



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Medición de la innovación en Colombia, México, Brasil y Chile**

**Luis Miguel Jiménez Gómez**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Departamento de la Organización  
Medellín, Colombia

2015



Introducción

# **Medición de la innovación en Colombia, México, Brasil y Chile**

**Luis Miguel Jiménez Gómez**

Tesis de Maestría presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería – Ingeniería Administrativa**

Director:  
Miguel David Rojas López Ph.D.

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Departamento de la Organización  
Medellín, Colombia  
2015



*A mis padres*

## RESUMEN

Esta investigación presenta la construcción del índice para medir la innovación en Brasil, Chile, Colombia y México. La metodología de la construcción del índice evita la inserción de errores por subjetividades en la ponderación y agregación de variables. Para ello se implementó la herramienta estadística análisis factorial que disminuye la construcción objetiva. Por medio de esta construcción se evidencia los esfuerzos que hacen los países para mejorar la innovación, a su vez, permite establecer un ranking entre estos cuatro países observando las principales ventajas en cada uno de ellos, además, se realizan recomendaciones para mejorar estos niveles.

**Palabras claves:** Sistema Nacional de Innovación, índice compuesto, análisis factorial.

## ABSTRACT

This research presents the construction index to measure innovation in Brazil, Chile, Colombia and Mexico. The index methodology mitigates errors inserting subjectivity in the weighting and aggregation of variables. For this statistical tool to avoid strict construction was implemented. By this construction it can demonstrate the efforts of countries to improve innovation, in turn allows for a ranking among the four countries where the main advantages in each observed also provide recommendations to improve these levels.

**Keywords:** National Innovation Systems, composite indicators, factor analysis.

## Tabla de contenido

1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Índice de innovación.....	8
1.3 Medición de la innovación.....	9
1.3.1 Acceso al conocimiento .....	13
1.3.2 Absorción y difusión del conocimiento .....	14
1.3.3 Creación del conocimiento.....	17
1.3.4 Explotación del conocimiento.....	18
1.4 Indicadores compuestos.....	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. OBJETIVOS.....	29
4.1 Objetivo general .....	29
4.2 Objetivos específicos.....	29
5. METODOLOGÍA .....	31
6. RESULTADOS .....	43
Fuente: Elaboración propia. ....	50
6.1 Índice de innovación en Brasil, Chile, Colombia y México.....	50
6.2 Medición de la innovación para Brasil .....	51
6.3 Medición de la innovación para Chile .....	52
6.4 Medición de la innovación para Colombia.....	54
6.5 Medición de la innovación para México .....	56

7.	POLÍTICAS PARA LA MEJORA DE LA INNOVACIÓN .....	59
8.	CONCLUSIONES .....	61
9.	RECOMENDACIONES .....	63
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA .....	65
11.	ANEXOS.....	73



## INTRODUCCIÓN

Los gobiernos y los líderes industriales están interesados en encontrar el porqué del éxito de algunas naciones y organizaciones, algunas fracasan y otras no (Xia, Liang, Zhang, & Wu, 2012), debido a esto, la innovación se convierte en tema de discusión político - económico y de negocios entendiéndose esta, como la prosperidad de las naciones. (Delgado, Ketels, Porter, & Stern, 2012).

La innovación es un factor importante del crecimiento económico sostenido, puesto que la producción y transformación del conocimiento fomenta la riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano (Manrique, Robledo, & Lema, 2014). De esta forma, los índices de innovación miden, monitorean y promueven el progreso de los resultados de la innovación.

Por su parte, el concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI) se refiere a los agentes que componen los sistemas de innovación y la relación de interacción con el propósito, de acceder, absorber, difundir, crear y explotar el conocimiento. Por esta razón la medición del SNI es importante para la toma de decisiones en las políticas públicas, porque se determina las fortalezas y debilidades de los programas de los gobiernos en la promoción de la innovación (Lundvall, 2010; Muchie & Baskaran, n.d.; OCDE, 1997).

En consecuencia, actualmente existen varios índices que se toman de referencia por parte de los gobiernos para determinar la efectividad de las políticas públicas. Los índices más importantes son: Índice Global de Innovación, Índice de Tecnología del Foro Económico Mundial, *Industrial Development Scoreboard* de la Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas, el índice EIS (*European Innovation Scoreboard*) de la Comisión Europea, el Índice del Éxito Tecnológico del Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (*UN Development Program – UNDP*), Índice de Ciencia y Capacidad Tecnológica (Wagner, Brahmakulam, Jackson, Wong, & Yoda, 2001), de la Corporación RAND, por último, el Índice de Capacidades Tecnológicas (ArCo).

Se evidencia desde la literatura que los índices expuestos, tienen problemas en la construcción, desde la parte teórica y desde el manejo estadístico para la construcción del índice. La principal crítica encontrada para estos índices es el método de agregación y ponderación de variables, debido a que son realizadas con criterio de expertos, lo que brinda subjetividades a la medición, y además, los índices son diseñados como primera instancia para los países desarrollados, y de esta forma las características que no cumplen los países en vía de desarrollo, como ocurre con economías Latinoamericanas, rezagadas afectando el rango donde se ubican estos países.

Esta investigación construye un índice de medición de innovación para Brasil, Chile, Colombia y México, con base en la medición de los flujos del conocimiento de las naciones presentado en los trabajos de Mahroum & Al-Saleh (2013) y la OCDE (1997). Para evitar los problemas evidenciados en los índices actuales, se procede a la revisión del marco teórico que proveerá las variables a ingresar en la medición, se aplicará la metodología para construcción de indicadores sintéticos de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico - OCDE, haciendo uso del análisis factorial como criterios multivariados y también como técnica para encontrar los valores de agregación y ponderación. Con los resultados obtenidos contrastar las recomendaciones en términos de políticas para la mejora de la innovación, con las deficiencias encontradas en la formulación de políticas que apunten al crecimiento económico de Colombia.

## **1. MARCO TEÓRICO**

La innovación se convierte en política prioritaria en algunos países soportada por las estrategias nacionales y presupuestos. Así, con el fin de evaluar la efectividad de las intervenciones de los gobiernos, se desarrollaron varios índices de innovación a través de los años para medir el desempeño de la innovación en las naciones (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La competitividad depende cada vez más de la innovación, aumentando la productividad, agregando valor para los consumidores y aumentando la prosperidad de las naciones (Andriopoulos & Gotsi, 2006). Muchos gobiernos reconocen que la innovación es el principal motor del desarrollo económico y fuente fundamental de competitividad en el mercado global (OCDE, 2010). La capacidad innovadora es factor crítico para el crecimiento económico, especialmente si se toma en cuenta que una parte del crecimiento productivo es medido por el Producto Interno Bruto (PIB) (Freeman, 1994). Es importante determinar los componentes motores de la innovación y cuáles son los factores que determinan la capacidad innovadora de los sistemas (Buesa, Heijts, & Baumert, 2010).

Hasta ahora, los índices de innovación y las políticas públicas se enfocan sobre dos principales aspectos de la actividad innovadora: creación de nuevo conocimiento, y explotación del nuevo conocimiento e innovación (Mahroum & Al-Saleh, 2013). No obstante, los principales indicadores de innovación tradicionales, no son suficientemente útiles para medir la innovación porque no reflejan los factores multifacéticos que contribuyen a las capacidades de innovación en los diferentes países (Archibugi & Coco, 2004; Archibugi, Denni, & Filippetti, 2009b).

### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años, el interés académico aumenta sobre las explicaciones de las diferencias entre países en las tasas de crecimiento, composición del comercio, competitividad, desarrollo humano y empleo (Archibugi & Coco, 2005). Por lo tanto, se crearon diversos indicadores

compuestos con el fin de medir estos temas, se describen los índices más destacados encontrados en la literatura hasta el momento.

El Índice Global de Innovación (*Global Innovation Index – GII*) compuesto por siete pilares, que construyen dos subíndices, el primer sub índice es el Índice de Recursos para la Innovación y está compuesto por cinco de los siete pilares, que son: instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, desarrollo de mercados, y desarrollo de negocios. El segundo subíndice, el Índice de los Resultados de Innovación, se encuentra compuesto por los dos últimos pilares: producción de conocimiento y tecnología, y producción creativa (Dutta, 2012).

El Índice de Tecnología del Foro Económico Mundial (WEF, *World Economic Forum*) contiene gran cantidad de datos y de análisis estadísticos. Este índice se divide en dos indicadores, uno para la competitividad y el otro para el desarrollo económico, el primero dedicado al mediano plazo (*Growth Competitiveness Index - GCI*) y el segundo para el corto plazo (*Competitividad actual - Index - CCI*). El primer indicador (GCI) fue desarrollado para analizar el potencial de crecimiento del sistema económico en el mediano plazo por medio de la evaluación de los factores macroeconómicos de competitividad. Considera las variables que se concentran en los aspectos microeconómicos, como el ambiente de negocios en torno a una empresa, así como la estrategia y la organización dentro de una empresa. El indicador de crecimiento se integró en tres componentes: El nivel de tecnología, la calidad de las políticas públicas, y las condiciones del ambiente macroeconómico (Archibugi et al., 2009b). Este indicador fue realizado para 75 países, divididos en dos grupos de acuerdo al número de patentes producidas (Khayyat & Lee, 2015).

El *Industrial Development Scoreboard* de la Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (*United Nations Industrial Development Organization – UNIDO*) es un índice que recopila gran cantidad de indicadores para 87 países. Considera cuatro categorías: el esfuerzo tecnológico relacionado con las patentes y el gasto en I+D; el rendimiento industrial competitivo basado en el valor agregado manufacturero y las exportaciones de productos de alta tecnología; la importación de tecnología principalmente medido por la inversión extranjera directa y los bienes de capital; y las capacidades e infraestructura

medidas con el número de matrículas y líneas telefónicas, respectivamente (Archibugi & Coco, 2005; Khayyat & Lee, 2015).

Por su parte, la Comisión Europea publica desde el año 2000 el índice EIS (*European Innovation Scoreboard*) con el fin de evaluar el progreso de los objetivos concernientes al conjunto de innovación. Este incluye 25 indicadores y desarrolla una estructura articulada para medir las fortalezas y debilidades de los distintos Sistemas Nacionales de Innovación. Este indicador compuesto compara el desempeño de la innovación de los países miembros de la Unión Europea con respecto a sus principales socios internacionales (Archibugi et al., 2009b).

El Índice del Éxito Tecnológico del Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (*UN Development Program – UNDP*), considera cuatro dimensiones relacionadas con la obtención de la innovación: Creación tecnológica, basada en patentes registradas y pagos de regalías; difusión de nuevas tecnologías, basada en la penetración de internet y exportación de alta tecnología; difusión de la vieja tecnología, basada en las líneas telefónicas y el consumo de energía eléctrica; y habilidades humanas, basada en años de escolaridad y matrículas en educación terciaria (Khayyat & Lee, 2015).

El *Knowledge Index* (KI) del Banco Mundial es un indicador desarrollado dentro del *Knowledge Assessment Methodology* (KAM). Fue desarrollado en el 2006 con el objetivo de medir la capacidad de los países para competir en la economía del conocimiento. Este indicador representa cuatro principales categorías relacionadas con la competitividad nacional: la responsabilidad de la economía y los sistemas institucionales; el nivel de educación de la población; la capacidad de innovación del sistema económico; y la difusión de las capacidades de innovación tecnológica.

Índice de Ciencia y Capacidad Tecnológica (Wagner et al., 2001), desarrollado para 76 países por la Corporación RAND, utilizó ocho indicadores que se clasifican en tres categorías: Factores facilitadores, basados en el PIB y en las matrículas en educación terciaria; recursos, utilizando el gasto en I+D, número de instituciones e ingenieros y científicos; y el conocimiento incorporado, basado en las patentes y publicaciones de artículos científicos.

Finalmente, el Índice de Capacidades Tecnológicas (ArCo) desarrollado por (Archibugi & Coco, 2004), es un indicador compuesto que toma en consideración variables relacionadas con tres dimensiones diferentes de cambios tecnológicos para 162 países y para dos años. La primera categoría está representada por la actividad innovadora del sistema económico de los países medido en términos de número de patentes y publicaciones científicas. La segunda dimensión comprende la difusión de las nuevas y viejas tecnologías (Internet, líneas telefónicas y teléfonos celulares), mientras que la tercera dimensión se ocupa de la calidad del capital humano.

En la Tabla 1 se muestra el resumen de algunos de los índices.

**Tabla 1. Índices de medición de la innovación.**

Índice de Medición	Desarrollado por:	Metodología	Ventajas	Desventajas	Número de países
TAI	UNDP (2001)	Evaluación de la creación tecnológica por medio de las patentes nacionales y el pago de regalías.	Mide el avance tecnológico	Mide la innovación como parte del desarrollo tecnológico de forma general	72
Índice de Ciencia y Capacidad Tecnológica	RAND, Wagner et al. (2001)	Índice tecnológico basado en las patentes de la USPTO y la I+D financiada por el sector privado	Enfocado en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.	Enfatiza poco en la innovación.	76
Índice Tecnológico	WEF (Schwab & WEF, 2012)	Sub índice de innovación basado en las patentes de la USPTO, encuestas y matrículas en educación terciaria.	Valora el avance tecnológico.	La medición de la innovación como parte del desarrollo tecnológico es pobre.	75

Índice de Medición	Desarrollado por:	Metodología	Ventajas	Desventajas	Número de países
Industrial Development Scoreboard	(Unido, 2002)	La creación tecnológica fue valorada por medio de las patentes en la USPTO, artículos científicos y en la asignación de investigación científica y el desarrollo	Se centra en el desarrollo industrial.	Enfatiza poco en la ciencia y la tecnología.	87
ArCo	(Archibugi & Coco, 2004)	Valoración de la creación tecnológica con las patentes de la USPTO y los artículos científicos.	Se centra en el desarrollo industrial y tecnológico	Enfatiza poco en la innovación.	162
AC/DC	(Mahroum & Al-Saleh, 2013)	Cinco factores: Capacidad para acceder al conocimiento e innovación, anclaje del conocimiento externo, difusión de las nuevas innovaciones, creación y explotación del conocimiento.	Combina la capacidad de absorción de la innovación (AC) con la capacidad de desarrollar la innovación (DC)	Utiliza variables que resultan de encuestas y que para países en desarrollo no aplican.	1 (también regional)
TC-Index	(Khayyat & Lee, 2015)	Seis factores: Patentes, publicaciones en revistas, educación, IED, investigadores y TIC	Determina factores que afectan la tasa de innovación	LA IED para algunos países no se refleja la tasa de innovación porque su práctica no es común.	61

Fuente: Elaboración propia a partir de (Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013).

En la Tabla 2 se encuentra el ranking entre Brasil, Chile, Colombia y México de acuerdo a cada índice. En esta tabla se observa la discrepancia entre los índices sobre la clasificación de los países.

