



Estudio de Conglomerados Regionales en Ciencia, Tecnología e Innovación



Documento elaborado por el Programa Regional de Investigación Científica y Tecnológica



Año 2012



Estudio de Conglomerados Regionales en Ciencia, Tecnología e Innovación

Santiago, junio de 2012

Ejecutor: Pablo Marshall (pmarshall@uc.cl).
Contraparte Técnica: Programa Regional y Dpto. de Estudios de CONICYT.
Agradecimientos: INAPI, INE y Programa de Información Científica de CONICYT.

Programa Regional de CONICYT

María Luisa Santander N° 572, Providencia, Santiago
Teléfono: (56 2) 365 4609
Fax: (56 2) 375 0433
E- mail: regional@conicyt.cl
Sitio web: www.programaregional.cl

Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública siempre y cuando se cite el autor y no se haga un uso comercial.

Tabla de contenido

1.	Introducción	4
2.	Objetivos del Estudio	7
3.	Un Modelo de Medición de Ciencia, Tecnología e Innovación	8
4.	Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	12
5.	Resultados del Estudio	17
I.	Indicador CTI Potencial.....	18
II.	Indicador CTI Input.....	22
III.	Indicador CTI Output.....	23
IV.	Análisis de Conglomerados	29
6.	Conclusiones y Recomendaciones	32
7.	Referencias	34

1. Introducción

En los últimos años se ha reconocido que la ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida de una sociedad; Juma *et al.* (2001), García-Ochoa y Bajo (2009), OECD (1997, 2002), Larraín (2006). El estudio de Bitrán (2010) muestra que, el crecimiento económico cayó de un nivel superior al 7% anual en el periodo 1986-1997 a la mitad en 1998-2008 y que esta baja se explica fundamentalmente por una reducción en la contribución de la productividad total de los factores que disminuyó en ese período de 2,05% (1986-1997) a -0,35% (1998- 2008). Según Bitrán (2010), los países que han podido hacer la transición desde economías de desarrollo medio a economías más desarrolladas han mantenido tasas de crecimiento de la productividad total de los factores superiores al 1,5% al año durante periodos prolongados.

El nivel de desarrollo en ciencia, tecnología e innovación tiene efectos importantes en el crecimiento económico. Estudios recientes publicados en la literatura muestran un nivel significativo de externalidades positivas en la cooperación entre las regiones para su desarrollo en ciencia, tecnología e innovación; Porter (1998). Estas externalidades son definidas por Krugman (1991) como *knowledge spillovers*. En Chile, el impacto de los clusters y la innovación a nivel regional han sido estudiados por Felzensztein y Olavarría (2011).

Según Larraín (2006), más de la mitad de las diferencias en el PIB *per cápita* entre países se debe a diferencias en la productividad de los factores mientras que el cambio tecnológico es la principal fuente de crecimiento de la productividad en el largo plazo. La expansión de la productividad de los factores, por su parte, está estrechamente relacionada a la inversión en investigación y desarrollo (I+D). En este sentido, existe un amplio consenso sobre la importancia que tiene la inversión en I+D en el crecimiento de la productividad total de factores y, a través de ello, en la expansión del producto de un país. Países que dedican un mayor porcentaje del PIB a I+D tienden a crecer más rápidamente; ver al respecto, Lichtenberg y Siegel (1991), Bayoumi, Coe y Helpman (1999), Cameron, Proudman y Redding (2005). La I+D permite a los países adoptar mejores tecnologías, proporciona nuevos y mejores bienes y los frutos de esta actividad se difunden al resto de la economía. La evidencia empírica y los desarrollos teóricos respaldan esta idea.

Según datos reportados por OECD (2010) para el año 2008, la tasa de gasto en I+D / PIB de los países OECD en promedio fue de 2,4%, Israel posee la mayor tasa con 4,8%. Finlandia y Suecia poseen tasas de 3,7% y le siguen Alemania (2,7%), Irlanda (1,5%) y España (1,4%). El gasto en Latinoamérica es sustancialmente menor; según UNESCO, la tasa de gasto en I+D en Brasil es 1,1% (2010), mientras que según la OECD para Chile es 0,4% (2008).

En este contexto, resulta fundamental la elaboración de políticas públicas que orienten la investigación y el desarrollo de tal manera que se adquieran, fortalezcan y mantengan las capacidades científicas. Según Larraín (2006), más de la mitad de las diferencias en el PIB *per cápita* entre países se debe a diferencias en la productividad de los factores mientras que el cambio tecnológico es la principal fuente de crecimiento de la productividad en el largo plazo. La innovación se ha transformado en un determinante muy importante de la competitividad y del éxito de empresas, sectores de actividad y países; Porter y Stern (2001).

Para la planificación de políticas públicas orientadas al desarrollo de la ciencia, las tecnologías y la innovación, se debe disponer de datos precisos y confiables que reflejen el impacto y los alcances de las actividades científicas y tecnológicas en una sociedad. Con esta información, los países, especialmente los que están en vías de desarrollo, tendrían las bases necesarias para justificar el incremento de su inversión en ciencia y tecnología, a un nivel que eleve el desarrollo socioeconómico y reduzca la cada vez mayor brecha científica y tecnológica con los países desarrollados; Farías y Guzmán (2009).

En los últimos años ha habido especial interés en nuevos y mejores indicadores que representen la actividad de CTI: artículos científicos, patentes, comercio en productos de alta tecnología e innovaciones tecnológicas son algunos ejemplos. Muchas organizaciones internacionales (UNESCO, OECD, Unión Europea, National Science Foundation), gobiernos nacionales y regionales, asociaciones industriales y empresas consultoras han propuesto indicadores específicos y dimensiones globales que abarcan a varios indicadores para medir algún aspecto de la actividad en CTI; Godin (2011).

De acuerdo con la OECD (2002), se entiende por investigación y desarrollo experimental (R&D): "al trabajo creativo realizado de manera sistemática con el propósito de aumentar el stock de conocimiento, incluyendo el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de este stock de conocimiento para crear nuevas aplicaciones". El término R&D cubre tres actividades: (i) la *investigación base* es un trabajo experimental o teórico realizado para adquirir nuevo conocimiento sobre el fundamento de fenómenos o hechos observables, sin tener en vista ninguna aplicación o uso particular, (ii) la *investigación aplicada* es también realizada para adquirir nuevo conocimiento, aunque está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo específico y (iii) el *desarrollo experimental* es un trabajo que se basa en el conocimiento ganado en la investigación y/o la experiencia práctica que es dirigido a producir nuevos materiales, productos o servicios, a instalar nuevos procesos, sistemas o servicios, o a mejorar sustancialmente aquellos existentes o instalados. El criterio básico para distinguir la R&D de otras actividades relacionadas es la presencia de un grado considerable de novedad a partir de una interrogante científica y/o tecnológica.

En el manual OECD (1997) se define una innovación tecnológica como "la implementación, comercialización o adopción de un producto, servicio o proceso con

características significativamente mejoradas de acuerdo a criterios objetivos; lo cual puede involucrar cambios en equipos, recursos humanos, métodos de trabajo o en una combinación de estos”. En esta definición de innovación tecnológica se considera sólo los cambios significativos que ocurren al nivel de una firma particular en sus productos, servicios o procesos.

Es importante notar que para que una innovación tenga lugar, ésta debe ser adoptada. Podría existir el conocimiento y la tecnología para producir una innovación pero esta no concretarse.

En este artículo se presentan indicadores regionales de ciencia, tecnología e innovación para Chile. Aparte de esta introducción, en la Sección 2 se presentan los objetivos de este estudio, en la Sección 3 se propone un modelo para la medición de la actividad de ciencia tecnología e innovación que permite identificar el origen y el tipo de la actividad mediante indicadores de potencial, input y output. La Sección 4 describe los indicadores propuestos por la OECD para sus miembros; también se hace un análisis de otras propuestas en la literatura académica y en informes institucionales. La Sección 5 hace una propuesta en base a indicadores específicos y elabora los indicadores y *clusters* de regiones con características similares. La Sección 6 presenta las conclusiones.

2. Objetivos del Estudio

Objetivo General

Determinar una tipología de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de las 15 regiones de Chile.

Objetivos Específicos

1. Validar los indicadores e información recopilada a la fecha.
2. Proponer una metodología de las capacidades científico-tecnológicas y de innovación en las regiones.
3. Recopilar información secundaria que no se dispone actualmente, o que la propia consultora estime necesaria.
4. Analizar la información obtenida y sistematizada.
5. Generar recomendaciones de políticas y metodológicas en materia de ciencia, tecnología e innovación a nivel regional.

3. Un Modelo de Medición de Ciencia, Tecnología e Innovación

El indicador más usado para medir la actividad que un país realiza en ciencia, tecnología e innovación es el gasto bruto en investigación y desarrollo (GBID). Mientras mayores sean los recursos que un país o una región destinen a la actividad de investigación y desarrollo, ese país o región se dice más orientado hacia la ciencia, la tecnología y la innovación. El indicador GBID mide el *input* en el proceso producción y se refiere a recursos financieros y de capital humano invertidos en actividades de investigación. Usualmente, el indicador GBID se mide en relación al PIB y se ha establecido un *benchmark* de 3% como el nivel óptimo o deseado; ver Godin (2011).

