa B é 4x mais intensiva em P&D do que a empresa A, tendo um indicador de 0,4, enquanto que a empresa A de apenas 0,1.

Tabela 2. Cálculo para transformação das variáveis originais e medidas de intensidade

		Índice Brasil de Inovação (IBI)														
Macro -Indicadores		Indicador Agregado de Esforço (IAE)						Indicador Agregado de Resultado (IAR)								
		(IA)			(IRH)			(RV)			(IPT)					
Variáveis		PI	PE	OC	ME	TR	LP	PR	GR	MT	DR	RE	RN	RM	PD	PC
Escala		Reais (mil)						Unidades			Reais (mil)			Unidades		
Denominador		RLV (mil)						TPO			RLV (mil)			TPO		

Fonte: elaboração própria.

Assim, cada uma das 15 variáveis, já transformadas em medidas de intensidade, de cada empresa é dividida pela média agregada do setor ao qual essa empresa pertence. Vale lembrar que a média agregada é diferente da média aritmética simples. A primeira compreende uma ponderação de cada valor pela sua participação no total. Optou-se por utilizar a média agregada por ela ser menos sensível a observações atípicas. O exemplo da Tabela 4, a seguir, elucida as diferenças entre a duas médias e a Tabela 5 traz os 22 setores da indústria de transformação brasileira.

Terceiro Fator: Peso de cada subindicador

Três métodos podem ser utilizados para a atribuição de pesos. O primeiro deles consiste do uso de ferramentas estatísticas como a análise fatorial e a regressão multivariada, onde as cargas fatoriais ou os coeficientes betas, respectivamente, poderiam assumir os valores dos pesos. Um segundo método lança mão da interpretação que um painel de especialistas pode atribuir a cada variável. Este método é mais orientado a formação de *polícies*, uma vez que leva em consideração determinados objetivos e pressupostos de seus julgadores. Por fim, um terceiro método consiste em atribuir pesos iguais a todas as variáveis.

Os pesos dos 15 subindicadores do IBI originaram-se da aplicação do segundo método. Assim, diferentes pesos foram atribuídos a cada subindicador considerando o nível tecnológico do Brasil e de seu parque industrial (FURTADO, QUADROS e FRANCO, 2005). Por exemplo, considerou-se que os esforços internos feitos pelas empresas em P&D para a implementação de novos produtos ou processos são mais importantes do que os esforços representados pelos dispêndios em máquinas e equipamentos. Dessa maneira, essa diferença se refletiu num peso maior atribuído ao primeiro indicador. A Tabela 6 traz os valores que foram atribuídos a todos os indicadores do IBI-2003.

Tabela 3. Cinco métodos para se calcular um indicador agregado

Método	Vantagens	Desvantagens
1. Número de indicadores acima da média menos o número de indicadores abaixo da média	Método mais simples, não afetado por observações atípicas (outliers)	Perda de informação intervalar, deixando somente dados ordinais para cada indicador; natureza arbitrária do teto (thresholds)
$IA_i = \frac{y_i}{\sum_{j=1}^m q_j}$, onde $y_i = \# \left\{ j \text{ s. t. } \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} > 1 + p \right\} - \# \left\{ j \text{ s. t. } \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} < 1 - p \right\}$		
2. Soma da percentagem de diferença da média	Simple para se construir	Valores abaixo da média contribuem menos do que valores acima da média. Como resultado, valores positivos grandes contam consideravelmente mais do que os valores negativos pequenos. Isto efetivamente destrói o caso em que as variáveis recebem o mesmo valor de peso e faz o índice sensível a observações atípicas positivas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}$, onde $y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$		
3. Padronização Z para cada indicador.	Mantém informação no nível intervalar.	Variáveis com uma grande variância tem de facto um grande peso; índice sensível a observações típicas positivas e negativas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}$, onde $y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$		
4. Valores re-escalados. O valor re-escalado varia dentro de um intervalo identico para cada indicador (0 a 1).	Mantém informação no nível intervalar; dos métodos que mantêm informação no nível intervalar é o menos sensível as observações atípicas.	Estatisticamente mais complexo do que outros métodos.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}$, onde $y_{ij} = \frac{x_{ij} - \text{Min}(x_j)}{\text{Max}(x_j) - \text{Min}(x_j)}$		
5. Melhor desempenho (caso especial do método 4).	Mantém informação no nível intervalar, versão simplificado do método 4.	Sensível a observações atípicas positivas.
$IA_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_j y_{ij}}{\sum_{j=1}^m q_j}$, onde $y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\text{Max}(x_j)}$		