**Tabla 2. Ranking entre países.**

AÑO	2001	2002	2004	2013	2013	2013	2014
PAÍS/ÍNDICE	RAN	TAI	ArCo	GCI	GII	Índice Tecnológico	TC - Index
<b>Brasil</b>	1	3	3	2	4	2	3
<b>Chile</b>	2	2	1	1	1	1	1
<b>Colombia</b>	4	4	4	4	2	4	4
<b>México</b>	3	1	2	3	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

## 1.2 Índice de innovación

Los indicadores son datos contruidos a partir del marco conceptual determinado. Son el resultado y las entradas para el análisis de un fenómeno. Luego de construido, los resultados de los indicadores aportan nueva comprensión del fenómeno. Sin embargo, construir indicadores no es una tarea fácil, en especial para países latinoamericanos, donde no se posee la tradición teórica y experimental que fundamenta el trabajo con indicadores de innovación (Robledo, 2013).

El índice de innovación es una herramienta para medir, monitorear y promover el progreso de los resultados de innovación. Los índices de innovación son las estadísticas que describen diferentes aspectos de la innovación. Los indicadores individuales son generalmente parciales, es decir, no miden la innovación como un todo, pero el conjunto de indicadores seleccionados se utilizan para medir la innovación en general (Grupp & Schubert, 2010).

Esta es una herramienta para mejorar el proceso de previsión ya que vincula el pasado, el presente con el futuro. La previsión permite a organizaciones y naciones construir ventajas



competitivas que permiten revisar y reformular estrategias de innovación para hacer frente a la competencia (Porter & Stern, 1999).

La capacidad innovadora nacional es la capacidad del país para producir y comercializar el flujo de nuevos productos para el mundo de las tecnologías en el largo plazo (Furman, Porter, & Stern, 2002). Es el potencial del país para producir innovaciones comerciales (Porter, 1998). Aunque, algunos estudios proporcionan diferentes factores de la capacidad de innovación de acuerdo a su perspectiva internacional, el índice refleja la capacidad de innovación global de la nación con el objetivo de nueva generación de idea hacia el diseño, desarrollo y difusión de innovaciones. Estos estudios tienen en cuenta varios aspectos de medición de la innovación. El índice de innovación se utiliza para proyectar el rendimiento de avance tecnológico en diferentes países (Wonglimpiyarat, 2010).

Los índices de innovación se guían generalmente por un modelo de etapas del proceso de innovación y su contribución a los beneficios económicos. Estos modelos postulan al menos implícitamente: (1) que la innovación consiste en una serie de etapas de la actividad de diferentes tipos: como la investigación básica, la investigación aplicada, el desarrollo y la comercialización. Esto conlleva a que los beneficios económicos de diferentes tipos, como la productividad, mejoras y el crecimiento económico y (2) que ciertas estadísticas son medidas válidas de las diferentes etapas del proceso de innovación (Grupp & Schubert, 2010).

### **1.3 Medición de la innovación**

Es importante la medición de la innovación en el ámbito nacional, ya que es uno de los principales motores del crecimiento económico sostenido. La innovación consiste en una serie de etapas, como la investigación básica, investigación aplicada, desarrollo y comercialización. Estas etapas dan lugar a beneficios económicos de diferentes tipos como el mejoramiento de la productividad y el crecimiento económico (Grupp & Moguee, 2004).

La innovación es un factor clave para la riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano por medio de la producción y transformación del conocimiento científico y

tecnológico (Manrique *et al.*, 2014). Actualmente, el cambio tecnológico y la innovación son factores fundamentales de la dinámica de la economía, y son reconocidos en las políticas públicas y en la estrategia empresarial (Robledo, 2013).

El marco conceptual más utilizado para la comprensión de los procesos de innovación en el ámbito económico es el concepto de Sistema Nacional de Innovación (SNI). Tiene su origen en Freeman en 1987, Dosi en 1988 y Lundvall en 1988, más adelante de nuevo Lundvall en el año 1992, Nelson en 1993 y Equist en 1997 (Feinson, 2003). La definición de Freeman (1987) (citado por Feinson (2003), el SNI son actividades e interacciones para importar, modificar y difundir las nuevas tecnologías, todo esto por medio de una red conformada por instituciones públicas y privadas. Los conceptos clases están relacionados con la creación de la innovación o para la importación y modificación para difundir las nuevas innovaciones, aunque son adquiridas principalmente externamente. Años más tarde, Lundvall (1992) concibe los Sistemas Nacionales de Innovación como elementos y relaciones con que se interactúa en la producción, difusión y explotación económica del conocimiento.

Según la OCDE (1997), se encuentran diferentes definiciones para el término de Sistema Nacional de Innovación:

- Citando a Lundvall (1992), se refiere a los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso del conocimiento nuevo y útil desde el punto de vista económico que están localizados en una región determinada.
- Una serie de instituciones cuya interacción determina el desempeño innovador de las empresas de un país o región (Nelson, 1993).
- Las instituciones nacionales, su estructura de incentivos y sus competencias, que determinan la tasa y la dirección del aprendizaje tecnológico o el volumen y composición de las actividades generadoras de cambios de un país o región (Patel & Pavitt, 1994)
- Una serie de instituciones que individual o conjuntamente, contribuyen al desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías, y proveen el marco dentro del cual los gobiernos deben diseñar e implementar políticas dirigidas a estimular los procesos de innovación. Es un sistema de instituciones conectadas para crear, almacenar y transferir los conocimientos, destrezas y desarrollos que definen nuevas tecnologías (Metcalf, 1995).

Las definiciones anteriores muestran que el concepto de SNI está basado en el supuesto de que el entendimiento de los vínculos o relaciones entre los agentes involucrados en la innovación es un factor esencial para mejorar el desempeño tecnológico. En otras palabras, dado que la innovación es el resultado de una compleja serie de relaciones entre los agentes que producen, distribuyen y aplican el conocimiento, el desempeño innovador de un país dependerá de cómo estos agentes se relacionen entre sí como elementos integrantes de un sistema colectivo de generación de conocimiento (Luisa & Castillo, 2004).

En este orden de ideas, los procesos de innovación dependen de las relaciones dinámicas de cooperación que se establecen entre las empresas y las diferentes instituciones que intervienen en el proceso de generación, difusión y aplicación del conocimiento. Por tal razón, se considera necesario fomentar el desarrollo del SNI concebido como modelo interactivo de creación y aplicación del conocimiento, en que intervienen los diversos agentes ligados con el desarrollo tecnológico, dentro de un proceso de búsqueda permanente de la competitividad sostenible y mejoramiento en la calidad de vida de la población (Luisa & Castillo, 2004). Igualmente, el SNI se realiza para apoyar e impulsar la dinámica de creación del conocimiento con el fin de absorber nuevas tecnologías, y viceversa, la absorción de la tecnológica facilita aún más la creación del conocimiento dentro del proceso de desarrollo económico (Muchie & Baskaran, n.d.)

Los conceptos de conocimiento y aprendizaje son importantes para analizar los Sistemas de Innovación. Lundvall (1992) afirma que la fuente fundamental de la economía moderna es el conocimiento y de acuerdo con esto, el proceso más importante es el aprendizaje (Lundvall, 2005). La capacidad de innovación depende de fuentes internas y externas del conocimiento y se complementan entre sí (Mahroum & Al-Saleh, 2013). Asimismo, el estudio de los SNI se centra en los flujos del conocimiento, concentrado en los seres humanos y en tecnología es fundamental para el desarrollo económico. Las actividades económicas son cada vez más intensiva en conocimiento como se ve en el crecimiento de las industrias de alta tecnología y la creciente demanda de personas altamente calificadas (OCDE, 1997).

El concepto de SNI es útil para la toma de decisiones políticas a nivel nacional. Con el fin de determinar lo que lo gobiernos deberían hacer o no para promover la innovación, esto ayuda a

conocer el contexto específico en que los gobiernos intervienen. La principal razón porque los gobiernos buscan políticas de innovación es el supuesto de que innovación es un elemento clave en el crecimiento económico nacional. Los diferentes indicadores de crecimiento económico (por ejemplo, ingreso nacional o Producto Interno Bruto per cápita) son importantes y utilizados, pero estos indicadores reflejan factores que tienen poco que ver con la innovación y cómo la innovación se lleva a cabo en diferentes países (Lundvall, 2010).

Los indicadores de medición del Sistema Nacional de Innovación deberían reflejar la eficiencia y efectividad en producción, difusión y explotación económica del conocimiento. No obstante, estos indicadores no son muy desarrollados actualmente. Una de las clásicas mediciones para comparar diferentes sistemas nacionales es por medio de los gastos en I + D como porcentaje del PIB. Este indicador refleja una entrada del esfuerzo y no información sobre salidas del esfuerzo y demuestran insuficiencia para describir y contribuir al análisis de los procesos de innovación. Igualmente, el gastos en I + D sólo es un tipo de entrada importante para los procesos de innovación (Lundvall, 2010; Robledo, 2013).

En consecuencia, los indicadores de innovación tienen que ser capaces de captar los procesos de generación, difusión, apropiación y explotación del conocimiento. Basado en el concepto de Sistema Nacional de Innovación, proporcionar información sobre de diferentes agentes del sistema y su interacción (Lugones & Suarez, 2010). Esta medición se centra en flujos de conocimiento, los cuales están en función de cuatro categorías: Acceso, absorción y difusión, creación y explotación del conocimiento (Mahroum & Al-Saleh, 2013; OCDE, 1997). El acceso al conocimiento es la capacidad de conectar y enlazar a redes internacionales de conocimiento y la innovación. Absorción y difusión del conocimiento es la capacidad para identificar y adaptar las fuentes externas del conocimiento incluyendo a personas y organizaciones, adaptando y asimilando las innovaciones, las nuevas prácticas y tecnologías. La creación del conocimiento se percibe como la capacidad de generar y aportar nuevos conocimientos al mundo. Finalmente, la explotación del conocimiento es la capacidad de usar y explotar nuevos conocimientos para fines sociales y comerciales. Así, las políticas de innovación se estructuran de acuerdo a estas cuatro categorías en cualquier Sistema Nacional de Innovación (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

El objetivo es evaluar comparar los principales canales de flujos de conocimiento en el ámbito nacional, identificando cuellos de botella y sugerir políticas y planteamientos para mejorar la fluidez. Trazar los vínculos y las relaciones entre industria, gobierno y academia en el desarrollo de ciencia y tecnología. Este análisis conduce finalmente a la capacidad de medir la distribución del conocimiento del Sistema Nacional de Innovación, que se considera determinante del crecimiento y la competitividad.

### **1.3.1 Acceso al conocimiento**

El conocimiento es el principal motor de desarrollo social y económico, por lo que es importante garantizar el acceso a los flujos de conocimiento globales y acceder a nuevas ideas.

El acceso del conocimiento es la capacidad de una economía para vincularse y conectarse a las redes internacionales de conocimiento y la innovación. El flujo de información se incrementa cada vez más por medio de las redes formadas por organizaciones con oficinas alrededor del mundo. Por lo que este factor se refiere a la capacidad para acceder a la red global de información. La conexión con la red internacional del conocimiento le permite a las universidades y a las empresas identificar y valorar fuentes pertinentes de conocimiento y de desarrollos en otros lugares y utilizarlos para adquirir, producir y distribuir nuevo conocimiento (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

El acceso al conocimiento se hace por medio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Actualmente la información se puede procesar a velocidades mucho mayores que varios años atrás. Para los países, las TIC son importantes porque abren oportunidades a los sectores empresariales y aumentan significativamente el crecimiento económico. Además, pueden crear nuevas oportunidades para el aprendizaje en los países en desarrollo, mediante enlaces electrónicos para acceder al conocimiento global sobre una escala sin precedentes (Unido, 2002).

Las TIC son infraestructuras básicas para la economía y la vida social de cualquier país. Aunque estos indicadores no están relacionados con las capacidades industriales y la producción de conocimiento, están fuertemente asociados a su disponibilidad o el acceso

(Archibugi & Coco, 2005). El uso frecuente de las tecnologías de la información y las comunicaciones no solo ha permitido acortar distancias entre el comprador y el vendedor, sino que permiten acortar las distancias geográficas (Castro, Di Serio, & De Vasconcellos, 2012; Castro-González, Peña-Vinces, Ruiz-Torres, & Sosa, 2014).

El acceso del conocimiento en las naciones es medido por la penetración de internet y la penetración telefónica. La Internet es infraestructura vital no sólo con propósitos empresariales, sino también para acceder al conocimiento. Los usuarios de la Internet acceden a la red mundial. Es una TIC que tiene un gran potencial para mejorar las relaciones y la red entre empresas, permitiendo a las organizaciones interactuar con socios a distancia fácilmente, y como consecuencia, las redes de innovación mejoran (Khayyat & Lee, 2015).

La penetración de Internet tiene un efecto positivo sobre la tasa de innovación en los países. Se convierte en el mecanismo central para la comunicación y el intercambio de información. El aumento de acceso a Internet en los países en desarrollo ayuda a reducir los costos y reducir el tiempo empleado en la comunicación e intercambio de información (Wagner et al., 2001).

Por su parte, las líneas telefónicas conectan a la empresa con el cliente. Es infraestructura para la vida social y económica (Archibugi & Coco, 2005). Los teléfonos son la principal herramienta para potenciar las empresas. La tecnología de los teléfonos móviles transforman las condiciones de las telecomunicaciones en los países en desarrollo. Los progresos realizados con esta tecnología móvil conduce a una rápida mejora en la conectividad, sin embargo, no resuelve la necesidad de una mayor penetración de Internet (Aubert, 2004).

### **1.3.2 Absorción y difusión del conocimiento**

La absorción del conocimiento se refiere a la identificación y a la adaptación de fuentes externas de nuevo conocimiento a la economía local. En la difusión del conocimiento se requiere que el nuevo conocimiento se difunda y se comparta en toda la economía. La capacidad de difundir el conocimiento es la capacidad de una nación para adaptar y asimilar las innovaciones, nuevas prácticas y tecnologías a lo largo de la economía (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La difusión del conocimiento es el movimiento de ideas, información y conocimiento entre las personas, empresas e instituciones. Atraer y cultivar población altamente calificada ayuda a la transmisión del conocimiento y las ideas. De esta forma, el capital humano juega un papel importante en la difusión y la absorción del conocimiento. Las personas con mayores habilidades o conocimientos facilitan la adquisición y el intercambio de conocimientos (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La capacidad de evaluar y utilizar el conocimiento exterior depende en gran medida de los conocimientos previos. Por lo tanto, el capital humano juega un papel clave en todas las etapas del proceso de innovación. Para Mahroum & Al-Saleh (2013) la capacidad de producir, difundir y utilizar el conocimiento se basa en la capacidad para producir personal de alto nivel para las empresas que se dedican a un continuo proceso de innovación.

Por esta razón, los recursos humanos es el conjunto de las características, que ayudan a las empresas a obtener ventajas competitivas en los mercados extranjeros (Castro-González et al., 2014; Guan, Yam, Mok, & Ma, 2006). La tasa de alfabetización en adultos y las matrículas en educación terciaria, miden el grado de transmisión del conocimiento y las ideas en los países. Además, es una condición necesaria para el desarrollo de las capacidades humanas. En cambio, las matrículas en educación terciaria proporcionan una estimación de la mano de obra calificada. En los países desarrollados, el sector público es en gran parte responsable de la formación de recursos humanos calificados, esto como agente formador (universidades e institutos públicos). En estos países el sector público representa la mayor parte del gasto en actividades de ciencia y tecnología, como lo son los centros tecnológicos, los centros de I+D y las universidades (Lugones & Suarez, 2010).