En los últimos años, la preocupación de académicos, ejecutivos de empresas e instituciones públicas dedicadas a la ciencia, la tecnología y la innovación se ha enfocado en la elaboración de indicadores de *output* o producción, como publicaciones científicas, nuevas empresas, patentes, innovaciones de productos y procesos, entre otros, más que en el indicador GBID de input. Los indicadores de *output* se pueden desagregar de dos maneras de interés: según (i) quien lo produce: el estado, el sistema universitario/educacional e instituciones privadas no educacionales y según (ii) el grado de aplicación: producción o *output* puramente científico o teórico y producción de tecnología o innovaciones en las cuales el nuevo conocimiento se coloca en uso; Godin (2011).

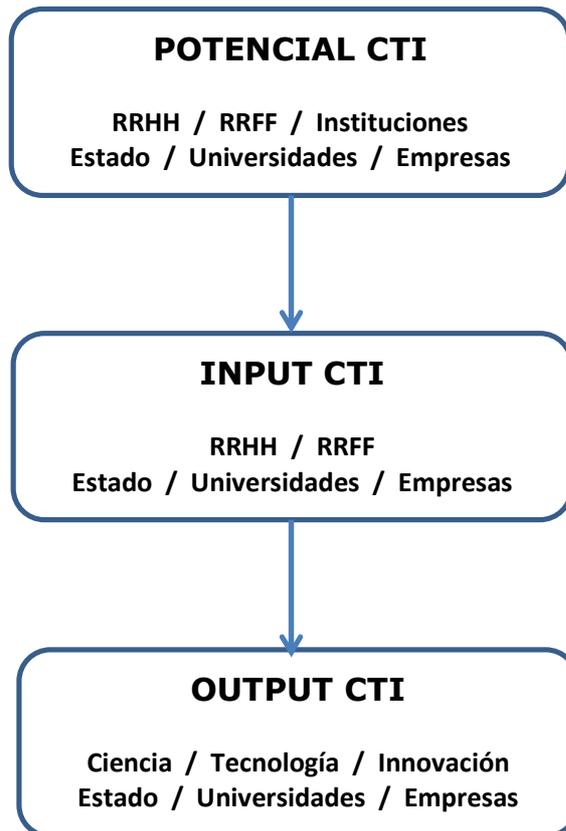
Por otra parte, para que la producción científica, las nuevas tecnologías y las innovaciones tengan impacto en variables objetivo como la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida, ésta tiene que ser difundida; la producción científica en sí misma no es suficiente. En este sentido, son válidos los esfuerzos por medir también la *comunicación* y la *colaboración* como dos moderadores de la ciencia, la tecnología y la innovación; Godin y Doré (2005). Finalmente, Unesco (1969) propone medir el concepto de *potencial* científico y tecnológico. Este potencial se refiere al conjunto de recursos que un país o una región dispone con el propósito de generar nuevo conocimiento. Este potencial incluye recursos humanos, financieros e institucionales.

En la Figura 1 se presenta un modelo que pretende abarcar las distintas áreas donde participa la ciencia, la tecnología y la innovación. En el desarrollo del modelo propuesto en la Figura 1 se sigue, en alguna medida, a Delgado, Esmeraldo y Olivera (2002).

El modelo presentado en la Figura 1 se lee de la siguiente forma. Cada país o región tiene un potencial de CTI. Este potencial se puede descomponer en los distintos recursos que conforman los insumos de la CTI: recursos humanos, recursos financieros y recursos institucionales. El potencial de CTI también se puede descomponer en

recursos administrados por el estado, administrados por las universidades, centros de investigación y otras instituciones afines, y los administrados por empresas privadas.

Figura 1: Un Modelo de Medición de Ciencia, Tecnología e Innovación



De esta manera, una fotografía del potencial de CTI en una región permite detectar qué recursos están disponibles y quién administra esos recursos. Si una región no tiene buenos indicadores de potencial, los recursos de input no podrán ser bien aprovechados para producir CTI y la descomposición de los indicadores anteriores permitiría saber qué recursos son escasos y quién administra estos recursos.

Los recursos de input corresponden a los recursos que se han dedicado a CTI. Estos recursos se desagregan en recursos financieros y humanos por una parte y se desagregan según el origen de los recursos: del Estado, del sistema de universidades y de las empresas privadas. El cociente entre los indicadores de input y los de potencial permite detectar regiones donde el input está bajo/sobre el potencial.

Finalmente, se mide el output del sistema de CTI. Este output se desagrega según el tipo de conocimiento creado: investigación base por una parte y tecnología e innovación por otra, y según el sector de actividad: Estado, sistema universitario y empresas privadas. De esta manera se pueden relacionar los indicadores de output con los de input y con los de potencial; tanto a nivel agregado como según el tipo de institución que participa en la creación del conocimiento y el tipo de nuevo conocimiento creado.

Un sistema de información como el presentado en la Figura 1 permite describir cabalmente el estado de la ciencia, la tecnología y la innovación en un país o región, al mismo tiempo que permite diseñar políticas para el mejoramiento de la CTI y para el monitoreo del sistema de información en el tiempo. En la literatura se pueden encontrar diversos estudios que proponen modelos similares al planteado en la Figura 1. Xiaofei y Xiufang (2008) proponen un sistema de medición regional para China basado en cuatro dimensiones: (i) indicadores de las condiciones de soporte en la cual se mide el PIB, el número de instituciones y el personal capacitado, (ii) indicadores de input como los recursos destinados y el personal que efectivamente trabaja actividades de ciencia, tecnología e innovación, (iii) indicadores de output como el número de patentes y el número de papers científicos y (iv) indicadores de intercambio de tecnología.

Las dimensiones y los indicadores específicos utilizados por Xiaofei y Xiufang (2008) coinciden casi exactamente con los propuestos en este estudio. La exclusión de la cuarta dimensión relativa al intercambio de tecnología se explica por la disponibilidad de información y porque consideramos que se trata de indicadores del proceso de generación de innovación y tecnología. Xiaofei y Xiufang (2008) usan un Análisis de Factores para la construcción de indicadores agregados, lo cual tiene el inconveniente que está basado en una metodología puramente estadística y que no permite hacer comparaciones en el tiempo.

Guan y Liu (2005) utilizan un conjunto más reducido de indicadores y la metodología de Análisis de Factores y estandarización de variables para obtener indicadores agregados en China. El *European Innovation Scoreboard (EIS)* usa una variedad de



indicadores agrupados en las categorías: *Enablers*, *Actividades de la Firma* y *Outputs*. Estas categorías coinciden casi exactamente con las presentadas en la Figura 1, aunque se debe tener en cuenta que los indicadores EIS consideran sólo la innovación.

Los conceptos definidos en la Figura 1, capacidades potenciales, inputs y outputs son relevantes para el diseño de políticas públicas en relación con ciencia, tecnología e innovación. Según Gambardella y García-Fontes (1994), una mirada de corto plazo en la asignación de recursos de investigación y desarrollo mira al desempeño histórico de las regiones o centros de investigación mientras que una mirada de más largo plazo toma en cuenta el potencial de las distintas regiones para obtener productos en el futuro. Hay un trade-off entre corto y largo plazo.

4. Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación

Numerosas organizaciones como UNESCO, OECD, Unión Europea a través de *Eurostat*, *National Science Foundation*, así como gobiernos nacionales y regionales, asociaciones industriales y empresas consultoras han propuesto indicadores para medir la actividad de ciencia, tecnología e innovación. En el Cuadro 1 se analizan índices de medición para la investigación, tecnología e innovación. Cada uno de estos indicadores, es presentado detallando la inclusión o exclusión de categorías en sus análisis. Cada una de estas categorías, reúne un grupo de indicadores que la determina. El análisis de índices por categorías de indicadores permitirá observar la amplitud y grado de profundidad de cada uno de ellos, independiente de los tiempos que utilice para construirse y formas de recabar datos.

El *Gasto en Investigación y Desarrollo* corresponde principalmente a indicadores que registran la inversión de instituciones privadas y públicas para stakeholders de la innovación y desarrollo de tecnologías. También se distingue el gasto en investigación y desarrollo del sector privado (BERD), como parte de esta medición.

En segundo lugar, *Personal Dedicado a Investigación y Desarrollo* reúne los indicadores de profesionales que se encuentran trabajando en las áreas de educación superior, empresas comerciales relacionadas con la investigación y el desarrollo de tecnologías y el gobierno. Los indicadores que son clasificados en ésta categoría, principalmente registran información de la cantidad de profesionales respecto de tasas de crecimiento y compara los profesionales dedicados a la R&D según su sector (Educativo, gobierno, empresas comerciales).

La *Balanza de Pagos* presenta en pocos indicadores las transacciones internacionales de "tecnología" que posee el país. En esta categoría se presentan indicadores correspondientes a balanzas de pagos tecnológicas diferenciando los tipos de monedas y zonas con las cuales se comercializa.

El área de *Comercio en Industrias Intensivas en Investigación y Desarrollo*, contempla las exportaciones, importaciones y la participación en cada uno de esos mercados de industrias tecnológicas como la industria aeroespacial, electrónica y farmacéutica.

Por otro lado, la categoría *Patentes* corresponde a indicadores que registran la cantidad de patentes solicitadas y/o aceptadas. Algunos de los indicadores que se destacan en este segmento son las patentes relacionadas con las TIC (*tecnologías de la información y la comunicación*), la biotecnología y nano tecnología. Se registra también, el origen de las invenciones realizadas dentro del territorio y la propiedad de invenciones realizadas en otros países.