Notas: x_{ij} é o valor do indicador j para a empresa i . q_j é o peso dado para o indicador j no indicador agregado. y_{ij} corresponde ao valor transformado do indicador j da empresa i . Na equação 1, p é igual a um valor teto (limite) arbitrariamente escolhido acima e abaixo da média.

Fonte: 2003 European Innovation Scoreboard: Technical paper No 6, Methodology Report (European Trend Chart on Innovation, 2003, p.3 -4).

O indicador de atividades inovativas (IAI) recebeu o maior peso (0,75) no IAE, porque ele embute o maior número de variáveis de esforço tecnológico. Entre essas variáveis, atribuiu-se maior peso à P&D interna (0,30). A P&D externa, os dispêndios em máquinas e equipamentos necessários em produtos e processos inovadores e os dispêndios em projeto industrial receberam um peso intermediário no IAI (0,15). O indicador de recursos humanos (IRH) agrega informações importantes por meio da valorização do nível de qualificação do pessoal ocupado em P&D. Assim, a variável relacionada ao número de doutores recebe um peso de 0,50 nesse indicador, o número de mestres recebe 0,35 e o de graduados, 0,15. Na busca por valorizar as empresas que procuram introduzir inovações no mercado nacional e mundial, ou seja, aquelas que desenvolvem inovações com maior conteúdo tecnológico, são maiores os pesos dos indicadores referentes às receitas de vendas com produtos novos para os mercados nacional (RN) e mundial (RM). O IRV, por sua vez, possui peso maior que o indicador de patentes (IP) em consideração à natureza das empresas brasileiras, que pouco se utilizam dos recursos de patentes.

Tabela 4. Exemplo de cálculo da média agregada

Colunas →	(1)	(2)	(3)	(2)/(3)= (4)
	Empresa	Dispêndio em P&D mil reais	Receita Líquida de Vendas mil reais	Intensidade P&D (%)
	A	80	6.000	1,33
	B	75	500	15,00*
	C	90	7.500	1,20
	D	82	5.000	1,64
Σ	4	327	19.000	19,17
Média aritmética simples	= Total de (4) / Total de (1) = 19,17 / 4 =			4,79
Média agregada	= Total de (2) / Total de (3) = 327 / 19.000 =			1,72

* = observação atípica.

Tabela 5. Grupos setoriais segundo grau de intensidade tecnológica

35- Outros equipamentos de transporte	18- Confeção de artigos do vestuário e acessórios
30- Máquinas para escritório e equipamentos de informática	36- Móveis e indústrias diversas
34- Veículos, reboques e carrocerias	27- Metalurgia básica
33- Instrumentação e automação industrial	28- Produtos de metal
32- Eletrônica e telecomunicações	21- Celulose, papel e produtos de papel
29- Máquinas e equipamentos	26- Produtos de minerais não-metálicos
31- Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	17- Produtos têxteis
23- Refino de petróleo e álcool	19- Couro e calçados
24- Produtos químicos	20- Produtos de Madeira
16- Produtos do fumo	15- Produtos alimentícios e bebidas
25- Artigos de borracha e plástico	22- Edição, impressão e reprodução de gravações

278

Fonte: CNAE-IBGE.