En este orden de ideas, evaluar y utilizar el conocimiento exterior también depende de la capacidad de absorción del conocimiento. La capacidad de una empresa para absorber el conocimiento depende del capital humano en la fuerza de trabajo. Esta es la capacidad que tiene la nación para atraer posibles fuentes de nuevo conocimiento y retenerlos localmente. El mejor indicador para medir la absorción del conocimiento es por medio de la Inversión Extranjera Directa (IED) (Archibugi & Coco, 2004; Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La IED incrementa el capital disponible y para los países en desarrollo es una de las fuentes más importantes de la transferencia de tecnología (Lall & Pietrobelli, 2005). La IED es crucial para estimular la innovación, en brindar nuevas tecnologías y conocimientos para el país. Cuando las empresas y los países desean alcanzar un nivel de capacidad de absorción que les permita atraer y retener a las empresas extranjeras, la IED puede ser una importante fuente de transferencia de tecnología y expansión comercial (Aubert, 2004). También, es una forma importante de transmisión de habilidades, conocimientos y tecnología en los países en desarrollo, y por lo tanto, es importante para la competitividad de las naciones, teniendo en cuenta el impacto positivo en el desarrollo económico (Castro et al., 2012; Unido, 2002).

Del mismo modo, la IED comprende un conjunto de activos tangibles e intangibles que incluyen capital, tecnología, conocimientos técnico, habilidades, nombres de marcas, prácticas organizacionales y de gestión, acceso a los mercados, entre otros (Caves, 1996). Todos estos factores contribuyen a la competitividad de los países de la siguiente manera: (a) introduciendo nuevos productos, nuevos procesos y nuevas prácticas, esto estimulando la innovación; (b) las multinacionales pueden promover la productividad industrial por medio de la transferencia de tecnologías a las empresas que les suministran bienes intermedios; (c) aumento de la I+D. No obstante, las empresas multinacionales tienden a mantener la mayor parte de sus actividades de I+D centralizadas en la casa matriz, en cambio, en el país anfitrión, aumenta los gastos en la construcción o ampliación de las bases de investigación y desarrollo (Corporations, 2005); (d) las empresas nacionales (generalmente los competidores de las filiales extranjeras) mejoran los métodos de producción por medio del aprendizaje por observación de la tecnología superior de las multinacionales (Crespo & Fontoura, 2007); (e) los trabajadores y administradores capacitados o anteriormente empleados por las filiales de las multinacionales difunden los conocimientos, habilidades y prácticas de gestión a las empresas locales cuando cambian de empleador o con la creación de empresas propias (Zhang, 2013).

Por otra parte, en economías latinoamericanas, las innovaciones de las empresas consisten básicamente en cambios incrementales con poco o ningún impacto en los mercados internacionales, y se basan principalmente en la imitación y la transferencia de tecnología



(Navarro, Llisterri, & Zuñiga, 2010). Las tecnologías más avanzadas adoptadas no son desarrolladas localmente, estas son importadas desde los países desarrolladas, por lo tanto, la importación de alta tecnología también miden el grado de absorción del conocimiento en las naciones (Khayyat & Lee, 2015).

### **1.3.3 Creación del conocimiento**

La creación de conocimiento es la capacidad del país para ser fuente de nuevas ideas, descubrimientos e innovaciones. Se entiende como nuevas ideas, conceptos, habilidades y competencias, o los avances técnicos y organizacionales.

El sector público y el privado invierten en la creación del conocimiento por medio de la Investigación y Desarrollo (I+D). La actividad de I + D es uno de los factores claves para la innovación y es motor del crecimiento económico (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

El gasto en I + D mide el nivel de insumos para la ciencia y la tecnología (Wagner et al., 2001). Es un elemento esencial que determina el proceso de la innovación en el país, y elemento básico para mejorar la competitividad internacional de los países (Chang Moon, Rugman, & Verbeke, 1998). Igualmente, son un componente central de las actividades de innovación tecnológicas y es el más importante de los gastos de innovación (Guan et al., 2006).

Por su parte, los investigadores dedicados a la I + D representan los recursos humanos disponible para las actividades de ciencia y tecnología (Wagner et al., 2001). Las investigaciones y aplicaciones de los investigadores e ingenieros tienen efectos directos en los procesos de innovación, tecnologías, sistemas de producción y nuevos productos, entre otros (Castro et al., 2012).

Por otra parte, las patentes constituyen una medida del producto del conocimiento creado. El número de solicitudes de patentes otorgadas indica el éxito de las actividades de innovación e indica una mayor acumulación del conocimiento en la economía. Miden la innovación generada con fines comerciales. Representan una forma de conocimiento codificado generado para obtener ganancias por las empresas y las organizaciones. También, ofrecen protección de

la propiedad intelectual para la invención de la compañía permitiendo a los inversionistas recuperar fondos que arriesgaron en la I + D, siempre y cuando el producto se comercializa (Aubert, 2004).

Para Wagner et al. (2001) este indicador representa uno de los resultado de la ciencia y la tecnología. El número de patentes puede ser considerado factor importante que afecta la tasa de innovación en los países en desarrollo (Khayyat & Lee, 2015). Aunque, muchas invenciones no están patentadas, especialmente en estos países, las patentes representan un buen indicador de las invenciones tecnológicas comercialmente explotables (Archibugi & Pianta, 1996).

Otra forma de medir la creación del conocimiento son los artículos en publicaciones científicas y técnicas. Sobre la base de estos indicadores es posible medir y caracterizar la dinámica de la publicación científica. La literatura científica es fuente de conocimiento codificado, representa el conocimiento generado en el sector público, en especial en las universidades y centros de investigación, aunque los investigadores que trabajan en el sector privado también publican artículos científicos. También representa un resultado de la ciencia y la tecnología (Archibugi & Pianta, 1996; Wagner et al., 2001)

#### **1.3.4 Explotación del conocimiento**

La explotación del conocimiento es la capacidad de utilizar el conocimiento comercialmente y extraer valor del mismo. Es la forma más visible de la innovación y más directa de la extracción de valor vinculada al proceso de creación del conocimiento. Las organizaciones adquieren conocimientos, crean nuevas ideas y las convierten en productos comerciales. Aunque generalmente la producción del conocimiento se lleva a cabo en algunas organizaciones como las universidades, es responsabilidad del sector empresarial explotar este conocimiento (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La explotación eficaz de los conocimientos es fundamental para la creación de valor del país. Los países capaces efectivamente de explotar el conocimiento son más competitivos. Sin embargo, la explotación del conocimiento depende del sistema de funcionamiento de la innovación y la capacidad de absorción, lo que permite el acceso al conocimiento, absorbido y

difundido a través de un país. Tales sistemas facilitan la más alta propensión posible para la posterior explotación y comercialización del conocimiento (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

La salida comercial del conocimiento está reflejada en las exportaciones. Se espera que la competencia y el aprendizaje generado por las exportaciones mejoren los esfuerzos de innovación en las empresas, sobre todo cuando las empresas locales tienen un cierto nivel de habilidades tecnológicas (Crespi & Zuniga, 2012).

Las actividades tecnológicas generan ganancias por las exportaciones de alta tecnología. Los avances en el rendimiento tecnológico y en la exportación van juntos con un cambio estructural significativo en la economía (Montobbio & Rampa, 2005). La exportación de productos de alta tecnología mide la capacidad que tienen las industrias del país para rivalizar con competidores internacionales en mercados extranjeros (Castro et al., 2012).

Del mismo modo, la intensidad en I+D tiene impacto en la exportación de alta tecnología por medio del incremento en la capacidad de producción de las empresas en productos de alta tecnología, aumentando y mejorando el capital intelectual nacional, el número de solicitudes y el número de empresas innovadoras. Por lo tanto, esto es considerado determinante en la evolución de las exportaciones de alta tecnología (Sandu & Ciocanel, 2014). Algunos factores se relacionan positivamente con las exportaciones de alta tecnología como lo son: gastos en I+D como porcentaje del PIB, investigadores en I+D por habitantes y la Inversión Extranjera Directa. Sin embargo, para los países en desarrollo, con baja intensidad en I+D, el factor más importante es la IED (Shelton, 2013).

#### **1.4 Indicadores compuestos**

Para la construcción del índice de innovación, se parte de la construcción del indicador compuesto, el cual hace parte del concepto de índice. Así pues, el indicador compuesto es aquel que complica en un simple índice un conjunto de indicadores individuales, esto sobre la base del modelo subyacente. Los indicadores compuestos pueden medir conceptos multidimensionales que no pueden ser capturados por el indicador simple (European Commission, n.d.).

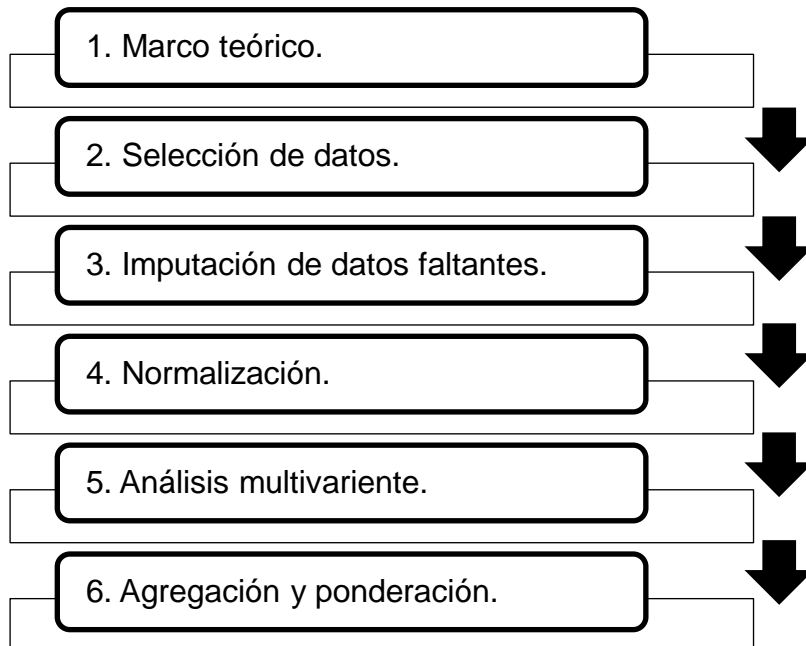
El indicador compuesto es una única métrica de valor real que se deriva de un conjunto de componentes del indicador por algún método de agregación (en su mayoría lineal). A menudo, se presenta en forma de orden de rango (escala ordinal) o normalizada a un intervalo cerrado (escala de intervalo) (Grupp & Schubert, 2010). Los indicadores compuestos utilizados para comparar el rendimiento entre los países son una herramienta útil en el análisis de las políticas públicas. Estos proveen una simple comparación de países que puede ser usado para ilustrar temas complejos. También pueden mostrar su utilidad en la evaluación comparativa de los resultados de los países (Saltelli, 2007). Además, dan una imagen sobre las posiciones relativas nacionales en las actividades de innovación (Archibugi et al., 2009b).

El indicador cuantitativo puede medir a partir de una serie de datos observados que pueden revelar una posición relativa en una determinada área. Son útiles para identificar tendencias y conducir la atención en temas particulares. También, pueden ayudar en configurar las prioridades públicas, proporcionan información preliminar para la acción política (European Commission, n.d.).

Teniendo en cuenta los diversos factores, es posible identificar lo que distingue a cada país, y cómo se compara con los socios y competidores. El objetivo político no es aumentar el valor de los indicadores, sino el de mejorar las condiciones económicas y sociales que se espera que los indicadores capturen (Archibugi et al., 2009b).

Los indicadores compuestos tienen la ventaja que al poder integrar un amplio conjunto de puntos de vista o subsistemas de una unidad de análisis considerada (región o país), permiten reducir la complejidad de la información que deviene de las múltiples perspectivas que, de otra forma, pudieran percibirse en mutuo conflicto. La construcción del indicador compuesto a menudo supone una implementación por fases partiendo del cálculo de indicadores compuestos referidos a los sub-sistemas que intervienen (Schuschny & Soto, 2009).

De esta manera, la Comisión Europea hace una serie de recomendaciones sobre la forma de diseñar, desarrollar y difundir el indicador compuesto y propone los siguientes pasos en la construcción (ver Ilustración 1) (European Commission, n.d.).

**Ilustración 1. Pasos para la construcción de indicadores compuestos.**

Fuente: (European Commission, n.d.).

1. **Marco teórico:** El marco teórico debe ser desarrollado para proporcionar la base para la selección y combinación de los indicadores individuales en el indicador compuesto en virtud de un principio de aptitud para el propósito.

En este paso se debe tener clara comprensión y definición del fenómeno multidimensional que debe medirse y compilar una lista de criterios de selección de las variables subyacentes, por ejemplo, las entradas y salidas.

2. **Selección de datos:** Los indicadores deben ser seleccionados sobre la base de la solidez analítica, la medición, la cobertura de los países, la pertinencia con el fenómeno que se está midiendo y la relación entre ellos.

Debe basarse en la solidez analítica, la medición, la cobertura de los países, y la pertinencia de los indicadores para el fenómeno que se está midiendo y la relación entre ellos. En este paso se comprueba la calidad de los indicadores disponibles.

3. **Imputación de datos faltantes:** Se debe considerar los diferentes métodos para imputar valores faltantes. Valores extremos deben ser examinados, ya que pueden convertirse en puntos de referencia no deseados.

El objetivo de esta paso es obtener el conjunto completo de datos. Además, es necesario proporcionar una medida de la fiabilidad de cada valor imputado, a fin de evaluar el impacto de la imputación de los resultados de los indicadores compuestos.

4. **Normalización:** Los indicadores deben ser normalizados para que resulten comparables. La atención debe prestarse a los valores extremos porque pueden influir en los pasos subsiguientes en el proceso de construcción del indicador compuesto.

5. **Análisis multivariado:** El análisis exploratorio debe investigar la estructura global de los indicadores, evaluar la idoneidad del conjunto de datos y explicar las opciones metodológicas, por ejemplo, ponderación, agregación.

En este punto se puede identificar grupos de indicadores o grupos de países que son estadísticamente similares y proporcionar interpretaciones de los resultados.

6. **Ponderación y agregación:** Los indicadores deben ser agregados y ponderados de acuerdo con el marco teórico. Las correlaciones entre los indicadores deben analizarse.

En la Tabla 3 se puede apreciar algunas ventajas y desventajas de los indicadores compuestos.