Cuadro 1: Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación

	RICYT	OECD MSTI	OECD Outlook	OECD Scoreboard	Norway Indicators	FECYT (España)	Cluster (Finland 2008)
Gasto en R&D	x	x	X	x	x	x	x
Personal dedicado a R&D	x	x	X	x			
Balanza de Pagos		x			x	x	x
Comercio en Industrias intensivas en R&D		x		x			x
Patentes	x	x	X	x		x	
Incentivos Tributarios			X	x			
RRHH en Ciencia y Tecnología			X	x	x	x	x
Educación	x		X	x			x
Bibliométrica	x		X	x			x
Investigadores y Doctorados				x			
Resultados de R&D e innovación					x		x
Infraestructura							x
Medio Ambiente y Salud							x

Fuente: ICONO (2010), IBIAC (2004), Kaisa, S. (2008), Gault, F. (2008), Verde Consulting (2010)

En el segmento de *Incentivos Tributarios* se rescatan indicadores que registran los siguientes elementos. Los costos de los incentivos fiscales sobre R&D y las subvenciones tributarias para PYMES y grandes empresas sobre la R&D.

Para el segmento de *Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología* está determinado por indicadores de tasas de crecimiento de empleo y puestos de trabajo en la industria manufacturera y de servicios. También en este segmento se analiza la cantidad de trabajadores que se desempeña en tareas de ciencia y tecnología respecto de total de trabajadores en la industria.

En *Educación* se representan los indicadores provenientes de los graduados universitarios y los programas de estudios que se realizan en el país. Los principales indicadores son la cantidad de alumnos graduados, cantidad de graduados en Ciencias o en Ingeniería, tasa de desempleo y de crecimiento en puestos de trabajo para graduados universitarios, entre otros.

La *Bibliométrica* corresponde a indicadores que registran las publicaciones de artículos científicos realizados y los temas sobre los cuales estos artículos profundizan. También en este segmento es analizada la participación relativa de publicaciones de determinados tópicos. Bibliométrica presenta indicadores especiales para algunos temas de publicaciones, entre otras la medicina, cambio climático, nano dispositivos y computación.

El ítem "*Investigadores y Doctorados*" reúne los indicadores de empleabilidad, condiciones de contrato y áreas de trabajo de quienes se han obtenido el título de doctores. De manera complementaria a estos indicadores, este ítem recoge también, estadísticas de doctores según sus lugares de trabajo como universidades, gobierno u otras y la edad de quienes obtienen estos títulos.

Dentro del segmento de *Resultados de R&D e Innovación* se encuentran agrupados los principales índices económicos e indicadores de cada zona estudiada. Se pueden distinguir indicadores referentes al nivel de desarrollo económico, productos internos brutos e ingresos autónomos. Otro grupo de indicadores importantes que se encuentra dentro de este segmento son los indicadores de productividad.

En el segmento *Infraestructura* se reúnen los indicadores referentes a tecnologías de información, comunicación y accesibilidad. Entre otros indicadores están incluidas mediciones de redes de comunicación, suscriptores de banda ancha, uso de Internet, conectividad aérea y marítima.

Para el *Medio Ambiente y Salud* rescata indicadores de desarrollo sostenible en las zonas estudiadas. Principalmente se miden indicadores de recursos destinados al ahorro de energías, cuidado del aire y agua, reducción de emisión de gases, entre otros. Por otro lado se incorporan en este grupo indicadores que hacen referencia temas de Salud como la esperanza de vida, mortalidad infantil, etc.

Para el desarrollo de estadísticas e información sobre los niveles de innovación, ciencias y tecnología, distintos organismos han propuesto métodos y manuales de medición que en algunos puntos difieren y en muchos coinciden. A continuación se analizará brevemente algunas de las diferencias más relevantes.

La Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología para Iberoamericana e Interamericana (RICYT) utiliza un set de indicadores basado principalmente en los input y output más importantes. La RICYT no presta especial atención a factores que impliquen procesos de innovación o desarrollo de tecnologías. Si bien este set de indicadores no rescata de buena manera todos los *stakeholders*, logra proporcionar indicadores importantes en países donde no existe la suficiente información para desarrollar indicadores más complejos.

Países desarrollados como España, Noruega o Finlandia han desarrollado indicadores más complejos que incorporan información más detallada de input y outputs e indicadores de proceso. En específico, estos países, incorporan dentro de sus análisis los factores de Recursos Humanos complementario al factor de Capital Humano y la introducción de la Balanza de Pagos.

Países como Finlandia han considerado importante la medición de elementos como salud, desarrollo sustentable, medio ambiente e infraestructura. Incorporar este tipo de grupos de indicadores podría ampliar el panorama de impacto y procesos de la innovación, tecnología y ciencias, pero a la vez implican un nivel de profundización de la información que pocos países y regiones poseen. Este tipo de análisis requieren un gran esfuerzo y debido a ello son poco estandarizable y comparables entre regiones o países.

De forma paralela al trabajo individual de países, la OECD ha sido uno de los principales organismos promotores de la construcción de indicadores para la ciencia, tecnología e innovación. En sus diferentes boletines la OECD presenta una de las metodologías más completas en cuanto a indicadores y ámbitos que se miden de manera periódica. La OECD por medio de su informe "Science, Technology and Industry Scoreboard" introduce información que corresponden a grupos de indicadores que rescatan los programas de investigación y doctorados, incentivos tributarios, comercio internacional, complementariamente a los grupos de indicadores clásicos como patentes y bibliométrica.

La National Science Fundation (NSF), una de las importantes organizaciones involucradas en la medición de ciencia y tecnología, posee un set de indicadores muy similar al de la OECD y en específico al boletín Science, Technology and Industry Scoreboard. Tanto la NSF como la OECD no contemplan factores como la infraestructura, el medio ambiente y la salud a diferencia de informes realizados por países desarrollados como Finlandia.

Respecto de las mediciones realizadas por los distintos países y organizaciones se debe hacer un análisis riguroso. Los indicadores pueden medir factores que registren la innovación, la producción tecnológica o desarrollo de las ciencias en un tipo de país, pero no necesariamente este modelo es replicable para todos. Las comparaciones y uso de los manuales de países desarrollados u organizaciones como la OECD, debe ajustarse según el tipo de país o región en que se aplica. Así también lo plantean Hernán Jaramillo, Gustavo Lugones y Mónica Salazar en el Manual de Bogotá en 2001. "Las especificidades existentes a nivel regional, nacional e, incluso, local, que distinguen a las firmas latinoamericanas de sus pares localizadas en los países más desarrollados de la OECD, están relacionadas con las características particulares de sus respectivos Sistemas de Innovación, la conformación de los mercados en que operan, el tamaño y las características de la firma predominante, el grado y carácter de la inserción internacional de la economía, entre otros aspectos. Esto obliga a reflexionar acerca de cuáles son las formas más adecuadas que deben asumir los ejercicios de medición y hasta qué punto es pertinente el empleo de procedimientos y criterios (como los sugeridos en el Manual de Oslo) cuyo diseño responde a experiencias surgidas de realidades no necesariamente (o, al menos, no totalmente) asimilables a las de nuestra región"¹

En Eurostat (2010) utilizan algunos pocos indicadores para representar el nivel de STI en regiones de países de Europa. Además, para estos indicadores se tienen definidos niveles altos medios y bajos. Los indicadores son: (i) Intensidad R&D relativa al PIB, (ii) Investigadores como porcentaje de las personas empleadas, (iii) Recursos humanos en CTI como porcentaje de la población activa y (iv) Patentes relativo a la población.

¹ Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe. MANUAL DE BOGOTÁ.2001. Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) / Organización de Estados Americanos (OEA) /PROGRAMA CYTED.

5. Resultados del Estudio

Los indicadores de CTI tienen usualmente varias dimensiones, típicamente seleccionadas en términos conceptuales para representar distintos aspectos del proceso o de las condiciones disponibles para la generación de nuevo conocimiento o en base a un Análisis de Factores a partir de un gran número inicial de indicadores. El Análisis de Factores es una técnica estadística que agrupa indicadores parciales en dimensiones o conceptos más agregados en términos de la correlación presente en los indicadores parciales; en este sentido, se trata de una metodología que incorpora sólo la información contenida en los datos y no permite incorporar la visión del investigador en la formulación de las distintas componentes o dimensiones.

Varios estudios han intentado generar, a partir de los indicadores parciales, un indicador global que represente el desarrollo de CTI a través del tiempo o entre países o regiones geográficas; ver, por ejemplo, Benzaquen *et. al.* (2010), Martínez y Baumert (2003), Archibugi y Coco (2004) y Blázquez de la Hera y García-Ochoa (2009).

Dos problemas técnicos que se deben considerar al agregar indicadores parciales para formar un indicador global son: (i) los indicadores parciales tienen muy distintas unidades de medida y por tanto se deben llevar a una escala común antes de ser agregados y (ii) se requiere un sistema de ponderación para los indicadores parciales que conforman el índice global. El Análisis de Factores resuelve estos problemas estandarizando las variables y ponderando según las correlaciones. Una alternativa menos popular que también se ha discutido en la literatura, ver Benzaquen *et al.* (2010), es la de trabajar con los rangos de los indicadores parciales, definidos como el orden o rango de los datos al ordenarlos de menor a mayor o mayor a menor, con lo cual se pierde la información cuantitativa contenida en los indicadores parciales y no resuelve el problema de las ponderaciones.