Tabela 6. Valores do pesos atribuído aos sub e macro-indicadores

Macro - Indicadores	Índice Brasil de Inovação (IBI)														
	IAE = 0,40							IAR = 0,40							
	IAI = 0,75				IRH = 0,25			IRV = 0,60			IPT = 0,40				
Subindi - cadores	PI	PE	OC	ME	TR	LP	PR	GR	MT	DR	RE	RN	RM	PD	PC
Pesos	0,30	0,15	0,10	0,15	0,05	0,10	0,15	0,15	0,35	0,50	0,10	0,40	0,50	0,50	0,50

Quarto fator: Épsilon (ϵ)

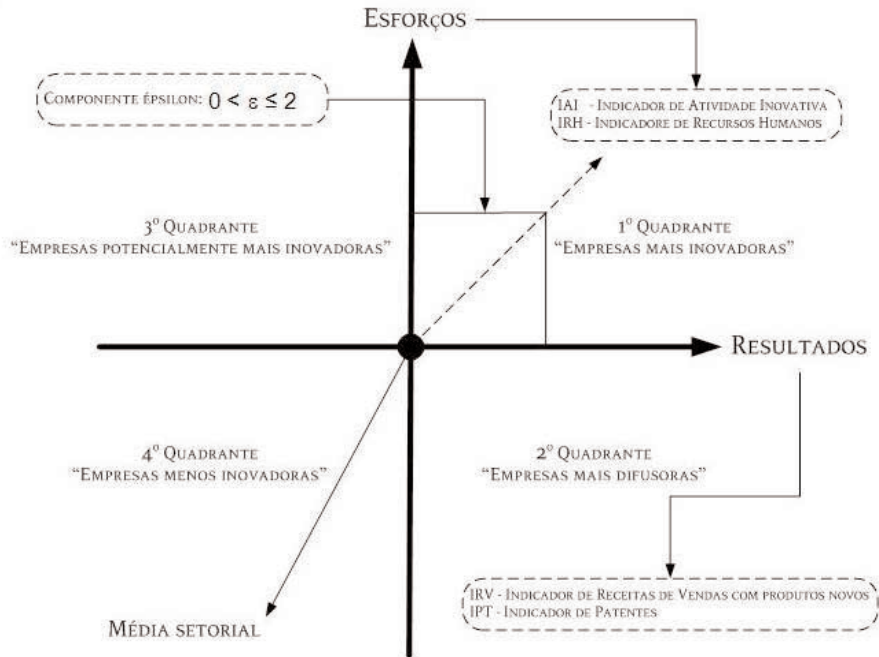
O IBI dá igual importância para os macro-indicadores de esforços (IAE) e resultados (IAR) e, por essa razão, seus pesos receberam o mesmo valor de 0,40. No entanto, a soma dos dois é menor que um, devido à introdução de uma variável de ajuste (ϵ), que busca valorizar o equilíbrio entre esses dois macro-indicadores. Essa variável de ajuste recebe o peso de 0,20 no cálculo do IBI e opera da seguinte forma: quanto mais próximos os valores obtidos por uma empresa nesses dois indicadores (IAE e

IAR), mais próximo de 2 será o valor de épsilon, tal que $0 < \epsilon < \epsilon \leq 2$

7. Interpretação do IBI

A Figura 2 auxilia na interpretação do significado do IBI. O eixo das abscissas corresponde aos indicadores de resultados, mais especificamente ao seu agregado (IAR). O eixo das coordenadas corresponde ao agregado dos indicadores de esforços (IAE). Garantidos igual importância e balanceamento entre o IAE e o IAR, a figura indica que as empresas mais inovadoras são as que se encontram no 1º quadrante, porque apresentam esforços para inovação e resultados da inovação acima da média do seu setor. O Anexo A contém a fórmula completa do IBI de forma didática. A figura está dividida em três grandes níveis de agrupamento. No primeiro pode ser visto os três grandes macro-indicadores do IBI. No segundo nível, tem-se o detalhamento dos componentes de cada um dos macro-indicadores e no terceiro nível, todas as 15 variáveis estão listadas. Todos os pesos utilizados também podem ser visualizados.

Figura 2. O Quadrante do IBI



279

Fonte: Elaboração própria.