**Tabla 3. Ventajas y desventajas de los indicadores compuestos.**

<b>VENTAJAS INDICADORES COMPUESTOS</b>	<b>DESVENTAJAS INDICADORES COMPUESTOS</b>
Resume realidades multidimensionales complejas con el fin de apoyar la toma de decisiones.	Pueden enviar mensajes engañosos si se construyen o se interpretan mal.
	Puede invitar a implementar políticas simplistas.
Son más fáciles de interpretar que una batería de indicadores individuales.	Puede ser mal utilizado si el proceso de construcción no es transparente o carece de principios estadísticos o conceptuales.
Puede evaluar el progreso de los países a través del tiempo.	La selección de los indicadores y de las proporciones puede ser objeto de disputa política.

<b>VENTAJAS INDICADORES COMPUESTOS</b>	<b>DESVENTAJAS INDICADORES COMPUESTOS</b>
Reduce la dimensión del conjunto de indicadores sin perder la base de la información subyacente.	Puede ocultar deficiencias graves en algunas dimensiones y aumentar la dificultad de identificar las medidas correctivas adecuadas, si el proceso de la construcción no es transparente.
Permite comparar las dimensiones complejas de manera efectiva.	Puede conducir a políticas inadecuadas, si se tienen en cuenta las dimensiones de desempeño que son difíciles de medir.

Fuente: (Nardo, Saisana, Saltelli, & Tarantola, 2005).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cada año algunas organizaciones publican clasificaciones de rendimiento entre países. Estas clasificaciones sirven de referencia para juzgar el éxito o fracaso de ellos en el logro del crecimiento económico y de la competitividad, representado por indicadores compuestos conocidos y aceptados (Önsel et al., 2008). Sin embargo, los índices presentan algunos problemas en la construcción, como juicios subjetivos en la agregación y ponderación de variables, obteniendo sobreestimaciones del rendimiento en algunos países; otro problema está relacionado con datos utilizados, algunos índices utilizan encuestas donde las preguntas planteadas presentan debilidades y ambigüedades (Lall, 2001).

Por lo anterior, los índices no proporcionan guías confiables para tomar decisiones entre los directivos de organizaciones y gobernantes (Önsel et al., 2008). Esto conduce a que en la construcción de índices las proporciones son complejas de justificar al igual que el verdadero rendimiento en los países. Del mismo modo, Castro, Di Serio, & De Vasconcellos (2012) argumentan que los procesos metodológicos de medición de innovación carecen de detalle y precisión.

En cuanto a la clasificación de países, los índices son criticados al comparar resultados de países desarrollados y no (Benzaquen, del Carpio, Zegarra, & Valdivia, 2011). La mayoría de los indicadores compuestos actuales aplican ponderaciones subjetivas de manera uniforme a todos los países estudiados. Estas proporciones causan mediciones sesgadas (Önsel et al., 2008). El método aplicado a los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) no es conveniente aplicarlo también a países en desarrollo, por la razón de que los datos para algunas variables no están disponibles, además, la precisión de datos reportados por países miembros de la OCDE es mayor que los países no miembros. Esto demuestra que en la selección de variables para construir índices no se diferencian los países que están en nivel superior con los del nivel inferior (Archibugi & Coco, 2005).



En consecuencia, es pertinente desarrollar el índice que disminuya las falencias encontradas en los construidos actualmente que miden el rendimiento de las naciones. Esta investigación construye un índice que mide la innovación en algunos los países como Brasil, Chile, Colombia y México, evitando sesgos generados por subjetividades y selección de variables apropiadas para esta región. Un análisis comparativo entre países es significativo, siempre que se haga con grupos de países geográfica, cultural y económicamente homogéneos (Archibugi & Coco, 2004; Sirilli, 1997).



### 3. JUSTIFICACIÓN

La innovación es uno de los motores del crecimiento económico sostenible. Los gobiernos utilizan las políticas públicas para estimular la innovación, se tiene conocimiento del problema o del tema que se quiere abordar con el fin de diseñar y evaluar las políticas que sean eficaces y eficientes para estimular la innovación. Por lo tanto, medir la innovación en el ámbito nacional es importante. Asimismo, la innovación es considerada el determinante del crecimiento económico, la productividad, la competitividad y el empleo, por lo que las herramientas de medición son necesarias para probar y cuantificar (Archibugi, Denni, & Filippetti, 2009a; Grupp & Schubert, 2010).

Para la formulación de políticas públicas en innovación se hacen preguntas importantes como: ¿Cuál es el grado de innovación del país? ¿Se necesita más o menos, de ciertos tipos de innovación, o de contribuciones innovadoras para diferentes partes del sistema económico? Todas estas cuestiones impulsan la capacidad de medir la innovación. El reconocimiento de medir múltiples dimensiones de ciencia y tecnología motiva a los índices a ayudar a las políticas nacionales de ciencia y tecnología (Grupp & Schubert, 2010).

Las naciones compiten para mejorar la capacidad de innovación para el crecimiento y el rendimiento económico de la economía (Porter & Stern, 1999; Porter, 1990). La competencia y la innovación son importantes para los países en la construcción de capacidad de innovación, ya que proporcionan posibles vías para acelerar el proceso de convergencia tecnológica, y mantener creciente productividad y competitividad (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

Construir el índice de innovación ayuda a las economías en desarrollo en el proceso de actualización, proporcionando resultados en innovación de los países (Furman et al., 2002; Porter, 1998). También, ayuda a evaluar lo que debe hacer el país para impulsar la innovación, que resulta en la creación de crecimiento económico. Además, los retos de políticas nacionales para elaborar nuevas estrategias de innovación nacional (Mahroum & Al-Saleh, 2013).

De esta forma, los índices de ciencia, tecnología e innovación se utilizan como medida de capacidad relativa de un país para crear y fomentar un entorno propicio para estabilidad y crecimiento económico (Kao et al., 2007). Ofrece importantes conocimientos sobre el potencial del país para sostener el crecimiento de productividad y competitividad en el largo plazo. El desempeño de cada país en términos de estos criterios proporciona orientaciones para formular políticas de asignación recursos en áreas importantes para la nación.

Por otra parte, son tres los esfuerzos que justifican la medición de la innovación de las naciones: Análisis teórico, fuente de información e *input* para las estrategias de las empresas (Archibugi et al., 2009a).

1. **Análisis teórico:** Los indicadores de innovación se usan para incrementar y ampliar el conocimiento de los cambios tecnológicos y probar las teorías de innovación. Existe un consenso en las teorías económicas y sociales acerca del hecho que el cambio tecnológico representa el ingenio del desarrollo e incluso el progreso.
2. **Fuente de información para las políticas públicas:** Los gobernantes necesitan posicionar el país para identificar las fortalezas y debilidades, para garantizar las oportunidades tecnológicas, y valorar la efectividad de las políticas adoptadas. Interpretar las estadísticas del cambio tecnológico provee una fuente fundamental de información para diseñar y realizar políticas de innovación efectivas.
3. **Input para las estrategias de las empresas:** Los directivos de las organizaciones utilizan los estudios de innovación para entender sobre los avances tecnológicos. Los datos de la innovación de los diferentes países permiten comprender dentro del contexto geográfico que las empresas pueden desarrollar y establecer actividades de innovación.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.4 Objetivo general**

Construir un índice para cuantificar la capacidad innovadora en países como Colombia, México, Brasil y Chile, por medio de una metodología estadística evitando subjetividades de agregación y ponderación de variables.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Conocer desde la literatura los índices que miden la innovación en los países.
- Especificar un modelo teórico para medir la innovación.
- Construir el índice de innovación para los países de estudio y realizar comparaciones.
- Proponer políticas consecuentes a los resultados para el mejoramiento de la innovación en Colombia.



## 5. METODOLOGÍA

Para la construcción de indicadores compuestos se hace necesaria la introducción de algunas proporciones por la cual los componentes se totalizan. Estas proporciones no son fáciles de entender; incluso el número y tipo de componentes a utilizar en tal agregación es difícil de deducir de manera sistemática de la teoría de la innovación (Grupp & Schubert, 2010).

Según (Cherchye, Moesen, & Puyenbroeck, 2004), durante el proceso de construcción de un índice surgen al menos tres problemas principales que tienen que ser resueltos. En primer lugar, los indicadores individuales relevantes deben ser encontrados. Este problema, a veces llamado el problema de alcance, es más un problema que requiere una experiencia no formalizable, incluso este paso puede ser apoyado por métodos estadísticos. En segundo lugar, hay que decidir qué tipo de normalización utilizar, y en tercer lugar, cómo se combinarán los indicadores individuales en un solo indicador (Grupp & Schubert, 2010).

Así pues, en la agregación de diversas variables de innovación en un índice compuesto la cuestión es cómo los elementos se refieren a la totalidad. Es comprensible que estos problemas básicos no pueden ser tratados en la mayoría de las recientes construcciones de indicadores compuestos (Grupp & Schubert, 2010).

Esto impone la carga al investigador para proporcionar buenos argumentos del por qué una composición específica de indicadores es más adecuado o superior a cualquier otra de este conjunto de posibles asignaciones. En la práctica, este problema se reduce a una selección de proporciones con los que los componentes contribuyen al indicador compuesto (Cherchye et al., 2004).

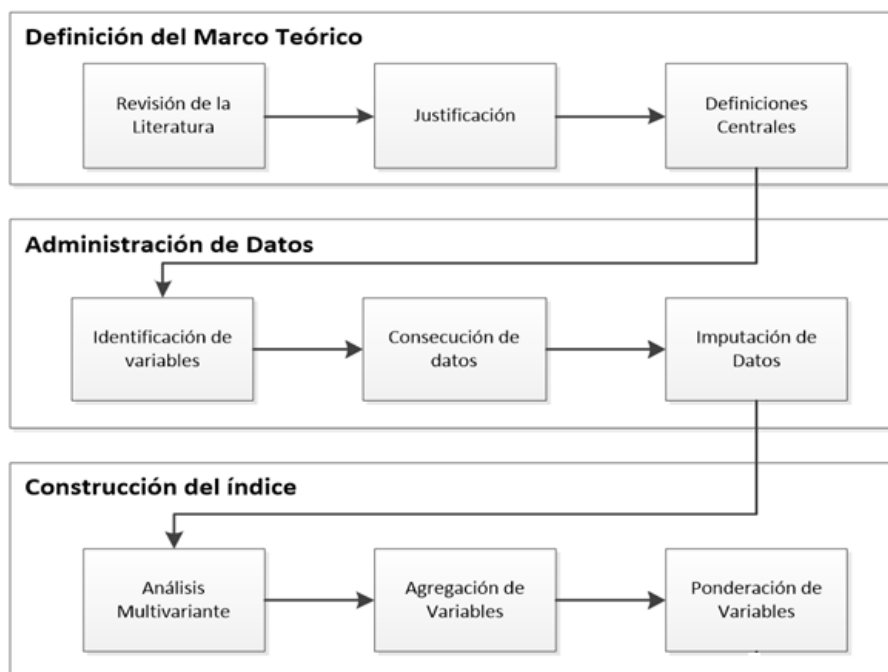
La robustez con respecto al método de agregación probablemente ha recibido mayor atención, sobre todo porque es evaluable a través de métodos matemáticos. Como es común en la literatura, indicadores compuestos están generalmente contruidos como medias aritméticas ponderadas. Por lo tanto, la cuestión de la agregación se reduce a la de encontrar las proporciones correspondientes (Grupp & Moge, 2004).

Asimismo, la literatura hace hincapié en la dificultad y la debilidad de la utilización de indicadores individuales para medir el concepto global de la innovación. De esta manera, para la creación de indicadores que reflejen los diferentes aspectos de los sistemas de innovación, se utiliza el análisis factorial. Este método permite reducir un amplio conjunto de variables existentes en un conjunto menor de variables hipotéticas no observables, llamadas factores, las cuales resumen toda la información contenida en el conjunto original. Según (Buesa et al., 2010) estas variables hipotéticas o factores reflejan mejor los aspectos generales de los sistemas de innovación que lo que podría ser cada una de las variables individuales.

En consecuencia, partiendo de los pasos recomendados por la Comisión Europea para la construcción de indicadores compuesto, la metodología a usar para la creación del índice de innovación se divide en tres etapas (Ilustración 2. Etapas para la creación del índice de innovación. Ilustración 2). En la primera etapa se desarrollará el marco teórico relacionado al tema de la construcción de los indicadores compuestos, de la justificación y definiciones que son la base para el desarrollo de la segunda etapa. La etapa dos corresponde a la selección de variables que se utilizarán en la construcción del índice y de la consecución de los datos. Posteriormente, en la etapa tres se construye el indicador compuesto partiendo de la imputación de los datos de las variables que lo requieran, esto con el fin de obtener la base de datos completa. En esta etapa las variables se normalizarán para tenerlas en las mismas unidades. Después, se integran todas las variables en una sola por medio del análisis factorial. Esta variable de salida corresponderá al indicador compuesto, el cual se tiene que construir para cada país de evaluación. De esta manera, se llega al índice de innovación propuesto para cada país seleccionado.



### Ilustración 2. Etapas para la creación del índice de innovación.



Fuente: Elaboración propia.

- **Construcción del marco teórico**

El marco teórico debe ser desarrollado para proporcionar la base para la selección y combinación de los indicadores individuales en el índice compuesto con base al propósito. Por ello es necesario elaborar al menos las siguientes actividades.

- **Revisión de la literatura**

Recopilación y levantamiento del estado del arte con el propósito de conocer el estado actual de los modelos que miden la competitividad en los países latinoamericanos así encontrar metodologías que permitan la apropiación e identificación de las posibles variables que harán parte de la construcción del índice compuesto.

- **Justificación**

Partiendo de los hallazgos en el estado del arte se deben justificar con base a la teoría los distintos indicadores que compondrían el índice. Estos indicadores internos deben

reflejar la información central que rodea la teoría acerca de la innovación nacional como base para el crecimiento económico.

- **Definiciones del modelo**

Todos los conceptos que abarca la construcción de una medida para la innovación de los países Latinoamericanos deben ser descritos y a su vez, formular un entorno conceptual que permita el entendimiento del fenómeno que se desea estudiar.

- **Administración de los datos**

Los indicadores integradores del índice principal deben ser seleccionados sobre la base de la solidez analítica, la medición, la cobertura de los países, la pertinencia con el fenómeno que se está midiendo y la relación entre ellos. El uso de variables aproximadas debe ser considerado cuando los datos son escasos.

- **Identificación de variables**

La identificación de las variables debe hacerse apoyándose en la construcción del estado del arte y los avances en materia conceptual. Estas variables o indicadores deben contener información pertinente al tema a tratar.

- **Consecución de datos**

Las fuentes de donde se extraen los datos deben ser confiables, lo ideal es que sean extraídas de las fuentes reales encargadas de los reportes oficiales de los indicadores o variables que se utilizarán en el estudio.

- **Imputación de datos**

Se debe considerar los diferentes enfoques para imputar los valores perdidos. Los valores extremos deben ser examinados, ya que pueden convertirse en puntos de referencia no deseadas. Conocidos como puntos atípicos que deben ser eliminados.