A nuestro entender, el Análisis de Factores se basa en criterios solamente estadísticos para establecer las dimensiones y éstas podrían no estar completamente alineadas con la autoridad que quiere tener una visión de las distintas etapas de desarrollo de una región de manera de implementar políticas públicas eficaces. Por otra parte, los indicadores estandarizados tienen una desventaja muy importante que se refiere a que se hacen dependientes del período de tiempo que se está usando para construir el índice lo cual no permite hacer comparaciones entre períodos, lo cual es muy importante para el diseño de políticas. Por último el Análisis de Factores requiere de mucha información, varios años para cada una de las 15 regiones, para poder calcular de manera confiable la estructura de correlaciones entre los indicadores parciales.

En este trabajo se propone una metodología diferente. Se debe tener presente que pueden haber dos intereses en la medición del nivel de ciencia, tecnología e innovación

a nivel regional. Una se refiere al nivel relativo del nivel de desempeño en relación a otras regiones; el interés aquí está puesto en el valor relativo al desempeño de otras regiones. El segundo interés está puesto en los niveles absolutos. Las dos medidas son relevantes. Una región podría tener un desempeño bajo en relación a otras regiones, pero por sobre los niveles internacionalmente aceptados, mientras que una región puede tener niveles de desarrollo por sobre los de otras regiones, aunque aún bajo los *benchmark* que se han definido como los estándares internacionales.

Para obtener indicadores relativos del nivel de ciencia, tecnología e innovación se propone construir indicadores relativos de *distribución* de la actividad de CTI en las regiones para cada uno de los tres grandes indicadores: *potencial*, *input* y *output*.

$$\text{Indicador Regional CTI} = \sum (\text{Ponderación}) \frac{\text{Indicador Parcial Región}}{\text{Indicador Parcial Total País}}$$

Las ponderaciones deben ser asignadas. Estas ponderaciones pueden ser obtenidas de: (i) una pequeña encuesta a expertos en ciencia, tecnología e innovación o (ii) usando algún criterio propuesto por los investigadores. En este trabajo se opta por esta segunda alternativa.

Los indicadores parciales que se utilizan para cada uno de los tres grandes índices: *potencial*, *input* y *output*, se pueden descomponer en indicadores que se refieren a investigación Científica y Tecnológica e indicadores que se refieren a Innovación Tecnológica. De esta manera se pueden calcular, en forma separada, indicadores de Ciencia y Tecnología² e indicadores de Innovación Tecnológica.

I. Indicador CTI Potencial

Los indicadores parciales para medir el potencial de CTI que proponemos, y sus ponderaciones, entre paréntesis, son:

- PIB Regional *per cápita* 2008, Banco Central³ (0.25)
- Capital Humano Avanzado: Porcentaje de la población con estudios universitarios entre quienes han terminado la educación formal, Encuesta Casen 2009 (0.25)
- Instituciones (0.50)
 - Número de Empresas Grandes por miles de habitantes (0.25)

² En adelante los indicadores de investigación Científica y Tecnológica serán referidos como Ciencia.

³ Para las regiones Arica y Parinacota, Tarapacá, Los Ríos y Los Lagos se distribuye el PIB 2008 según la distribución del año 2010 porque no existe información al año 2008. En efecto, al momento de hacer los cálculos, la información desagregada no estaba disponible.

- Presupuesto de Instituciones de Educación Superior CRUCH por miles de habitantes en el año 2008, MINEDUC (0.25)

De esta manera podemos obtener un indicador agregado de potencial de desarrollo en CTI para cada una de las regiones. Las ponderaciones fueron modificadas para hacer un análisis de sensibilidad; los resultados resultaron muy similares porque los distintos indicadores parciales están muy correlacionados.

El Cuadro 2a muestra los indicadores parciales y el indicador global de potencial en CTI. El indicador global varía entre 0,51 (Lib. B. O'Higgins) y 1,37 (Metropolitana) lo cual significa que la diferencia en potencial llega a ser más de 3 veces entre estas regiones. Destacan las regiones Metropolitana, Magallanes, Tarapacá y Antofagasta por su alto potencial relativo y las regiones Coquimbo, Lib. B. O'Higgins, Maule, Araucanía y Aysén por los bajos niveles de potencial. Al separar el indicador global en uno de potencial en ciencia y uno de potencial en innovación tecnológica se observa que en ciencia los indicadores varían más de 4 veces entre Arica y Parinacota (1,34) y Lib. B. O'Higgins (0,32) mientras que en innovación tecnológica los indicadores varían algo menos de 3,5 veces entre Tarapacá (1,44) y Araucanía (0,42). También se observa desde el Cuadro 2a que algunas regiones tienen mayor concentración de potencial en ciencia mientras que otras tienen mayor potencial en innovación tecnológica.

Al realizar un análisis de conglomerados de las regiones, usando los indicadores parciales, se establece la presencia de 4 grupos de regiones según se muestra en el Cuadro 2a. Este análisis de conglomerados se hace en forma *ad-hoc* a partir de los resultados de los indicadores de potencial en ciencia e innovación tecnológica. En el primer conglomerado se asocian las regiones con niveles superiores al 20% del promedio nacional del índice potencial en ciencia y en innovación tecnológica. Las regiones que conforman este conglomerado son la Metropolitana y la de Magallanes. En el segundo conglomerado se consideran las regiones que tienen uno de los dos indicadores en niveles superiores al 20% del promedio nacional. Estas regiones destacan en potencial de ciencia o innovación tecnológica pero no en ambos. Las regiones que componen este conglomerado son: Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. Luego, el tercer conglomerado contiene a las regiones que en al menos uno de los indicadores tienen un nivel cercano al promedio nacional: Valparaíso, Biobío y Los Ríos. En el cuarto conjunto de regiones quedan aquellas que tienen niveles bajo el promedio nacional tanto en ciencia como en innovación tecnológica: Atacama, Coquimbo, Lib. B. O'Higgins, Maule, Los Lagos y Aysén.

Los resultados del análisis presentado ponen de manifiesto los dos desafíos que enfrenta el país en el desarrollo de las capacidades de CTI. Primero, la existencia de 6 regiones con capacidades relativas muy bajas, tanto en ciencia como en innovación tecnológica y, segundo, la existencia de 4 regiones que si bien tienen capacidades en el ámbito de las ciencias, no lo tienen en el ámbito de la innovación tecnológica, lo cual se traduce en una amenaza para el natural diálogo entre investigación teórica y desarrollo e innovación.

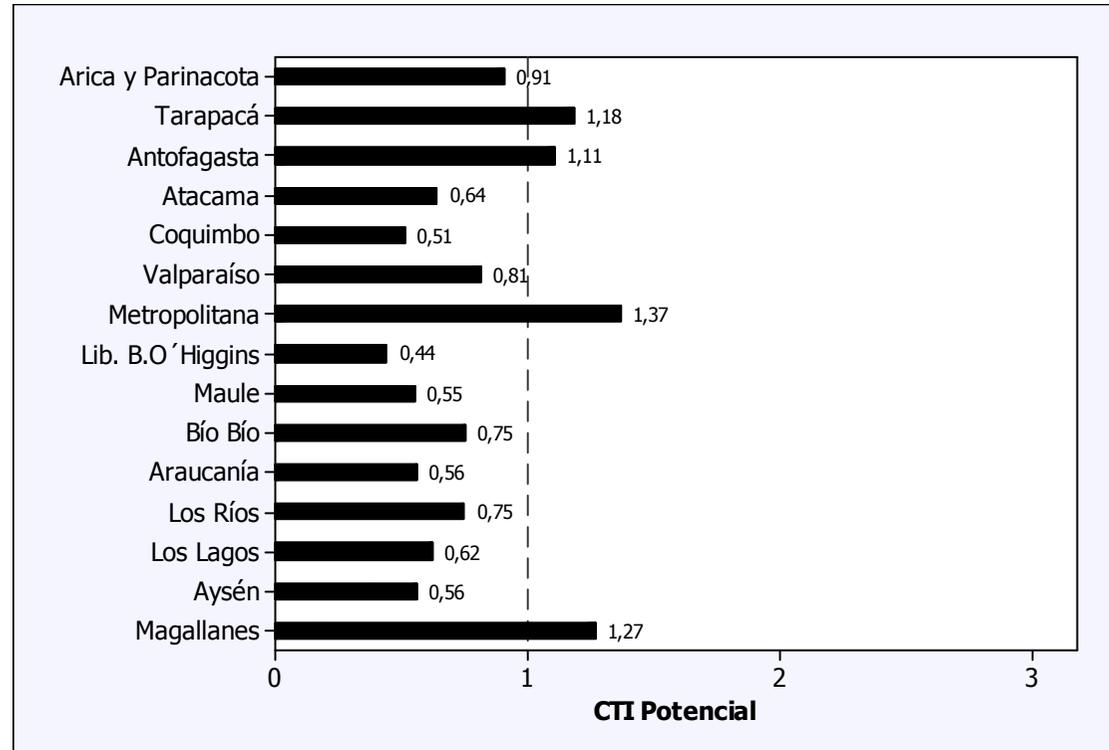
Cuadro 2a: Indicadores de CTI Potencial 2008

PIB *per cápita*, empresas grandes respecto de población, presupuesto de universidades según población, porcentaje de la población que termina su educación formal con educación universitaria. Indicador CTI potencial total, de ciencia e innovación tecnológica. Conglomerado.