8. Considerações finais

A primeira edição do IBI demonstrou que as escolhas realizadas pela equipe orientaram-se na direção certa. A adoção de um indicador composto, que contempla os diversos aspectos das atividades inovativas é uma escolha muito mais correta para ordenar empresas por grau de inovatividade do que o uso de apenas um deles. O uso de indicadores de intensidade foi uma forma correta de eliminar as diferenças exis-

tentes entre as pequenas e as grandes empresas e o uso de médias setoriais eliminou as diferenças setoriais que dificultam as comparações de empresas de distintos setores. O recurso às bases de dados existentes, que se apóiam em metodologias de levantamento estabelecidas, foi uma escolha correta por duas razões importantes.

Grande parte dos indicadores construídos já são conhecidos e estabelecidos. Por outro lado, o levantamento de dados exigiu um esforço apenas marginal por parte das empresas que aderiram ao índice. No entanto, existem alguns aspectos que precisam ser aprimorados. Um desses aspectos diz respeito à existência de grandes variações de comportamento entre as empresas pertencentes a um mesmo setor. Esses desvios têm se apresentado de forma mais intensa com as pequenas empresas, que na maior parte das vezes têm estrutura produtiva e organizacional muito distinta da grande empresa. Na pequena empresa, a atividade produtiva pode estar restrita apenas a um único produto inovador. Nesse caso, uma inovação pode afetar 100% de suas vendas, o que tende a magnificar seus indicadores de resultado, tornando-os mais significativos do que nas grandes empresas. Isto leva à conclusão de que, na próxima edição do IBI, será necessário separar as pequenas das grandes empresas. Porém, para que isso seja viável o número de empresas aderentes terá de ser significativamente maior.

A divisão setorial a dois dígitos nem sempre é satisfatória. A heterogeneidade da composição de determinados setores tende a favorecer o segmento mais intensivo em tecnologia. A possibilidade de desagregação a três dígitos de alguns setores chaves da indústria, como o farmacêutico, pode ser útil porque as empresas desse setor acabam se destacando em relação às demais do setor químico. Por outro lado, há o problema da grande empresa que ocupa uma parte expressiva da atividade econômica do seu setor. Essa empresa não se sobressai em relação ao seu setor embora ela possa se destacar muito em relação ao conjunto da indústria. Esse tipo de empresa inovadora não estaria sendo favorecida pela metodologia do IBI.

A fórmula de normalização do índice através da simples divisão pela média setorial nem sempre consiste na melhor maneira de reduzir a variância entre os extremos. A metodologia terá que se esforçar em reduzir a amplitude entre os extremos sem abrir mão de se apoiar em bases de dados consolidadas. Todas essas críticas deverão ser incorporadas em uma nova edição aperfeiçoada do IBI. A equipe também pretende ampliar o IBI para empresas do setor de serviços, considerando que muitas delas se mostraram interessadas em aderir ao Índice e que a PINTEC incluiu, pela primeira vez, alguns segmentos desse setor no questionário da pesquisa de 2005.

Bibliografia

- ARCHIBUGI, D. (1988): "Search of a Useful Measure of Technological Innovation". *Technological Forecasting and Social Change* 34, pp. 253-277.
- ARCHIBUGI, D. e PIANTA, M. (1996): "Measuring technological change through patents and innovation surveys", *Technovation* 16 (9), pp. 451-468.
- ARUNDEL, A., SMITH, K., PATEL, P. e SIRILLI, G. (1998): *The Future of Innovation Measurement in Europe - Concepts, Problems and Practical Directions*, IDEA Paper Series, Idea Report 3/1998. Disponível em: <http://www.step.no/old/Projectarea/IDEA/papers.htm>. Acesso em: 01 maio 2007.
- BROUWER, E. e KLEINKNECHT, A. (1999): "Innovative output, and a firm's propensity to patent. An exploration of CIS micro data", *Research Policy* 28, pp. 615-624.