La imputación de los datos se refiere al hecho de sustituir observaciones, por dos motivos principalmente: se detectan valores de los recolectados como no correspondientes al comportamiento esperado lo que se conoce como *outliers* o atípicos; o bien, por otro motivo como es la carencia de información en alguna de las

variables comprometidas en el indicador llamadas *missing values* o datos perdidos (Medina & Galván, 2007). (Little & Rubin, 2002) proponen tres enfoques para el tratamiento de datos para esta situación, eliminación de la información imputación simple, es encontrada en el desarrollo de indicadores compuestos, sin embargo; se analizara cuál de los siguientes enfoques es propicio para el análisis:

**Análisis con los datos disponibles (*pairwise deletion*):** Este método utiliza toda la información disponible sin efectuar ningún tipo de corrección en los factores de expansión. Las observaciones que no tienen datos se eliminan, y los cálculos se realizan con diferentes tamaños de muestra lo que limita comparación de resultados.

**Imputación simple:** Son varios los métodos que pueden usarse bajo este enfoque de acuerdo a la calidad de los datos encontrada en la estructura de las muestras, dentro de estos métodos Medina & Galván (2007) destacan los siguiente:

**Imputación por el método de medias no condicionadas.** En caso de que las variables imputadas se utilicen en análisis secundario de datos, por ejemplo los modelos de regresión alteran los valores de los parámetros estimados, así como su significancia estadística. Bajo este procedimiento de imputación el valor medio de la variable se preserva, pero otros estadísticos definen la forma de la distribución.

**Imputación por medias condicionadas para datos agrupados.** Una variante del procedimiento anterior consiste en formar categorías a partir de co-variables correlacionadas con la variable de interés, e imputar los datos omitidos con observaciones provenientes de la sub-muestra que comparte características comunes (Acock, 2005). En la medida que la falta de información por categoría sea baja, los sesgos disminuyen pero no desaparecen. No obstante, no se sugiere utilizar este procedimiento en la medida si no se tiene una mejor alternativa para sustituir la información omitida.

**Imputación con variables ficticias.** Consiste en crear una variable indicador para identificar las observaciones con datos faltantes. Debido a las confusiones que introduce este procedimiento, no se recomienda el uso de esta técnica de imputación.

**Imputación mediante distribución no condicionada.** El método tiene como objetivo llenar los registros vacíos con información de los campos que contienen información completa, y los datos faltantes se reemplazan a partir de selección aleatoria de valores observados, lo cual no introduce sesgos en la varianza del estimador.

**Imputación múltiple.** Utiliza métodos de simulación de Monte Carlo y sustituye los datos faltantes a partir de un número ( $m > 1$ ) de simulaciones que, de acuerdo al autor, se ubica entre 3 y 10. La metodología consta de varias etapas, y en cada simulación se analizan la matriz de datos completos a partir de métodos estadísticos convencionales y posteriormente se combinan los resultados para generar estimadores robustos de acuerdo al error estándar e intervalos de confianza. Metodología fue propuesta por Little & Rubin (2002).

- **Normalización de variables**

Después de tener la base de datos completa, es necesario que todas las variables tengan las mismas unidades; para esto, cada una de las variables se normalizan. La atención debe prestarse a los valores extremos (puntos atípicos) que puedan influir en los pasos siguientes en el proceso de construcción de un índice compuesto. Los datos asimétricos también deben ser identificados y contabilizados. El problema de la normalización está estrechamente relacionado con la cuestión de la escala apropiada, que en los últimos años, son objeto de atención y protagonismo (Grupp & Schubert, 2010). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, Commission European, Centre Joint Research, & OECD, 2008), hace una recopilación de los métodos usados para la normalización de datos:

- **Empleo de tasas o porcentajes de variación.**

Cuando se posee información de una variable en varios períodos del tiempo, se puede trabajar con las tasas de variación (o su porcentaje de variación). Para lo cual se emplea la ecuación 1.

$$y_t^i = \frac{x_t^i - x_{t-1}^i}{x_t^i} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Ordenamiento de indicadores entre unidades de análisis**

El método más simple de normalizar variables y hacerlas comparables entre sí, consiste en establecer un ordenamiento o ranking de sus valores, los datos se independizan de la magnitud de los posibles datos atípicos que pudieran estar presentes. Cuando se dispone de

información en varios instantes del tiempo el ordenamiento se hace en cada período por separado. La ecuación 2, es aplicable para este caso.

$$y_t^i = \mathbf{Ranking} (x_t^i \in X) \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Estandarización (z-score).**

Dado que para cada variable se puede calcular la media y la desviación estándar, entonces se puede normalizar cada variable calculando el valor estandarizado también llamado valor z (Schuschny & Soto, 2009) (Ecuación 3).

$$\hat{x} = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $\mu$  y  $\sigma$  son la media y la desviación estándar, respectivamente. Para cada variable  $i$ , el resultado obtenido representa la distancia entre el valor de la variable con respecto a su media, expresada en unidades de desviación (Schuschny & Soto, 2009).

Por su parte, Aksoy & Haralick (n.d.) definen este método de normalización como el proceso de transformar las características de la variable  $x$  en una variable aleatoria con media cero y varianza unitaria. Con este método de normalización se asume que las variables se distribuyen con una distribución Normal, por lo tanto, el rango de normalización es  $[-1,1]$  con una probabilidad del 68%. Un cambio adicional a éste método es el descrito por la ecuación 4.

$$\hat{x} = \sum_{i=1}^N \frac{\frac{x_i - \mu}{3\sigma} + 1}{2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Con la fórmula anterior, se garantiza con una probabilidad del 99% que las variables quedarán normalizadas con un rango entre  $[0,1]$ .

Viikki & Laurila (n.d.) llaman a este método de normalización como *Segmental Cepstral Mean Normalization* (SCMN) y calculan la media y la desviación estándar de la siguiente manera (Ecuaciones 5 y 6):

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde  $x_i$  corresponde al valor de la variable  $x$  en el año  $i$  y  $N$  el total de datos que posee la variable  $x$ . Después de la normalización de las variables, se tiene la base de datos lista para la construcción del índice de innovación.

- **Análisis multivariado.**

El análisis exploratorio debe investigar la estructura global de los indicadores internos, evaluar la idoneidad estadística del conjunto de datos y explicar las opciones metodológicas que prosiguen, por ejemplo, ponderación, la agregación. Existen diversas técnicas para el análisis multivariado por lo que se deberá escoger la metodología correcta al momento de medir los factores de impacto en la competitividad nacional. Schuschny & Soto (2009), hacen referencia a una agrupación de métodos básicos para el análisis multivariado.

- **Análisis Factorial.**

El análisis factorial puede definirse como una técnica estadística multivariante que a partir de un conjunto de variables cuantitativas permite determinar un conjunto menor de variables sintéticas o no observables (ficticias), que resumen toda la información que reside en el conjunto original. Estas variables “ficticias” reciben el nombre de factores, y entre sus características se destaca el hecho de encontrarse correlacionadas entre ellas (Landau & Everitt, 2004). Por lo tanto, es una técnica de reducción dimensional y el principal objetivo es encontrar el número mínimo de dimensiones que expliquen la mayor cantidad de la información.

Esta técnica se encarga de analizar la varianza común a todas las variables tomando como referencia la matriz de correlaciones, calculando la porción de varianza compartida determinada por el coeficiente de determinación y simplifica la información existente, esta información es condensada en los llamados factores (De la Fuente, 2011).

Los factores son variables ficticias, donde se recoge la información de la combinación lineal de las variables. Si se comprueba la existencia de  $n$  factores se interpreta que el objeto de estudio puede descomponerse en  $n$  factores que reúne una cantidad determinada de variables. El modelo de análisis factorial puede definirse matemáticamente como lo muestra la ecuación 7, donde se evidencia la reducción de factores.

$$\mathbf{X} = \mathbf{AF} + \mathbf{U} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde  $A$  es la matriz de cargas o saturaciones de la varianza,  $F$  matriz de las puntuaciones factoriales y  $X$  la matriz de datos, en este caso la varianza de cada una de las variables es explicada por los factores comunes (comunalidad) y la varianza específica de cada una de ellas (especificidad), de las comunalidades nace la matriz  $F$  que determina el número de factores.

Con este método, es necesario analizar la conveniencia de la aplicación del análisis factorial, debido a que pueden encontrarse entre las variables del modelo correlaciones muy bajas y donde definitivamente no sería recomendable utilizar el análisis factoria. Para el análisis de las correlaciones existen varios indicadores que permiten su evaluación; sin embargo, solo se destacan dos por su efectividad: Test de Esfericidad de Barlett y la prueba de adecuación muestral de Kaiser – Meyer – Olkin (KMO) (De la Fuente, 2011).

El Test de esfericidad de Barlett contrasta la hipótesis de la normalidad multivariante, es decir que la matriz de las correlaciones de las variables del modelo es la matriz identidad. En este caso se contrasta la siguiente hipótesis:

$$H_0: [corr] = 1$$

$$H_1: [corr] \neq 1$$

Si  $H_0$  es aceptada se puede afirmar que las variables no se encuentran fuertemente correlacionadas por lo que no sería conveniente aplicar el método de análisis factorial, por el

contrario si el estadístico del test toma valores grandes la interpretación será la existencia de un grupo de variables altamente correlacionas que podrían ser agrupadas.

El test Kaiser – Meyer – Olkin (KMO) también es llamado medida de adecuación muestral. Este indicador mide el grado de correlación existente entre dos variables, compara las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial, entre menor sea su valor, mayor es el número de coeficientes de correlación parcial, y por tanto, menos apropiado el uso del análisis factorial. El cálculo de la media de adecuación muestral está dado por la ecuación 8.

$$KMO = \frac{\sum_{j \neq i} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{j \neq i} \sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{j \neq i} \sum_{i \neq j} r_{ij(p)}^2} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde  $r_{ij}^2$  son los coeficientes de correlación parciales entre las variables  $i$  y  $j$ , eliminando la influencia de las demás variables. Para que el criterio de la adecuación muestral sea aceptado se propone que:

$$\begin{aligned} KMO \geq 0.75 &\rightarrow \text{Bien} \\ 0.5 \geq KMO \geq 0.75 &\rightarrow \text{Aceptable} \\ KMO \leq 0.5 &\rightarrow \text{Inaceptable} \end{aligned}$$

Por otra parte, en la extracción de los factores existen diferentes métodos para la obtención de los factores comunes: método de las componentes principales, método de los ejes principales y el método de máxima verosimilitud.

- **Método de las componentes Principales:** consiste en estimar las puntuaciones factoriales mediante las puntuaciones tipificadas de las primeras componentes y la matriz de saturaciones de la varianza. Este método siempre otorga una solución.
- **Método de los ejes principales:** tiene la ventaja de estar basado en el modelo de análisis factorial por que suele dar buenas estimaciones, sin embargo no garantiza que el proceso converja en una solución.
- **Método de máxima verosimilitud:** este puede ser un método usado para validación ya que permite seleccionar un número de factores mediante las pruebas de hipótesis. El principal inconveniente del método es que al realizarse la función de verosimilitud



por medios iterativos, ya las variables no son normales y sus respuestas pueden ser infinitas.

En la rotación de los factores la matriz de saturaciones factoriales tiene un rol importante para el significado de los factores. En este caso cada factor tendrá correlación alta con un grupo de variables y baja para las demás. Los métodos utilizados para la rotación ortogonal de factores son: Varimax, Quartimax, Equamax, entre otros. Estos son capaces de determinar los factores ortogonales que brindan la información de las saturaciones de cada variable.

- **Método Varimax:** es el método que minimiza el número de variables con cargas altas de un factor y mejorando su interpretación. Este método arroja nuevos ejes con las cargas factoriales cercanas a 1 y así el método maximiza la suma de las varianzas utilizando una cantidad menor de variables.
- **Método Quartimax:** el principal objetivo es que un reducido número de factores este estrechamente relacionado con un conjunto de variables, la interpretación de este método mejora cuando la comunidad de las variables son constantes, este método tiende a producir un factor principal con la mayor ponderación y otros con menores ponderaciones comparadas con el método varimax.
- **Método Equamax:** este método opera igual a los anteriores pero en este caso se minimiza la media de las varianzas.

Por medio de la matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componentes, se obtienen los coeficientes que indican el porcentaje de la varianza que recoge cada variable sobre el factor y que posteriormente serán utilizados para el cálculo del Índice.

Para el cálculo del índice, las variables se incluirán en un único factor, dependiendo de su mayor grado de saturación en él. Por su parte, los factores determinarán los indicadores parciales, cuya ponderación en el indicador final será determinada por el grado de la varianza que cada uno de ellos recoge en el modelo.

Finalmente, el peso relativo de los factores, así como de las variables que los componen se calcula a partir de los resultados del análisis factorial. Las ponderaciones de los indicadores

parciales (factores), vendrá dada por la variabilidad total que el factor recoge en el modelo respecto a la variabilidad total (Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en los componentes).

El método a emplear presenta algunas fortalezas y debilidades que se observan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Fortalezas y debilidades del Análisis Factorial.**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Puede resumir un conjunto de indicadores individuales, preservando la máxima proporción posible de la variación total en el conjunto de datos original.	Las correlaciones a veces no son representativas en la influencia real de los indicadores individuales sobre el fenómeno que se está midiendo.
Las cargas de mayor factor se asignan a los indicadores individuales que tienen la mayor variación entre los países, una propiedad para las comparaciones entre países, ya que los indicadores individuales que son similares en todos los países son de poco interés y no puede posiblemente explicar las diferencias en el rendimiento.	Sensible a las modificaciones en los datos básicos: las revisiones de datos y actualizaciones, por ejemplo, nuevos países.
	Sensible a los problemas con muestras pequeñas, que son particularmente relevantes cuando la atención se centra en un conjunto limitado de países.

Fuente: (European Commission, n.d.).

## 6. RESULTADOS

A partir de la revisión de literatura y de acuerdo a la OCDE (1997) y la investigación de Mahroum & Al-Saleh (2013), las variables determinadas para medir innovación se clasifican en cuatro categorías: acceso al conocimiento, absorción y difusión del conocimiento, creación del conocimiento y explotación del conocimiento. En la Tabla 5 se aprecia 18 variables que se utilizaron para medir la innovación en Brasil, Chile, Colombia y México y algunos estudios que implementaron las variables.