Región	PIB pc (Dólares)	Empresas Grandes / 1000 Población	Presupuesto Universidades/ Población	Población Educación Universitaria (%)	Indicador CTI Potencial Total	Indicador CTI Potencial Ciencia	Indicador CTI Potencial Innovación tecnológica	Conglomerado
Arica y Parinacota	4,835	0,22	179,7	3,1	0,91	1,34	0,47	2
Tarapacá	17,094	1,00	50,5	3,8	1,18	0,93	1,44	2
Antofagasta	18,675	0,36	94,8	4,0	1,11	1,24	0,97	2
Atacama	11,232	0,26	41,7	2,4	0,64	0,66	0,63	4
Coquimbo	5,689	0,23	41,3	2,9	0,51	0,54	0,49	4
Valparaíso	7,826	0,31	90,0	4,1	0,81	0,95	0,68	3
Metropolitana	10,968	1,08	110,6	6,0	1,37	1,26	1,48	1
Lib. B. O'Higgins	7,081	0,31	2,4	2,4	0,44	0,32	0,56	4
Maule	5,833	0,26	47,8	2,9	0,55	0,59	0,52	4
Biobío	7,630	0,29	88,0	3,4	0,75	0,89	0,61	3
Araucanía	4,274	0,19	73,7	2,9	0,56	0,70	0,42	4
Los Ríos	6,593	0,22	116,7	2,8	0,75	1,00	0,49	3
Los Lagos	6,184	0,43	42,9	3,0	0,62	0,57	0,67	4
Aysén	10,200	0,28	0,0	3,5	0,56	0,45	0,68	4
Magallanes	13,462	0,62	103,1	6,9	1,27	1,32	1,22	1
Total País	10,198	0,62	85,6	4,4	1,00	1,00	1,00	

Fuentes: Encuesta de Innovación e I+D 2008, Banco Central, MINEDUC, INE.

Figura 2a: Indicadores CTI Potencial 2008



II. Indicador CTI Input

Para el indicador de CTI *Input* se proponen los siguientes indicadores parciales con sus ponderaciones:

- Gasto en investigación y desarrollo relativo al PIB regional, Encuesta de Innovación y Encuesta de I+D, año 2008 (0,5).
- Número de personas que trabajan en investigación y desarrollo relativo a la población económicamente activa, Encuesta de Innovación y Encuesta de I+D, año 2008 (0,5).

Estos indicadores parciales permiten construir un índice agregado de CTI *input*; sin embargo, también se dispone de información de gasto y número de personas que trabajan en investigación y desarrollo para el sector universidades y para las empresas privadas lo cual se asocia a investigación en ciencia e innovación tecnológica respectivamente. Esto permite calcular indicadores separados para ciencia e innovación tecnológica. El indicador total de gasto incluye también otros sectores como el Estado e Instituciones Privadas Sin Fines de Lucro (IPSFL).

El Cuadro 2b muestra los indicadores parciales y el indicador global de *input* en CTI. El indicador global varía más de 10 veces entre 0,20 (Lib. B. O'Higgins) y 2,75 (Magallanes). Destacan, en el Cuadro 2b, los altos niveles de los indicadores de *input* en Magallanes y Arica y Parinacota. Al analizar estos índices se debe tener presente que estas regiones son pequeñas tanto en población como en PIB, representando cada una alrededor del 1% del total nacional. Las otras regiones con mayores niveles de *input* relativo en investigación y desarrollo son la Metropolitana y Los Ríos. En el otro extremo, la región con menor *input* es Lib. B. O'Higgins. Al separar el indicador global en uno de *input* en ciencia y uno de *input* en innovación tecnológica se observa que en ciencia los indicadores varían más de 20 veces entre las mismas regiones anteriores mientras que en innovación tecnológica los indicadores varían entre 0,00 (Aysén) y 3,60 (Arica y Parinacota).

Al realizar un análisis de conglomerados de las regiones, usando los indicadores parciales de ciencia e innovación tecnológica, se establece la presencia de 4 conglomerados de regiones según se muestra en el Cuadro 2b.

El primer grupo está compuesto por las regiones: Arica y Parinacota, y Magallanes que presentan indicadores muy altos tanto en ciencia como en innovación tecnológica. Un segundo grupo de regiones se caracteriza por tener uno de los dos índices superior al menos 20% respecto del promedio nacional. Estas regiones son: Atacama, Valparaíso, Metropolitana, Biobío, Araucanía y Los Lagos. De estas regiones se distinguen aquellas con alto *input* en ciencia como Valparaíso, Biobío, Araucanía y Los Ríos y aquellas con alto *input* en innovación como Atacama, Metropolitana y Los Lagos. El tercer grupo de

regiones, en el análisis de conglomerados, contiene a aquellas que tienen uno de los indicadores cerca del promedio nacional: Antofagasta y Aysén. Finalmente, en el cuarto grupo de regiones se encuentran aquellas que tienen ambos indicadores bajo el promedio nacional. Estas regiones son: Tarapacá, Coquimbo, Lib. B. O'Higgins y Maule.

Varios análisis se pueden hacer a partir de los indicadores de potencial e *input*. El coeficiente de correlación entre los indicadores es 0,50 ($p = 0,050$) mientras que la correlación entre los índices potencial e *input* para ciencia es 0,65 ($p = 0,009$) y la correlación entre los índices de innovación tecnológica es 0,23 ($p = 0,419$). Se desprende que en ciencia hay una mayor correspondencia entre el potencial y los recursos asignados mientras que esta correspondencia es más baja en innovación tecnológica. Por otra parte, al igual como lo observamos en los indicadores de potencial, algunas regiones presentan algún grado de especialización en ciencia o en innovación tecnológica, lo cual podría estar expresando una falta de diálogo entre las ciencias más teóricas y las aplicaciones.

III. Indicador CTI Output

Finalmente, los indicadores parciales para conformar el indicador CTI de *output* que proponemos y sus ponderaciones son los siguientes:

- Publicaciones ISI 2008, CONICYT (0,40)
- Patentes Solicitadas (0,20)
- Porcentaje de empresas que realizan innovación tecnológica, Encuesta de Innovación 2008 (0,40)
 - de productos (0,20)
 - de procesos (0,20)

A partir de estos indicadores parciales se puede construir un índice global de CTI *output* pero también se puede separar este índice en uno de ciencia al considerar sólo las publicaciones ISI y uno de innovación tecnológica al considerar los otros índices parciales. Podría llamar la atención la baja ponderación que asignamos al indicador "Patentes Solicitadas" que a nivel internacional es uno de los indicadores más utilizado, sin embargo, en Chile el nivel de patentamiento aún es bajo.

El Cuadro 2c presenta los indicadores parciales y el indicador global de *output* en CTI. El indicador global varía más de 3 veces entre 0,41 (Los Lagos) y 1,30 (Metropolitana). Los indicadores más altos, después de la Región Metropolitana lo presentan Los Ríos y Biobío; mientras que los indicadores más bajos después de Los Lagos se presentan en Tarapacá y Maule. Al separar el indicador global en uno de *output* en ciencia y uno de *output* en innovación tecnológica se observa que en ciencia los indicadores varían entre 0,02 (Lib. B. O'Higgins) y 2,30 (Los Ríos) mientras que en innovación tecnológica los índices varían entre 0,25 (Arica y Parinacota) y 1,56 (Atacama).

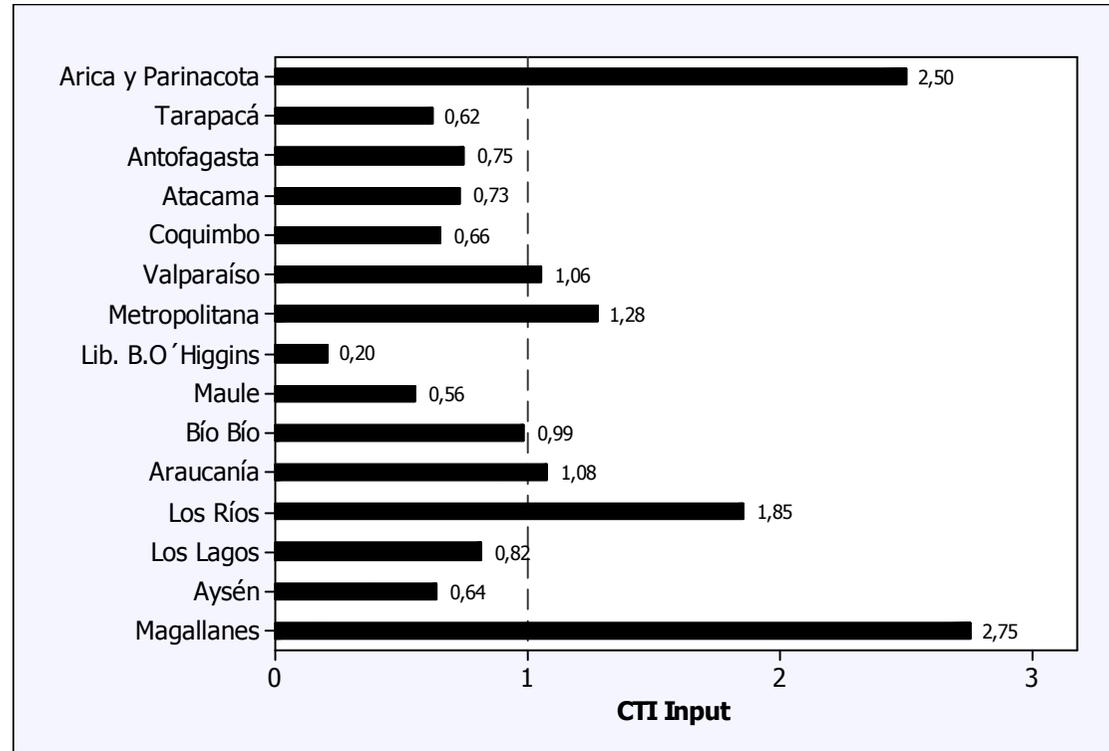
Cuadro 2b: Indicadores de CTI Input 2008

Porcentaje del gasto en I+D respecto del PIB, personas que trabajan en I+D respecto de la población económicamente activa.
Indicador CTI input total, ciencia e innovación tecnológica. Conglomerado.