- ERNST, H. (2001) "Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level", *Research Policy* 30, 143-157.
- EVANGELISTA, R., PERANI, G., RAPITI, F. e ARCHIBUGI, D. (1997): "Nature and impact e innovation in manufacturing industry: some evidence form the Italian innovation survey", *Research Policy* 26, pp. 521-536.
- FERREIRA, S. P. (2005): "Recursos Humanos disponíveis em Ciência e Tecnologia", em F. R. Landi (coord.) *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004*, São Paulo, Fapesp.
- FREEMAN, C. e SOETE, F. (2007): *Developing science, technology and innovation indicators: what we can learn from the past*, Working Paper Series, United Nations University – UNU-MERIT.
- FREEMAN, C. (1969): *Measurement of output of research and experimental development*, Paris, UNESCO.
- FURTADO, A., QUADROS, R. e FRANCO, E. (2005): "Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais", *São Paulo em Perspectiva*, v.19, no. 1, pp. 70-84, jan/mar.
- GRILICHES, Z. (1990): "Patent Statistics an Economic Indicator: Survey part I, NBER Working Paper Series", Working Paper no. 3301, National Bureau of Economic Research, Cambridge, March.
- HAGEDOORN, J. e CLOODT, M. (2003): "Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?", *Research Policy*, 32, pp.1365-1379.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (1992): *Technology/Economy Programme, Technology and the economy - the key relationships*, Paris, OECD.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (1995): *The measurement of scientific and technological activities: manual of the measurement of human resources devoted to S&T - Canberra Manual*, Paris, OECD.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (2002): *Proposed standard practice for surveys of research and experimental development: Frascati Manual*, Paris, OECD.
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (1997): *The measurement of scientific and technological activities - Oslo manual*, 3th ed., Paris, OECD e Eurostat.
- PAVITT, K. (1988): "Uses and abuses of patents statistics", em A.F.J. van Raan (ed.): *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, Amsterdam, Elsevier, pp. 509–536.
- PEREIRA, J. C. R. (1999): *Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais*, São Paulo, Ed. Universidade Estadual de São Paulo.
- SIRILLI, G. (1998): "Conceptualizing and measuring technological innovation", Idea Papers Series, Idea report 1/1998. Disponível em: <http://www.step.no/old/Projectarea/IDEA/papers.htm>. Acesso em: 01 maio 2007.

Anexo - Fórmula detalhada do IBI

$$\begin{aligned}
 \text{IBI} &= \left\{ \left[\frac{\text{PI}_{ij}}{\text{PI}_i} \times 0,30 + \frac{\text{PE}_{ij}}{\text{PE}_i} \times 0,15 + \frac{\text{OC}_{ij}}{\text{OC}_i} \times 0,10 + \frac{\text{ME}_{ij}}{\text{ME}_i} \times 0,15 + \frac{\text{TR}_{ij}}{\text{TR}_i} \times 0,05 + \frac{\text{LF}_{ij}}{\text{LF}_i} \times 0,10 + \frac{\text{PR}_{ij}}{\text{PR}_i} \times 0,15 \right] \times 0,75 + \left[\frac{\text{GR}_{ij}}{\text{GR}_i} \times 0,15 + \frac{\text{MT}_{ij}}{\text{MT}_i} \times 0,35 + \frac{\text{DR}_{ij}}{\text{DR}_i} \times 0,50 \right] \times 0,25 \right\} \times 0,40 \\
 &+ \left\{ \left[\frac{\text{RE}_{ij}}{\text{RE}_i} \times 0,10 + \frac{\text{RN}_{ij}}{\text{RN}_i} \times 0,40 + \frac{\text{RM}_{ij}}{\text{RM}_i} \times 0,50 \right] \times 0,60 + \left[\frac{\text{PD}_{ij}}{\text{PD}_i} \times 0,50 + \frac{\text{PC}_{ij}}{\text{PC}_i} \times 0,50 \right] \times 0,40 \right\} \times 0,40 \\
 &+ \left\{ \frac{1}{2 \times \left(\frac{\text{LAE} - \text{LARI}}{\text{LAE} + \text{LARI}} + 0,50 \right)} \right\} \times 0,20
 \end{aligned}$$