**Tabla 5. Variables de medición de la innovación.**

CATEGORÍA		VARIABLE	FUENTE
<b>Acceso al conocimiento</b>	1.1	Usuarios de Internet (por cada 100 personas)	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	1.2	Líneas telefónicas (por cada 100 personas)	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	1.3	Abonos a teléfonos celulares (por cada 100 personas)	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
<b>Absorción y difusión del conocimiento</b>	2.1	Gasto público en educación, total (% del PIB)	(Khayyat & Lee, 2015)
	2.2	Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de 15 años o más)	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	2.3	Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)

CATEGORÍA		VARIABLE	FUENTE
	2.4	Población activa con educación terciaria (% del total)	(Lugones & Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	2.5	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	
	2.6	Importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes)	(Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	2.7	Inversión Extranjera Directa (IED), salida neta de capital (% del PIB)	(Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
<b>Creación del conocimiento</b>	3.1	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)	(Lugones & Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013; Wagner et al., 2001)
	3.2	Patentes concebidas residentes y no residentes / Millón de habitantes	(Archibugi et al., 2009a; Khayyat & Lee, 2015; Lugones & Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	3.3	Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	(Lugones & Suarez, 2010; Wagner et al., 2001)
	3.4	Artículos en publicaciones científicas y técnicas / Millón de habitantes	(Archibugi & Coco, 2004; Khayyat & Lee, 2015; Lugones & Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013; Wagner et al., 2001)
<b>Explotación del conocimiento</b>	4.1	Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)	(Archibugi et al., 2009a; Khayyat & Lee, 2015; Lugones &

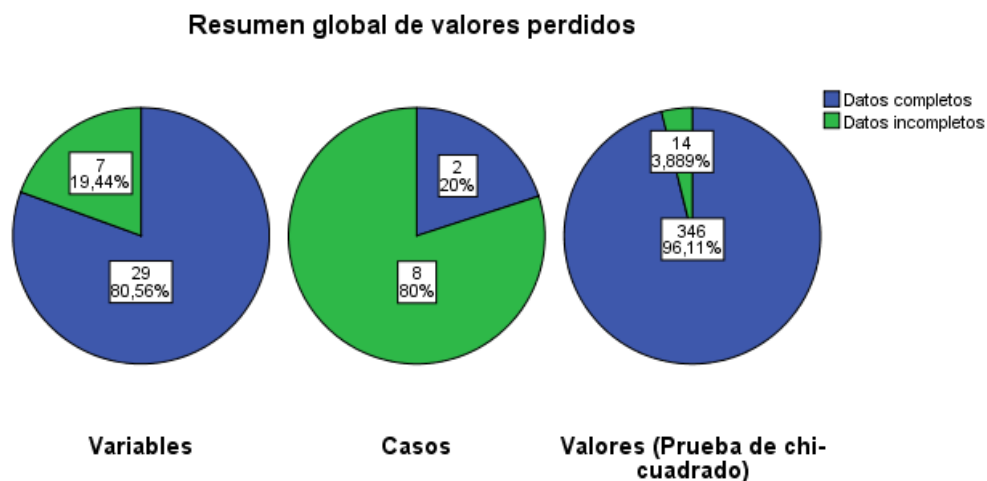
CATEGORÍA		VARIABLE	FUENTE
			Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	4.2	Exportaciones de productos de TIC (% de las exportaciones de productos)	(Lugones & Suarez, 2010; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	4.3	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	(Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013)
	4.4	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)	(Khayyat & Lee, 2015; Mahroum & Al-Saleh, 2013; Wagner et al., 2001)

Fuente: Elaboración propia.

La consecución de datos se realizó de bases del Banco Mundial y de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Ricyt). Los datos tomados de estas fuentes, fueron reportados desde el año 2000 hasta el 2012, debido a la escasez de datos por parte de las entidades. Este problema se manifestó con las variables relacionadas a las categoría de creación y explotación del conocimiento para Colombia y Chile; para no afectar los índices de aquellas economías que no tienen datos reportados en los últimos años, se tomó la decisión de excluir del análisis los años 2013 y 2014; sin embargo, se utilizaron los años 2011 y 2012 para análisis y comparaciones.

Los procesos y análisis estadístico fueron realizados en el paquete SPSS. Para comenzar, se encontraron datos incompletos para algunas variables, por lo que se procedió al análisis y la generación de números aleatorios que pudieran completar los datos perdidos. Según los resultados obtenidos, los datos perdidos correspondientes al total de las variables ingresadas fueron el 3,88% y además, el 19,44% de las variables contenían datos perdidos, este es un nivel permitido para proceder con la imputación de datos ya que no sobrepasa el 30%. Esto se observa en la Ilustración 3.

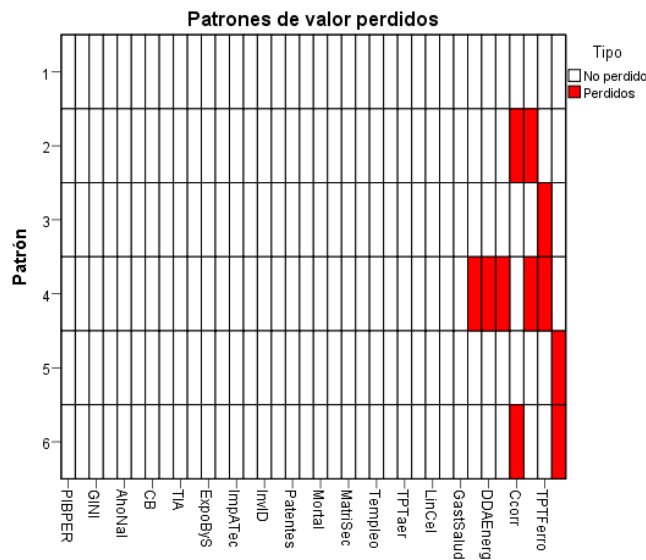
### Ilustración 3. Resumen de valores perdidos.



Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, el método usado para reemplazar los valores perdidos, se determinó de acuerdo al patrón, en este caso no se cuenta con patrón definido como lo muestra la Ilustración 4. Así que el método usado en este proceso fue de imputación de datos múltiples, haciendo uso de la simulación Monte Carlo para reemplazar los valores inexistentes. Esto permitió que la ausencia de datos no fuera un problema que introdujera sesgos en la medición de la innovación dándole un valor nulo a la variable cuando el dato no existe.

### Ilustración 4. Patrón de datos perdidos.



Fuente: Elaboración propia.

Contando con los datos completos y asegurando la no existencia de datos atípicos se procedió con el análisis multivariado de datos, en este caso se pretendió encontrar una medida objetiva para la innovación, por lo que fue necesario que la ponderación y agregación de las variables al modelo no fuera realizada por criterio de expertos; sino, de acuerdo al aporte de la variabilidad de los datos, por tanto, el método de análisis factorial por medio de extracción por componentes principales fue la herramienta escogida para determinar dichas proporciones. Esto permitió agrupar en la menor cantidad de factores las variables y así encontrar un número reducido de componentes que lo componga y expliquen la mayor variabilidad posible. Al ser un modelo con 18 variables propuestas se requirió de esta herramienta que permitiera la reducción de la escala para expresarlo de forma simple.

En la Tabla 6 se observa los resultados de las pruebas de adecuación muestral que indican que es apropiado realizar el análisis factorial, el valor **p** para la prueba de Bartlett indica que debe rechazarse la hipótesis nula puesto que  $V_p < 0,05$  (nivel de significancia), por tanto se concluye que las variables entre sí son altamente correlacionadas. Por su parte la medida KMO de  $0,616 > 0,5$  confirma que es apropiado continuar con el análisis.

**Tabla 6. Pruebas de adecuación muestral KMO y esfericidad de Barlett.**

<b>KMO y prueba de Bartlett</b>		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,616
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	2021,451
	gl	153
	Sig.	0,000

Fuente: Elaboración propia.

Al momento de realizar el análisis factorial los resultados arrojaron que el índice es construido con la ponderación de cuatro factores que explican alrededor el 97,769% de la varianza total. Con base en la tabla de varianza explicada en el anexo 1 se tomaron las proporciones relativas de cada uno de los factores con los que se construirá el índice.

En el análisis factorial, el método de rotación utilizado fue el *Varimax* que arroja una serie de factores ortogonales que explican la variabilidad del modelo, con base en este se determinó el número y medida en que afecta las variables a la construcción del índice. SPSS arrojó la matriz de componentes rotados con la que se eligieron las variables que componen cada uno de los factores. Las componentes en las que se agruparon las variables son análogas a las cuatro categorías que se proponen, como se observa en la matriz de componentes rotados representada por la Tabla 7.



**Tabla 7. Matriz de componentes rotados.**

<b>Matriz de componentes rotadas</b>				
	<b>Componente</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Usuarios de Internet	0,972	0,184	0,009	0,116
Líneas telefónicas	-0,969	0,078	-0,013	0,052
Abonos a teléfonos celulares	0,791	0,555	-0,086	0,002
Gasto público en educación	0,598	-0,281	-0,646	0,277
Tasa de alfabetización	0,628	0,018	-0,333	0,336
Inscripción escolar, nivel terciario	0,842	-0,334	0,143	0,373
Población activa con educación terciaria	0,303	0,235	0,147	0,886
Importaciones de bienes y servicios	-0,133	0,172	0,941	0,115
Importaciones de (TIC)	-0,748	0,072	0,103	-0,539
Inversión Extranjera Directa	0,046	0,444	0,18	-0,844
Gasto en I + D	0,738	0,507	-0,246	0,306
Patentes concebidas residentes y no residentes	0,867	0,216	0,352	-0,072
Investigadores dedicados a I + D	0,234	0,852	0,374	-0,158
Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,727	0,49	-0,278	0,24
Exportaciones de productos de alta tecnología	-0,03	-0,958	-0,206	0,046
Exportaciones de productos de TIC	-0,755	-0,425	-0,118	-0,226
Exportaciones de bienes y servicios	0,455	0,135	0,819	-0,079
PIB per cápita	0,945	0,294	0,052	0,063

Fuente: elaboración propia.

Una vez constituidos los datos en sus respectivos factores, los pesos para la agregación y ponderación de cada una de las variables está dado por los pesos relativos correspondientes a los aportes de variabilidad de cada uno de ellos (de las variables a los factores y de los factores al índice). Las ponderaciones se muestran en la Tabla 8, con base en estos resultados se procede con la construcción del índice para cada uno de los países (Brasil, Chile, Colombia y México).

**Tabla 8. Pesos relativos para la ponderación y agregación de variables.**

<b>Aporte al factor</b>	<b>Variable</b>	<b>% saturación</b>	<b>Peso relativo</b>
45,500%	Usuarios de Internet	0,972	44,226%
	Líneas telefónicas	0,969	44,090%
	Abonos a teléfonos celulares	0,791	35,991%
	Tasa de alfabetización	0,628	28,574%
	Inscripción escolar, nivel terciario	0,842	38,311%
	Importaciones de (TIC)	0,748	34,034%
	Gasto en I + D	0,738	33,579%
	Patentes concebidas residentes y no residentes	0,867	39,449%
	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,727	33,079%
	Exportaciones de productos de TIC	0,755	34,353%
	PIB per cápita	0,945	42,998%
18,316%	Investigadores dedicados a I + D	0,852	15,605%
	Exportaciones de productos de alta tecnología	0,958	17,547%
14,663%	Gasto público en educación	0,646	9,472%
	Importaciones de bienes y servicios	0,941	13,798%
	Exportaciones de bienes y servicios	0,819	12,009%
13,289%	Población activa con educación terciaria	0,886	11,774%
	Inversión Extranjera Directa	0,844	11,216%

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1 Índice de innovación en Brasil, Chile, Colombia y México

Luego de determinados los pesos se procedió con el cálculo de los índices para los años 2011 y 2012, como una suma ponderada como se había explicado anteriormente. Haciendo uso de las variables estandarizadas y los pesos relativos encontrados, los índices para cada uno de los países quedan determinados como se muestra en las Tabla 9.

**Tabla 9. Índice de innovación para Brasil, Chile, Colombia y México.**

<b>ÍNDICE DE INNOVACIÓN</b>		
<b>PAÍS</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Brasil	63,82%	64,53%
Chile	57,96%	55,56%
Colombia	71,14%	64,38%
México	65,89%	67,91%

Fuente: Elaboración propia.

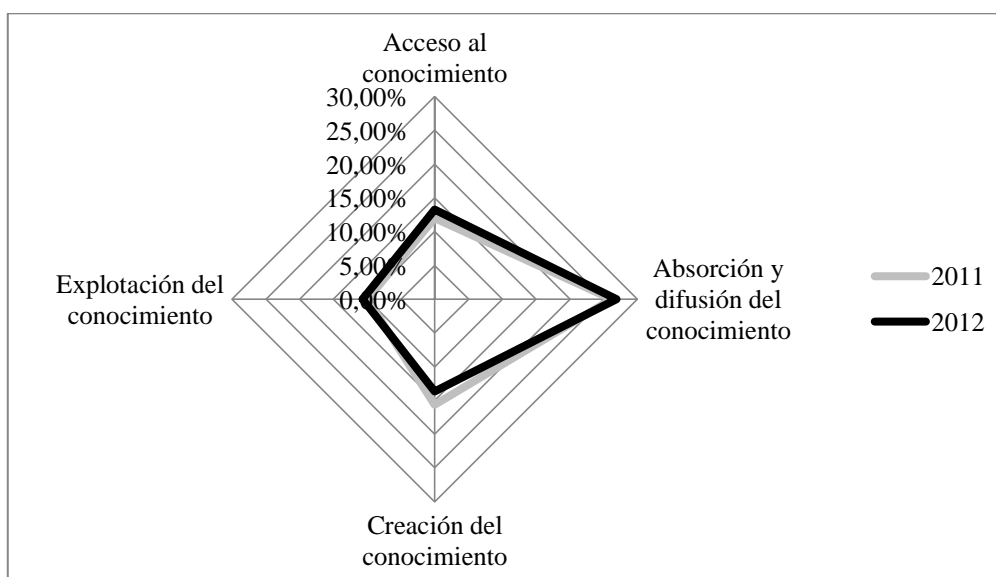
## 6.2 Medición de la innovación para Brasil

De acuerdo a la medición de la innovación en Brasil, la explotación del conocimiento está rezagada por ser la categoría de menor magnitud en el índice, con la variable explotación de TIC siendo la variable más crítica dentro de esta categoría (Ilustración 5). De igual forma, el gasto en I+D e investigadores dedicados a I+D, las variables más bajas en la creación del conocimiento y la IED en la absorción y difusión del conocimiento (Tabla 10 y anexo 2). Este comportamiento de estas variables también lo reportó Shelton (2013). No obstante, el mayor esfuerzo en innovación de Brasil está la absorción y la difusión del conocimiento. Esta es la categoría más alta en los dos últimos años del análisis (anexo 2).

**Tabla 10. Medición de la innovación para Brasil.**

	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Acceso al conocimiento	12,01%	13,29%
Absorción y difusión del conocimiento	26,22%	26,90%
Creación del conocimiento	15,61%	13,64%
Explotación del conocimiento	9,98%	10,71%

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 5. Medición de la innovación para Brasil.**

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, Brasil es uno de los países con mejores tasas de crecimiento económico, lo que se debe a políticas macroeconómicas más estables. Sin embargo, con importantes retrasos para la magnitud y escala a la que se encuentra creciendo, sus principales problemas se enfocan en la desigualdad, en la generación de empleo y en una calidad en educación que no siguen el ritmo acelerado de crecimiento (OCDE, 2014). Una de las recomendaciones que hace la OCDE es reformar las políticas relacionadas a la educación argumentando que aumentar el nivel en educación acelera el crecimiento en la productividad. Lo anterior es evidenciado en el índice con las variables gasto en educación e inscripción escolar a nivel terciario, con poca aporte en la absorción y difusión del conocimiento (anexo 2).