Región	Gasto I+D Total / PIB	Gasto I+D Empresas/PIB	Gasto I+D Educación / PIB	% HRSTO / PEA	% HRSTO Empresas / PEA	% HRSTO Universidades / PEA	Indicador CTI Input Total	Indicador CTI Input Ciencia	Indicador CTI Input Innovación tecnológica	Conglomerado
Arica y Parinacota	1,34	1,03	0,24	0,38	0,06	0,32	2,50	1,78	3,60	1
Tarapacá	0,19	0,13	0,05	0,18	0,05	0,13	0,62	0,58	0,70	4
Antofagasta	0,23	0,13	0,08	0,22	0,03	0,19	0,75	0,85	0,63	3
Atacama	0,31	0,17	0,03	0,16	0,11	0,05	0,73	0,25	1,20	2
Coquimbo	0,33	0,07	0,10	0,12	0,00	0,11	0,66	0,68	0,24	4
Valparaíso	0,45	0,10	0,33	0,23	0,04	0,20	1,06	1,64	0,52	2
Metropolitana	0,50	0,24	0,18	0,31	0,14	0,17	1,28	1,10	1,56	2
Lib. B. O'Higgins	0,13	0,10	0,03	0,02	0,02	0,00	0,20	0,09	0,40	4
Maule	0,19	0,05	0,10	0,15	0,01	0,14	0,56	0,76	0,22	4
Biobío	0,34	0,11	0,17	0,27	0,05	0,21	0,99	1,22	0,65	2
Araucanía	0,52	0,11	0,23	0,20	0,04	0,17	1,08	1,24	0,55	2
Los Ríos	0,90	0,07	0,55	0,34	0,02	0,32	1,85	2,73	0,34	2
Los Lagos	0,54	0,26	0,12	0,06	0,06	0,00	0,82	0,37	1,20	2
Aysén	0,49	0,00	0,28	0,01	0,00	0,01	0,64	0,90	0,00	3
Magallanes	1,34	0,13	0,77	0,51	0,38	0,12	2,75	2,79	2,68	1
Total País	0,39	0,16	0,16	0,24	0,08	0,16	1,00	1,00	1,00	

Fuente: Encuesta de Innovación e I+D 2008, INE.

Figura 2b: Indicadores CTI Input 2008



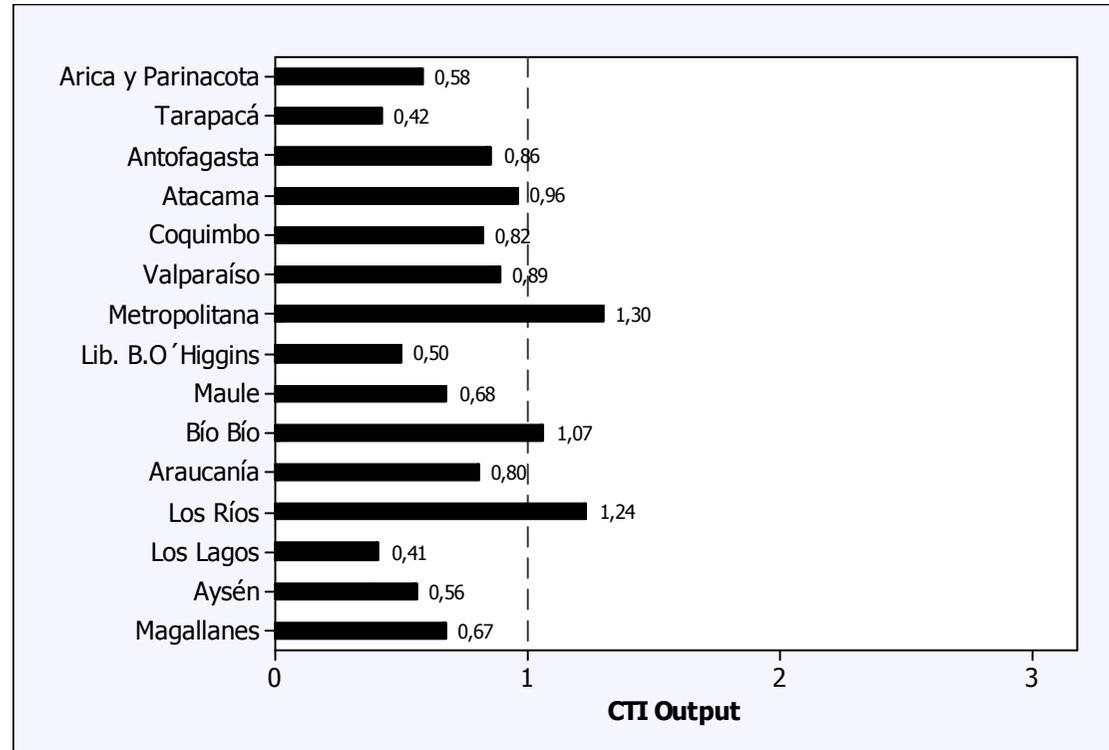
Cuadro 2c: Indicadores de CTI Output 2008

Publicaciones ISI por cada 1000 habitantes, patentes solicitadas por cada 1000000 habitantes, porcentaje de empresas que hacen innovaciones de productos y de procesos, indicadores agregados de CTI total, para ciencia e innovación tecnológica. Conglomerado.

Región	Publicaciones ISI	Patentes Solicitadas	Innovaciones Productos	Innovaciones Procesos	CTI Output Total	CTI Output Ciencia	CTI Output Innovación tecnológica	Conglomerado
Arica y Parinacota	0,31	10,7	1,8	1,2	0,58	1,08	0,25	3
Tarapacá	0,08	6,7	7,4	9,6	0,42	0,27	0,52	4
Antofagasta	0,30	30,3	4,9	4,8	0,86	1,03	0,74	3
Atacama	0,02	36,2	24,8	15,7	0,96	0,06	1,56	2
Coquimbo	0,24	5,7	12,4	17,3	0,82	0,83	0,82	3
Valparaíso	0,22	16,9	20,6	9,3	0,89	0,76	0,98	3
Metropolitana	0,40	32,5	16,2	13,2	1,30	1,39	1,24	1
Lib. B. O'Higgins	0,01	6,9	17,1	12,4	0,50	0,02	0,81	3
Maule	0,17	5,0	4,5	21,9	0,68	0,58	0,75	4
Biobío	0,31	11,9	17,0	18,2	1,07	1,10	1,04	2
Araucanía	0,17	3,1	20,0	17,7	0,80	0,59	0,95	3
Los Ríos	0,66	10,6	9,5	5,4	1,24	2,30	0,53	2
Los Lagos	0,07	9,8	8,3	7,0	0,41	0,23	0,53	4
Aysén	0,20	9,7	5,4	6,8	0,56	0,71	0,46	4
Magallanes	0,29	0,0	5,1	12,9	0,67	1,02	0,44	3
Total País	0,29	19,9	15,0	13,0	1,00	1,00	1,00	

Fuente: Encuesta de Innovación e I+D 2008, CONICYT, INE.

Figura 2c: Indicadores CTI Output 2008



El análisis de conglomerados de las regiones, usando los indicadores parciales de ciencia e innovación tecnológica, entrega como resultado la presencia de 4 conglomerados de regiones según se muestra en el Cuadro 2c.

En un primer conglomerado se encuentra sólo la región Metropolitana porque tiene altos índices en ciencia y en innovación tecnológica. En un segundo grupo se encuentran Los Ríos que destaca en ciencia y Atacama que destaca en innovación tecnológica. En el tercer conglomerado están las regiones que en al menos uno de los índices tiene niveles cercanos al promedio nacional: Arica y Parinacota, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, Lib. B. O'Higgins, Biobío, Araucanía y Magallanes. Las regiones que presentan índices significativamente bajo el promedio en ambos indicadores son: Tarapacá, Maule, Los Lagos y Aysén.

Varios análisis se pueden hacer al comparar los indicadores de *input* y *output*. El coeficiente de correlación entre estos indicadores es 0,18 ($p = 0,510$) mientras que para el índice de ciencia la correlación es 0,78 ($p = 0,001$) y para innovación tecnológica el coeficiente de correlación es -0,27 ($p = 0,331$), es decir negativo aunque no significativo estadísticamente. Los resultados de este análisis son similares a los reportados con los índices de potencial e *input*. En ciencia existe una clara asociación entre *input* y *output* mientras que en innovación tecnológica el *input* no tiene correspondencia con el *output*. Se debe tener presente, eso sí, que la principal causa de la baja correlación entre *input* y *output* en innovación tecnológica son las regiones de Arica y Parinacota y Magallanes, que representan cada una menos del 1% del total nacional, donde altos *input* están acompañados de muy bajos *output*. Si se eliminan estas dos regiones del análisis, el coeficiente de correlación sube a 0,56 ($p = 0,048$).