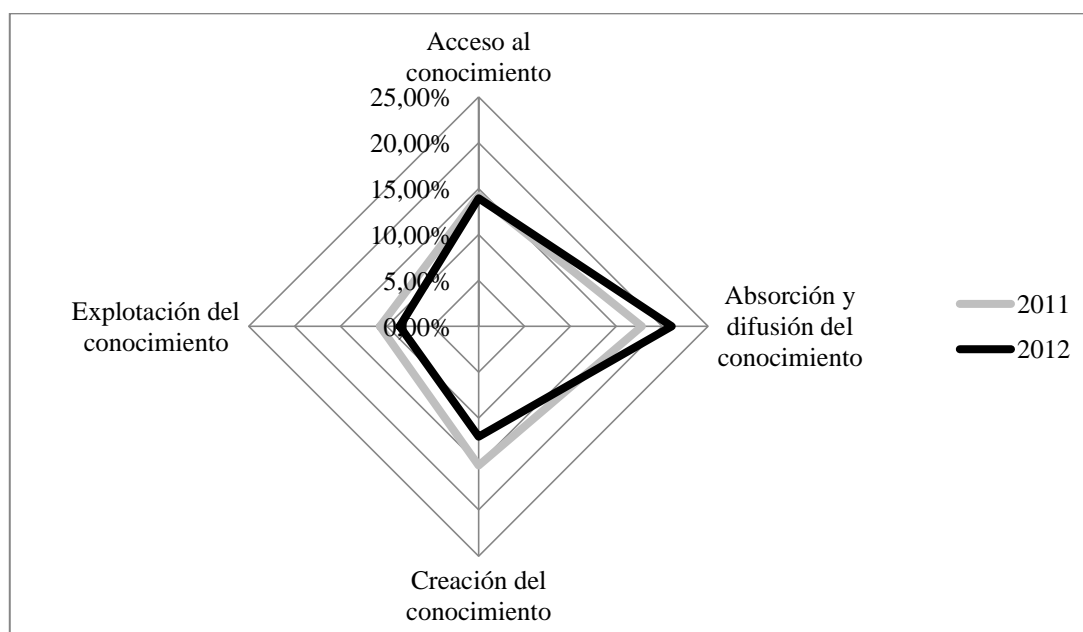
### 6.3 Medición de la innovación para Chile

Chile no presenta esfuerzo en explotación del conocimiento, esto por ser la categoría que menos le aporta a la innovación. También, se puede observar que esta categoría disminuye del 2011 al 2012 al igual que la creación del conocimiento. Sin embargo, el esfuerzo en innovación de Chile está en la absorción y difusión del conocimiento, es la categoría de mayor magnitud y aumentó para el último año. Por último, al acceso al conocimiento tiene un comportamiento estable (Tabla 11 e Ilustración 6).

**Tabla 11. Medición de la innovación para Chile.**

	2011	2012
Acceso al conocimiento	14,27%	13,93%
Absorción y difusión del conocimiento	17,81%	21,07%
Creación del conocimiento	15,18%	12,01%
Explotación del conocimiento	10,70%	8,55%

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 6. Medición de la innovación para Chile.**

Fuente: Elaboración propia.

La absorción y difusión del conocimiento es impulsada por tres variables. La primera, la IED atraída principalmente por la minería, sector rentable y considerado importante para la economía chilena (OCDE, 2013a). La segunda y tercer variables, inscripción escolar a nivel terciario y gasto público en educación, fomentadas por la políticas que viene aplicando el gobierno para impulsar el emprendimiento y la innovación mediante la inversión en educación (OCDE, 2013a) (Anexo 3).

#### 6.4 Medición de la innovación para Colombia

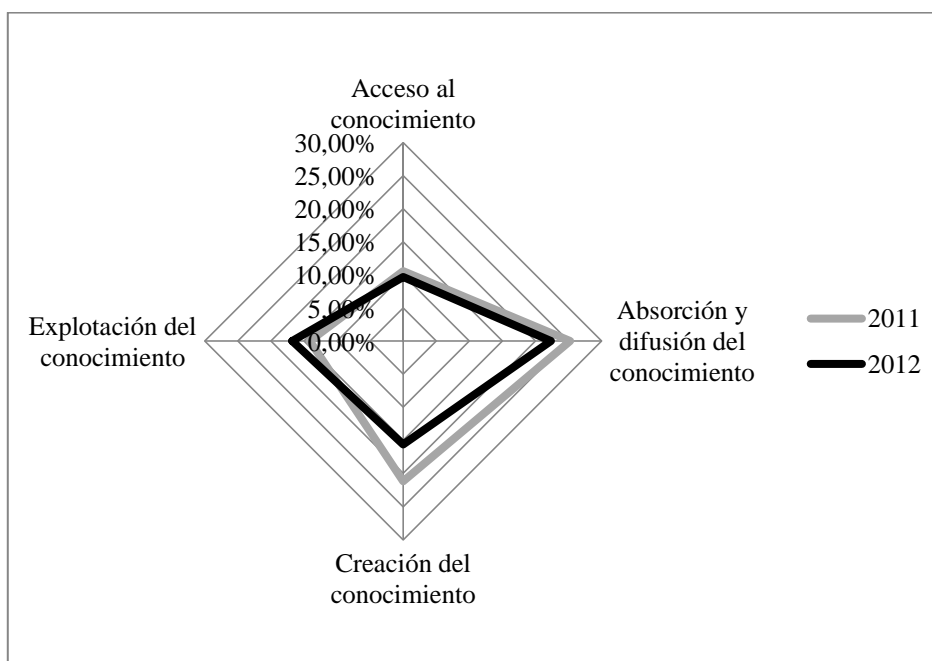
Los esfuerzos en innovación de Colombia están representados por la absorción y difusión del conocimiento y creación del conocimiento, aunque, tienen tendencia decreciente en los años del análisis. En contraste, la debilidad en innovación del país se presenta en el acceso al conocimiento, pero con aumento para el año 2012 (Tabla 12 e Ilustración 7).

**Tabla 12. Medición de la innovación para Colombia.**

	2011	2012
Acceso al conocimiento	10,60%	9,73%
Absorción y difusión del conocimiento	25,27%	22,35%
Creación del conocimiento	21,18%	15,59%
Explotación del conocimiento	14,09%	16,71%

Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 7. Medición de la innovación para Colombia.**



Fuente: Elaboración propia.

Las variables gasto público en educación y tasa de alfabetización son de las más bajas en la categoría absorción y difusión del conocimiento (anexo 4). Esto también se evidencia en los estudios económicos de la OCDE para Colombia del año 2013, donde recomienda un

aumento de la eficiencia del gasto en educación y formación dado que en el país los resultados generales en educación siguen siendo deficientes y que el fracaso educativo acarrea altos costos para la sociedad, limitando la capacidad del crecimiento y la innovación (OCDE, 2013b).

En la creación del conocimiento, la variables de producción académica (artículos en publicaciones científicas y técnicas) es la más rezagada, esta tendencia se observa para los años 2011 y 2012 (anexo 4). De acuerdo a la (OCDE, 2014), en esta materia, el país se encuentra por debajo del promedio de los países de la OCDE y al igual que la producción científica de la mayoría de los países latinoamericanos, la de Colombia se cita con menor frecuencia. Esto es muy similar en el caso de las patentes. Colombia ocupa un puesto inferior al de varios países de la región (OCDE, 2014). Esto también se constata en ser de las variables más bajas en la categoría de creación del conocimiento.

Por otra parte, la absorción y difusión del conocimiento muestra fortalezas en la población activa con educación terciaria. Es la variable de mayor nivel dentro de esta categoría y presentó esta tendencia para los dos últimos períodos del análisis (anexo 4). En este tema la (OCDE, 2014) afirma que Colombia muestra un progreso considerable en el desarrollo de capital humano, siendo superior al de otros países de Latinoamérica y el caribe. Sin embargo, este nivel no es suficiente para permitir que el sistema de innovación reduzca rápidamente la brecha con los competidores internacionales.

El acceso al conocimiento no impulsa el esfuerzo de innovación en el país porque es la categorías de más bajo nivel y además, es la más baja que los demás países (Brasil, Chile y México). Para la OCDE (2014) la principal causa de este problema radica en que la adopción y el uso de Internet y TIC por parte de las empresas es mucho menor que en los países miembros de la OCDE. Adicionalmente, existe una gran brecha entre el uso de las TIC por parte de grandes empresas y empresas pequeñas, así como en el uso de Internet por grupos de alto y bajo nivel de ingresos.

Por último, la explotación del conocimiento mejora para Colombia, nivel alcanzado principalmente por la exportación de productos de alta tecnología. En contraste, la

exportación de TIC es la variable de menor aporte a la categoría (anexo 4). De esta manera, el modelo de medición de la innovación concuerda con la investigación de Shelton (2013) en que las exportaciones de alta tecnología son impulsadas por el gasto de I+D, investigadores en I+D, e IED. Estas variables fueron las de mayor magnitud dentro de la categoría absorción y difusión del conocimiento (IED) y creación del conocimiento (gasto en I+D e investigadores en I+D).

### 6.5 Medición de la innovación para México

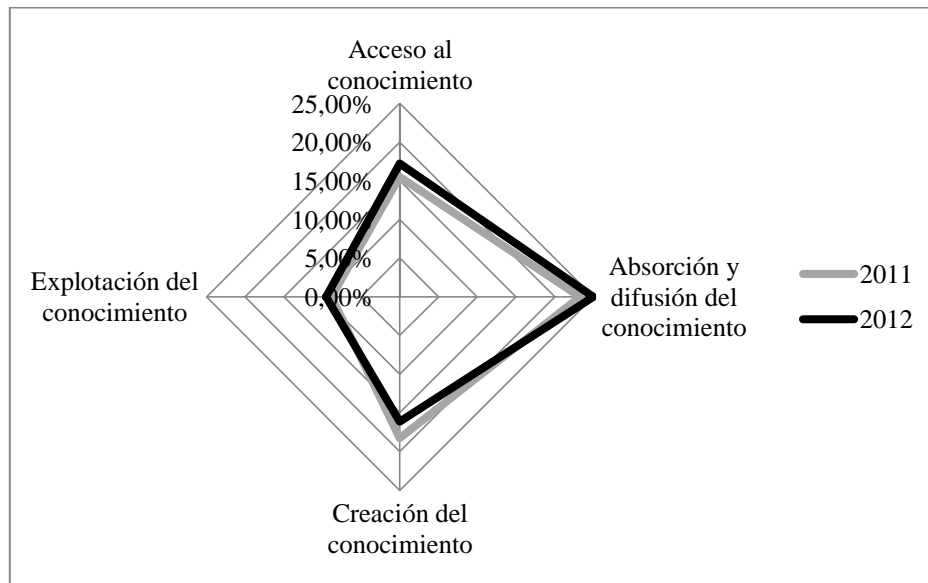
La innovación de México tiene un comportamiento estable. Cada una de las categorías que miden la innovación no tienen grandes cambios. Así, se destaca la absorción y difusión del conocimiento como la categoría que impulsan la innovación, pero la explotación del conocimiento no dice lo mismo (Tabla 13 e Ilustración 8).

**Tabla 13. Medición de la innovación para México.**

	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Acceso al conocimiento	15,49%	17,24%
Absorción y difusión del conocimiento	23,25%	24,96%
Creación del conocimiento	18,28%	16,16%
Explotación del conocimiento	8,88%	9,56%

Fuente: Elaboración propia.



**Ilustración 8. Medición de la innovación para México.**

Fuente: Elaboración propia.

La inversión en I+D está por debajo de los registrado en casi todos los países de la OCDE y en los BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). Según la (2015), ello se debe a que cerca de un tercio de la I+D en manufactura se lleva a cabo en sectores de tecnología baja y media. Además, los obstáculos para impulsar el potencial innovador del país incluyen una base interna de investigación deficiente. Esto también es evidenciado en la índice, siendo la variable de inversión en I+D la de menor nivel en la creación del conocimiento para los años 2011 y 2012 (anexo 5).



## 7. POLÍTICAS PARA LA MEJORA DE LA INNOVACIÓN

Las políticas de Colombia deben estar encaminadas a fomentar la infraestructura en las TIC. De esta manera, el acceso al conocimiento aumentaría y dejaría de estar rezagado y así aumentaría el esfuerzo en innovación del país. Asimismo, las TIC desempeñan un papel importante en la innovación empresarial incrementando la productividad. En todos los sectores las TIC reducen las barreras de entrada al mercado, permitiendo llegar fácilmente al público global de forma rápida y sencilla.

El esfuerzo en innovación de Colombia está representado por la absorción y la difusión del conocimiento, sin embargo, está decreciendo. La disminución de las importaciones de las TIC es la principal causa de esta disminución. En consecuencia, el país debe incrementar estas importaciones porque la economía del país se caracteriza en que las innovaciones de la industria se basan principalmente en la imitación y la transferencia de la tecnología y además, las tecnologías más avanzadas no son desarrolladas localmente, sino importadas. Fomentar las importaciones en las TIC generaría aumento en el acceso al conocimiento, y por lo tanto, se obtendría mejores niveles en el acceso, absorción y difusión del conocimiento.

No obstante, la inscripción escolar a nivel terciario y la población activa con educación terciaria, son los temas que más favorecen la innovación en la absorción y difusión del conocimiento. Aunque son las variables más importantes en esta categoría, también deben tenerse en cuenta en las políticas del gobierno para ser fomentadas, puesto que para que los países lleguen a la fase de industrialización y pos industrialización, existe la necesidad de una significativa proporción de la población con educación terciaria (Aubert, 2004).

Por otra parte, los artículos en publicaciones científicas y técnicas es tema crítico en la creación del conocimiento del país, siendo esta categoría con la mayor disminución. La disminución de esta variable afecta los esfuerzos en innovación porque esta representa el conocimiento generado y es uno de los resultados de la ciencia y la tecnología. Es así, que se debe aumentar la cantidad de las publicaciones y al mismo tiempo la calidad con el fin de incrementar la cantidad de citas, esto último de acuerdo a los estudios de la OCDE.

Por su parte, las patentes también es un tema rezagado dentro de la creación del conocimiento. La disminución de esta variable afecta los esfuerzos en innovación porque por medio de las patentes se incrementa el impacto económico de los resultados de las investigaciones como fuente de ingresos. En otras palabras, las patentes constituyen una medida del producto del conocimiento creado.

Finalmente, con respecto a la explotación del conocimiento, el esfuerzo en innovación se evidencia en el aumento de esta categoría, tendencia generada principalmente por la exportación de productos de alta tecnología y exportación de bienes y servicios. Para seguir con este nivel favorable para la innovación, se debe aumentar el gasto público en I+D, mejorar los programas e incentivos para los investigadores dedicados a la I+D y estimular la IED, esto aumentaría las exportaciones en especial las exportaciones en TIC que actualmente no se evidencia esfuerzos en innovación en esta materia. Por esta razón, se evidencia la importancia de este tema para ser contemplado en las políticas públicas con el objetivo de favorecer la explotación del conocimiento. Es decir, como afirma Mahroum & Al-Saleh (2013), los países capaces efectivamente de explotar el conocimiento son más competitivos. Sin embargo, la explotación del conocimiento depende en gran medida de un fuerte sistema de funcionamiento de la innovación y la capacidad de absorción, lo que permite el acceso al conocimiento, absorbido y difundido a través de un país. Tales sistemas facilitan la más alta propensión posible para la posterior explotación y comercialización del conocimiento.