Un análisis adicional con los indicadores de *input* y *output* se obtiene al incorporar el tamaño de la región. El propósito del análisis es testear la hipótesis de que, descontado el efecto de *input*, el tamaño sí importa en ciencia e innovación tecnológica. De esta manera, la correlación parcial, es decir descontado el efecto del *input* o para el mismo *input*, entre *output* en ciencia y tamaño de la región medido en población es 0,46 ($p = 0,100$). El mismo indicador para innovación tecnológica y sin considerar las regiones extremas da un valor de 0,17 ($p = 0,540$). Se desprende de este análisis que el tamaño de la región, naturalmente asociado con la masa crítica de investigadores, es significativo en el *output* aunque no alcanza a serlo estadísticamente debido al pequeño tamaño de muestra y que es más relevante en ciencia que en innovación tecnológica.

IV. Análisis de Conglomerados

En base a los indicadores CTI de potencial, *input* y *output*, desagregados en ciencia e innovación tecnológica, se definieron los puntajes en el Cuadro 3. Los puntajes se refieren a si la región está sobre (valor positivo) o bajo (valor negativo) el promedio nacional en cada uno de los indicadores parciales de ciencia e innovación tecnológica. Se estableció una banda de +/- 20% el promedio nacional para considerar los índices sobre, igual o bajo el promedio nacional. Así, un puntaje igual a 2 quiere decir que la región está sobre el promedio nacional en ambos indicadores, un valor de 0 quiere decir que la región está en el intervalo +/- 20% del promedio nacional y un valor de -1 quiere decir que la región tiene uno de los indicadores bajo el promedio nacional +/- 20%. En forma análoga se definen los otros indicadores.

En base a estos puntajes se utilizó un análisis de conglomerados jerárquico⁴ que estableció la presencia de 5 conglomerados o tipos de regiones. En forma separada se encuentra la región Metropolitana que tiene los mejores indicadores. Un segundo grupo está formado por las regiones extremas Arica y Parinacota y Magallanes que se caracterizan por tener buenos indicadores de potencial e *input* pero malos indicadores de *output*. Estos resultados algo anómalos se pueden explicar porque estas regiones son muy pequeñas y sólo representan aproximadamente el 1% del total nacional, tanto en ingreso como en población. En un tercer grupo están las regiones de Tarapacá y Antofagasta que destacan por tener un alto potencial que no se traduce en buenos indicadores de *input* y *output*. Hay si una diferencia entre estas dos regiones. Mientras Tarapacá tiene el potencial más en innovación tecnológica, Antofagasta lo tiene en ciencia. Un cuarto grupo de regiones fueron clasificadas de nivel medio. A este grupo pertenecen Atacama, Valparaíso, Biobío, Araucanía y Los Ríos. La primera de estas regiones, tiene una mayor concentración en innovación tecnológica mientras que las otras regiones están más concentradas en ciencia. Finalmente, las regiones restantes son deficitarias porque tienen bajos niveles: Coquimbo, Lib. B. O'Higgins, Maule, Los Lagos y Aysén.

Los indicadores presentados en este documento para Chile contrastan con los indicadores de países más desarrollados. Sin embargo, al analizar regiones al interior de países más desarrollados se observan diferencias muy significativas entre regiones. El gasto en I+D como proporción del PIB en Chile es 0,4% mientras que el nivel deseado llega a 3%. Algunos países de Europa llegan al 3% a nivel agregado pero a nivel de regiones se observan diferencias mayores a 3 veces; ver Eurostat (2011). En relación con el porcentaje de las personas que trabajan en I+D relativo a la población económicamente activa, en Chile llega a 0,24% mientras que el nivel deseado según la CE es 1,8%. En este indicador las diferencias regionales al interior de países de Europa también superan las 3 veces. Finalmente, en el número de postulaciones relativas a la población medida en millones de habitantes, el indicador para Chile llega a 19,9

⁴ Se intentaron varias otras metodologías con los indicadores originales y con estos puntajes y se optó por esta metodología porque establecía conglomerados que a priori resultaban más coherentes.

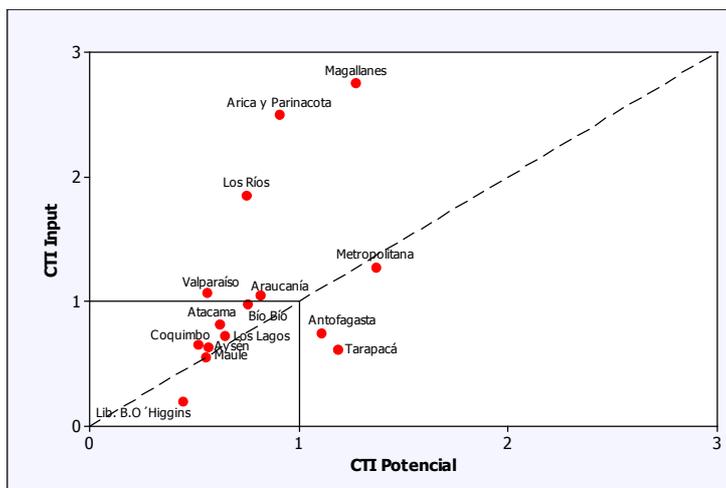
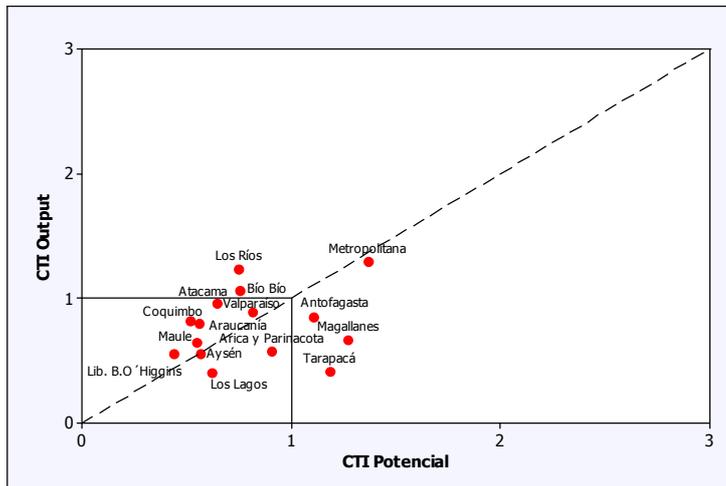
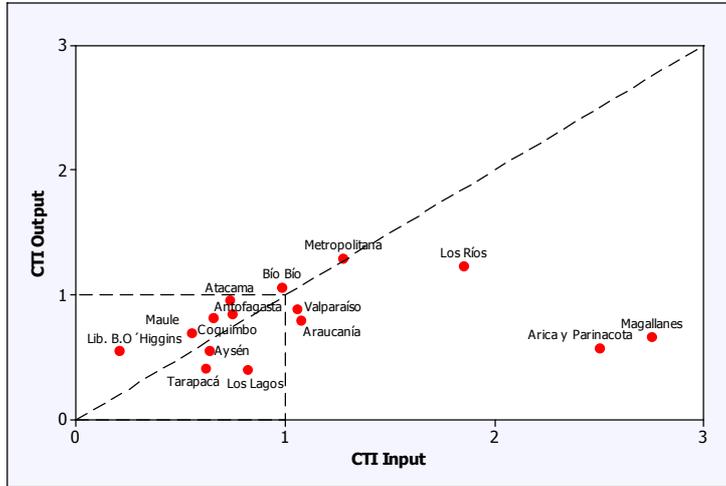
mientras que el indicador deseado según la CE llega a 200. En este caso, las diferencias entre regiones de países de Europa llegan a 20 veces.

Cuadro 3: Análisis de Conglomerados de Regiones

Conglomerados potencial, *input* y *output* se forman según el número de veces en que el indicador de ciencia o innovación tecnológica está sobre (+) o bajo (-) el 20% del nivel promedio nacional. Un puntaje de 2 implica que tanto en ciencia como en innovación tecnológica el indicador regional está sobre el promedio nacional.

Región	Conglomerado Potencial	Conglomerado Input	Conglomerado Output	Descripción
Arica y Paríacota	0	2	-1	Región Pequeña, Bajo Output
Tarapacá	1	-2	-2	Alto Potencial
Antofagasta	1	-1	-1	Alto Potencial
Atacama	-2	0	0	Nivel Medio
Coquimbo	-2	-2	0	Nivel Bajo
Valparaíso	-1	0	-1	Nivel Medio
Metropolitana	2	1	2	Región Metropolitana
Lib. B. O'Higgins	-2	-2	-1	Nivel Bajo
Maule	-2	-2	-2	Nivel Bajo
Biobío	-1	0	0	Nivel Medio
Araucanía	-2	0	-1	Nivel Medio
Los Ríos	-1	0	0	Nivel Medio
Los Lagos	-2	0	-2	Nivel Bajo
Aysén	-2	-1	-2	Nivel Bajo
Magallanes	2	2	-1	Región Pequeña, Bajo Output

Figura 3: Relaciones Entre Indicadores CTI Potencial, Input, Output



6. Conclusiones y Recomendaciones

En los últimos años se ha reconocido que la ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el mejoramiento de la calidad de vida de una sociedad.

La preocupación de académicos, ejecutivos de empresas y ejecutivos de instituciones públicas dedicadas a la ciencia, la tecnología y la innovación se ha puesto en la elaboración de indicadores de *output* o producción, como publicaciones científicas, nuevas empresas, patentes, innovaciones de productos y procesos, etc. más que en el indicador GBID de input. Los indicadores de *output* se pueden desagregar de dos maneras de interés: según (i) quien lo produce: el estado, el sistema universitario/educacional e instituciones privadas no educacionales y según (ii) el grado de aplicación: producción o *output* puramente científico o teórico y producción de tecnología o innovaciones en las cuales el nuevo conocimiento se coloca en uso; Codín (2011).

Para este estudio, el potencial en ciencia, tecnología e innovación se mide con el PIB per cápita, la disponibilidad de capital humano avanzado y la disponibilidad de instituciones como empresas y universidades. Para medir el *input* se utiliza el gasto en investigación y desarrollo relativo al PIB y la proporción de personas que trabajan en investigación y desarrollo. Finalmente, para el *output*, los indicadores relevantes son publicaciones científicas, patentes y declaraciones de las empresas relativas a la innovación. Los indicadores anteriores se separan en ciencia e innovación tecnológica de manera de hacer más informativo el análisis.

El análisis de conglomerados permitió detectar 5 grupos de regiones. La región Metropolitana destaca por altos niveles relativos en todos los índices. Dos grupos de regiones con indicadores algo inusuales son (i) Arica y Parinacota y Magallanes que tienen buenos indicadores de potencial e *input* pero bajos indicadores de *output*, lo cual podría explicarse por ser regiones de tamaño pequeño y (ii) Tarapacá y Antofagasta que tienen alto potencial con bajos indicadores de *input* y *output*. Los otros dos grupos de regiones se caracterizan por tener niveles de CTI medios: Atacama, Valparaíso, Biobío, Araucanía y Los Ríos; y bajos: Coquimbo, Lib. B. O'Higgins, Maule, Los Lagos y Aysén.

El análisis de los datos refleja una correspondencia estadística entre los indicadores de potencial e *input* y entre *input* y *output*. Esta correspondencia es más significativa cuando se hace de manera separada para ciencia e innovación tecnológica, es más fuerte para ciencia y permite concluir que en ciencia, para el mismo *input*, el *output* es mayor si la población es mayor. El llamado efecto masa crítica que estaría más presente en ciencia que en innovación tecnológica.

Los resultados del estudio permiten obtener algunas conclusiones generales en cuanto a políticas para el desarrollo de la CTI en las regiones de Chile. En primer lugar, hay regiones que tienen valores muy bajos en todos o la mayoría de los indicadores, tanto en potencial, *input* como en *output*. Tal es el caso de Coquimbo, Lib. B. O'Higgins, Maule, Los Lagos y Aysén. Todas estas regiones tienen bajos niveles de potencial en CTI.

Un segundo grupo de regiones tienen un nivel de desarrollo medio en CTI. En este grupo se encuentra Atacama, Valparaíso, Biobío, Araucanía y Los Ríos. Estas regiones no tienen niveles de potencial muy altos pero los niveles de *input* les permiten alcanzar niveles de *output* similares al promedio nacional. En este grupo de regiones, destacan algunas como Atacama, Araucanía y en alguna medida Valparaíso, que tienen un perfil de mayor desarrollo en innovación, mientras otras regiones de este grupo como Los Ríos, y en alguna medida Biobío, tienen un mayor desarrollo en ciencia. Para estas regiones se requiere incentivar el potencial de manera que los recursos de *input* que se están usando tengan mayor *output*. Adicionalmente, para las regiones con desarrollo desigual en el área de ciencia y en el área de la innovación tecnológica, podrían elaborarse programas y acciones orientados a una mayor complementariedad y vinculación.

Dos grupos de regiones presentan comportamientos especiales. Por una parte están las regiones de Tarapacá y Antofagasta que presentan importantes niveles de potencial pero muy bajos *input* y *output*. Estas regiones requieren incentivos para elevar los niveles de *input*. Por otra parte, están las regiones extremas: Arica y Parinacota y Magallanes. Estas regiones presentan altos niveles de potencial e *input* pero bajos niveles de *output*.

La región Metropolitana destaca en términos relativos a las otras regiones. Esta región presenta niveles altos en potencial, *input* y *output*. Aunque siempre es posible hacer mejoras en el desarrollo de CTI, especialmente cuando se compara el país con la OECD, la región Metropolitana no debiera ser una prioridad en CTI, como sí lo son el resto de las regiones.

El estudio muestra una metodología de análisis que puede ser replicada en el futuro conforme se tengan disponibles nuevas estadísticas. Algunas observaciones en este sentido son las siguientes. Primero, la disponibilidad de indicadores de CTI a través del tiempo permitirá observar los tiempos de desfase entre la asignación de recursos y los cambios en los niveles de *output*. También será posible medir el desfase entre políticas específicas para el desarrollo de CTI y los avances que muestren los indicadores propuestos en este estudio. Finalmente, en la medida que se tenga mayor y mejor información a nivel desagregado, sería posible medir los indicadores de CTI en forma separada para las áreas de Gobierno, Instituciones Privadas y Universidades / Instituciones de Educación.

7. Referencias

- Archibugi, D. y A. Coco (2004) A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries. *World Development*, Num. 32, (4), pp.629-654.
- Bayouni, T. D. Coe y E. Helpman (1999). R&D Spillovers and Global Growth. *Journal of International Economics* Vol. 47, pp. 399-428.
- Benzaquen J, LA del Carpio, LA Zegarra, CA Valdivia (2010) A competitiveness index for the regions of a country *Cepal Review* Vol. 102, pp. 67-84.
- Bitrán, E. y C.M. González (2010) Productividad Total de Factores, Crecimiento e Innovación. Documento de Referencia. Consejo Nacional de la Innovación para la Competitividad.
- Blázquez de la Hera, M.L. y M. García-Ochoa (2009) *Clusters* de innovación tecnológica en Latinoamérica. *Revista Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*. Vol. 3 No. 3, pp. 16-39.
- Cameron, G. J. Proudman y S. Redding (2005) Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth. *European Economic Review* Vol. 49, pp. 775-807.
- Edquist, C. 2005. Systems of innovation. ss. 181-208. Teoksessa Fagerberg, J. Mowery, D.C. &
- Eurostat (2011) Eurostat Regional Yearbook.
- Farías EA, AL Guzmán (2009) Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México
- Felzensztein, C. and Olavarria, J. (2011) "Clusters and Regional Innovation: Lessons for Chile and Latin America", Andres Bello, Santiago
- Gambardella A. y W. García-Fontes (1994) Regional Linkages Through European Research Funding. Economics Working Paper 97, Universitat Pompeu Fabra.
- García-Ochoa M y N Bajo* (2009) Análisis de los Indicadores de Ciencia y Tecnología en la Europa de los Quince. Boletín Económico del ICE No. 2963, pp. 45-58.
- Godin B. (2011) *Taking Statistics (More) Seriously: The Measurement of Science, Technology and Innovation and its Future*. Mimeo.
- Godin, B., and C. Doré (2005), *Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension*, Montreal: INRS.
- Guan, J. y S. Liu (2005) Comparing Regional Innovative Capacities of PR China based on data analysis of the national patents. *International Journal of Technology Management* Vol. 2 No ¾ pp. 225-245.



Hollanders, H., S. Tarantola y A. Loschky (2009) *Regional Innovation Scoreboard 2009 Methodology Report*. European Commission.

JUMA, C. *et al.*, (2001): «Global governance of technology: meeting the needs of developing countries». *International Journal of Technology Management*, nº 22 (7-8), pp. 629-655.

Krugman P (1991) *Geography and trade*. MIT Press, Cambridge

Larraín, F. (2006) ¿Cómo Potenciar la Innovación en Chile? *Estudios Públicos* 104, pp. 279-306.

Lichtenberg, F. y D. Siegel (1991) The Impact of R&D Investment on Productivity. New Evidence Using Linked R&D-LRD Data. *Economic Inquiry*. Vol. 29, No. 2, pp. 203-229.

Martínez, M. y T. Baumert (2003) *Medida de la Capacidad Innovadora de las Comunidades Autónomas Españolas: Construcción de un Índice Regional de la Innovación*. Documento de Trabajo No 35, Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

Nelson, R. R. (2005). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press. 656

OECD (1997) *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual*.

OECD (2010). *Main Science and Technology Indicators*, OECD Science, Technology and R&D Statistics.

Porter, M. E. & Stern, S. (2001). *Innovation: Location Matters*. MIT Sloan Management Review. Vol. 42, Issue 4. pp. 28-36.

Seppänen SK (2008) *Regional Innovation Systems and Regional Competitiveness: An Analysis of Competitiveness Indexes*. Mimeo.

THE MEASUREMENT OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL ACTIVITIES Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development Frascati Manual 2002

UNESCO (1969a), *Manual for Surveying National Scientific and Technological Potential*, Series on Science Policy Studies and Documents, No. 15.

UNESCO (2010) *Science Report*.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001899/189958e.pdf>

Xiafei Y. y D. Xiufang (2008) *Empirical Study on Regional Technological Innovation Capacity Difference in China*. Mimeo.