## 8. CONCLUSIONES

Los modelos actuales de medición de innovación están basados en apreciaciones subjetivas de teóricos que los construyen, además, el uso de datos recopilados por encuestas generan imprecisiones, ya que no existe un método estándar para realizarlas, sobre todo, cuando se trata de medición de indicadores de innovación. Es importante que los índices compuestos para medir innovación sean objetivos, ya que de estos, se derivan decisiones a nivel nacional con el objetivo de alcanzar el desarrollo económico superior. En este caso, el uso de datos duros, provenientes de bases de datos verificables para cada uno de los países del estudio, provee a la investigación carácter objetivo evitando las encuestas; por la falta de método estandarizado en los países: Brasil, Chile, Colombia y México, para medir de forma imparcial las características asociadas a la innovación.

Otro aspecto que brinda subjetividad a la medición, es la construcción del índice, para ello, se emplean herramientas estadísticas que otorguen información desde los datos mismos, el análisis factorial se convierte en una técnica conveniente para el cálculo de las ponderaciones con las que se agregan los indicadores sintéticos al índice compuesto, utilizando variabilidad de los datos y así, determinar la porción de correlación compartida entre cada una de las variables que los componen, a su vez reduciéndolas a un número pequeño de factores haciendo el modelo más simple.

El índice construido muestra la proximidad a la realidad, debido a que los resultados arrojados muestran las fortalezas y debilidades asociadas a la innovación de los países estudiados; dando cuenta, de la falencia que tienen los países en estudio en aspectos como la explotación y acceso del conocimiento. Siendo ésta uno de los criterios importantes para el desarrollo de la competitividad de las naciones, los países deben enfocar sus esfuerzos a la mejora de las variables que integran, entre ellas, gasto público en educación y en las TIC (Internet, telefonía fija y celular, utilizadas en la investigación). Estas recomendaciones también son emitidas por la OCDE en concordancia con las falencias encontradas y con el objetivo de mejorar los niveles de crecimiento de la región.

Por otra parte, las recomendaciones y políticas propuestas para la mejora de la innovación en Colombia dependen de aquellas categorías donde los resultados no fueron satisfactorios. La OCDE realiza algunas de estas recomendaciones en el informe económico del 2013 y en los estudios de la OCDE de las políticas de innovación para Colombia, donde indica las debilidades donde debe centrarse el gobierno colombiano. Las recomendaciones dadas por la OCDE, y según los resultados del índice de innovación; Colombia deberá estar comprometida en mejorar las TIC porque es el de menor esfuerzo de innovación, tanto en el acceso y explotación de conocimiento.

Por último, el alto grado en las exportaciones de alta tecnología concuerda con las altas magnitudes de las variables de gasto en I+D, investigadores dedicados a la I+D y a la IED, consideradas en la literatura impulsadoras de las exportaciones de alta tecnología. Igualmente, la educación, particularmente en la población activa con educación terciaria, es la variable de más aporte a la absorción y difusión del conocimiento, que es constatado con los estudios de la OCDE para el país.

## **9. RECOMENDACIONES**

Este trabajo sirve de referencia para aplicarlo otros países de Latinoamérica y constituir el Índice de Innovación Latinoamericano (INLA), como un referente político para toma de decisiones. Para ello, es necesario ampliar los horizontes de la medición y utilizando de otras herramientas como el Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), para determinar una fuente de comparaciones en la región. Además, se propone como trabajo futuro, un mecanismo que pueda estandarizar la recopilación de datos en términos empresariales y de innovación para los países de Latinoamérica y mantenerlos actualizados, esto con el propósito de obtener una cantidad de datos propios que gire en torno a la innovación y brinde información rápida y oportuna los responsables de las políticas.





## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- Acock, A. C. (2005). Working With Missing Values. *Journal of Marriage and Family*, 67(4), 1012–1028. <http://doi.org/10.1111/j.1741-3737.2005.00191.x>
- Aksoy, S., & Haralick, R. M. (n.d.). Feature normalization and likelihood-based similarity measures for image retrieval. *Pattern Recognition Letters*, 22(5), 563–582. [http://doi.org/10.1016/S0167-8655\(00\)00112-4](http://doi.org/10.1016/S0167-8655(00)00112-4)
- Andriopoulos, C., & Gotsi, M. (2006). Probing the future: mobilising foresight in multiple-product innovation firms. *Futures*, 38, 50–66.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). *World Development*, 32(4), 629–654. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.10.008>
- Archibugi, D., & Coco, A. (2005). Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice. *Research Policy*, 34(2), 175–194. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.002>
- Archibugi, D., Denni, M., & Filippetti, A. (2009a). THE GLOBAL INNOVATION S COREBOARD 2008 : THE DYNAMICS OF THE INNOVATIVE This report was prepared by, 1–51.
- Archibugi, D., Denni, M., & Filippetti, A. (2009b). The technological capabilities of nations: The state of the art of synthetic indicators. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(7), 917–931. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.01.002>
- Archibugi, D., & Pianta, M. (1996). Measuring technological change through patents and innovation surveys. *Technovation*, 16(9), 451–468. [http://doi.org/10.1016/0166-4972\(96\)00031-4](http://doi.org/10.1016/0166-4972(96)00031-4)
- Aubert, J.-E. (2004). Promoting Innovation in Developing Countries: A Conceptual Framework. *Innovation*, 38. <http://doi.org/doi:10.1596/1813-9450-3554>

- Benzaquen, J., del Carpio, L. A., Zegarra, L. A., & Valdivia, C. A. (2011). A competitiveness index for the regions of a country. *Cepal Review*, (102), 67–84.
- Buesa, M., Heijs, J., & Baumert, T. (2010). The determinants of regional innovation in Europe: A combined factorial and regression knowledge production function approach. *Research Policy*, 39(6), 722–735. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2010.02.016>
- Castro, L., Di Serio, L. C., & De Vasconcellos, M. A. (2012). Competitiveness of nations: Review of the metric used by the world economic forum. *FÓRUM*, 52(4), 421–434.
- Castro-González, S., Peña-Vinces, J., Ruiz-Torres, A. J., & Sosa, J. C. (2014). Estudio intrapaíses de la competitividad global desde el enfoque del doble diamante para Puerto Rico, Costa Rica y Singapur. *Investigaciones Europeas de Direccion Y Economia de La Empresa*, 20(3), 122–130. <http://doi.org/10.1016/j.iedee.2013.09.001>
- Caves, R. (1996). *Multinational enterprises and economic analysis*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Chang Moon, H., Rugman, A. M., & Verbeke, A. (1998). A generalized double diamond approach to the global competitiveness of Korea and Singapore. *International Business Review*, 7(2), 135–150. [http://doi.org/10.1016/S0969-5931\(98\)00002-X](http://doi.org/10.1016/S0969-5931(98)00002-X)
- Cherchye, L. ., Moesen, W., & Puyenbroeck, V. (2004). Legitimately diverse, yet comparable: on synthesizing social inclusion performance in the EU. *Journal of Common Market Studies.*, 42, 919–955.
- Corporations, T. (2005). *World Investment Transnational Corporations and the Internationalization of R & D*. New York (Vol. 2005). <http://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2006.08.002>
- Crespi, G., & Zuniga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries. *World Development*, 40(2), 273–290. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.010>

Crespo, N., & Fontoura, M. P. (2007). Determinant factors of FDI spillovers: What do we really know? *World Development*, 35(3), 410–425.

De la Fuente, S. (2011). *Análisis Factorial*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

Delgado, M., Ketels, C., Porter, M. E., & Stern, S. (2012). The Determinants of National Competitiveness.

Dutta, S. (2012). *The Global Innovation Index 2012. Stronger Innovation Linkages for*. Retrieved from [http://www.codespring.ro/wp-content/uploads/2012/11/GII-2012\\_Cover.pdf](http://www.codespring.ro/wp-content/uploads/2012/11/GII-2012_Cover.pdf)

European Commission. (n.d.). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide*. Paris: OECD.

Feinson, S. (2003). National Innovation Systems Overview and Country Cases. *Knowledge Flows and Knowledge Collectives: Understanding The Role of Science and Technology Policies in Development*, 13–38.

Freeman, C. H. . (1994). *Innovation and Growth*. Dodgson, Rothwell.

Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 899–933.

Grupp, H., & Mogege, M. E. (2004). Indicators for national science and technology policy: How robust are composite indicators? *Research Policy*, 33(9), 1373–1384.  
<http://doi.org/10.1016/j.respol.2004.09.007>

Grupp, H., & Schubert, T. (2010). Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. *Research Policy*, 39(1), 67–78.  
<http://doi.org/10.1016/j.respol.2009.10.002>

Guan, J. C., Yam, R. C. M., Mok, C. K., & Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models.

*European Journal of Operational Research*, 170(3), 971–986.

<http://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.054>

Kao, C., Wu, W.-Y., Hsieh, W.-J., Wang, T.-Y., Lin, C., & Chen, L.-H. (2007). Measuring the national competitiveness of Southeast Asian countries. *European Journal of Operational Research*, 187(2), 613–628.

Khayyat, N. T., & Lee, J.-D. (2015). A measure of technological capabilities for developing countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 92, 210–223.

<http://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.09.003>

Lall, S. (2001). Competitiveness indices and developing countries: An economic evaluation of the global competitiveness report. *World Development*, 29(9), 1501–1525.

[http://doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00051-1](http://doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00051-1)

Lall, S., & Pietrobelli, C. (2005). National Technology Systems in Sub-Saharan Africa  
Sanjaya Lall. *International Journal Technology and Globalisation*, 1, 311–342.

Landau, S., & Everitt, B. (2004). A handbook of statistical analyses using SPSS.

Little, R. J. A., & Rubin, D. B. (2002). *Statistical analysis with missing data*. Hoboken, N.J.: Wiley.

Lugones, G., & Suarez, D. (2010). Science, technology and innovation indicators for policymaking in developing countries: an overview of experiences and lessons learned. ... -*Building in Science, Technology and Innovation (STI)*, ..., (January), 1–48. Retrieved from

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Science+,+technology+and+innovation+indicators+for+policymaking+in+developing+countries+:+an+overview+of+experiences+and+lessons+learned#0>

Luisa, E., & Castillo, R. (2004). El sistema nacional de innovación : Un análisis teórico-conceptual The National System of Innovation : A Theoretical-Conceptual Analysis, 45(45), 94–117.

- Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publishers.
- Lundvall, B.-Å. (2005). National Innovation Systems - Analytical Concept and Development Tool. *DRUID Tenth Anniversary Summer Conference 2005 on DYNAMICS OF INDUSTRY AND INNOVATION: ORGANIZATIONS, NETWORKS AND SYSTEMS*, 43.
- Lundvall, B.-Å. (2010). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Anthem Press.
- Mahroum, S., & Al-Saleh, Y. (2013). Towards a functional framework for measuring national innovation efficacy. *Technovation*, 33(10-11), 320–332.  
<http://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.03.013>
- Manrique, J., Robledo, J., & Lema, Á. (2014). Índice de desempeño innovador en los subsectores industriales colombianos. *Investigación Y Reflexión*, 22(2), 79–95.
- Medina, F., & Galván, M. (2007). *Imputación de datos: teoría y práctica*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas.
- Metcalf, S. (1995). *The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives*. (P. Stoneman, Ed.). Oxford (UK)/Cambridge (US).: Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change.
- Montobbio, F., & Rampa, F. (2005). The impact of technology and structural change on export performance in nine developing countries. *World Development*, 33(4), 527–547.  
<http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.01.001>
- Muchie, M., & Baskaran, A. (n.d.). *The National Technology System Framework : Sanjay Lall ' s Contribution to Appreciative Theory The Global Network for Economics of Learning , Innovation , and Competence Building System The National Technology System Framework : Sanjay Lall ' s Contributi.*
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, a., & Tarantola, S. (2005). Tools for composite indicators building. *Analysis*, 134. <http://doi.org/10.1038/nrm1524>

- Navarro, J., Llisterri, J., & Zuñiga, P. (2010). *“The Importance of Ideas: Innovation and Productivity in Latin America.”* (C. Pagés, Ed.). Washington, DC, United States: The Age of Productivity: Transforming Economies From the Bottom Up. Development in the Americas Report.
- Nelson, R. (1993). *National innovation systems. A comparative analysis.* New York and London: Oxford University Press.
- OCDE. (1997). National Innovation Systems, 8(1), 49.  
<http://doi.org/10.1504/IJEIM.2008.018615>
- OCDE. (2010). *InnovationStrategy.* Paris.
- OCDE. (2013a). Estudios económicos de la ocde.
- OCDE. (2013b). Estudios económicos de la OCDE Evaluación económica.
- OCDE. (2014). Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación : Colombia Resumen ejecutivo, 1–45.
- OCDE. (2015). *Estudios económicos de la OCDE MÉXICO.*
- OCDE, Commission European, Centre Joint Research, & OECD. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide.* Paris: OECD.
- Önsel, Ş., Ülengin, F., Ulusoy, G., Aktaş, E., Kabak, Ö., & Topcu, Y. I. (2008). A new perspective on the competitiveness of nations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(4), 221–246. <http://doi.org/10.1016/j.seps.2007.11.001>
- Patel, P., & Pavitt, K. (1994). *The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems.* (OCDE, Ed.). Paris: STI Review.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations.* London: Macmillan.

- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 76(6), 77–90. <http://doi.org/10.1042/BJ20111451>
- Porter, M. E., & Stern, S. (1999). *The New Challenge to America's Prosperity: Findings from the Innovation Index*, Council on Competitiveness. USA.
- Robledo, J. (2013). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Saltelli, A. (2007). Composite indicators between analysis and advocacy. *Social Indicators Research*, 81(1), 65–77. <http://doi.org/10.1007/s11205-006-0024-9>
- Sandu, S., & Ciocanel, B. (2014). Impact of R&D and Innovation on High-tech Export. *Procedia Economics and Finance*, 15(14), 80–90. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00450-X](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00450-X)
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible Andrés Schuschny. *Cepal*, 109.
- Schwab, K., & WEF. (2012). *The global competitiveness report 2012-2013*. Retrieved from [http://www.weforum.org/pdf/Global\\_Competitiveness\\_Reports/Reports/factsheet\\_gcr03.pdf](http://www.weforum.org/pdf/Global_Competitiveness_Reports/Reports/factsheet_gcr03.pdf)
- Shelton, R. D. (2013). *Scientometric Insight on a Bottom Line of Innovation: High-Technology Exports*.
- Sirilli, G. (1997). *Science and technology indicators: the state of the art and prospects for the future*. In: Antonelli. (1st ed.). London: G., De Liso, N.
- Unido. (2002). *Industrial Development Report 2002-03* (Vol. 12). <http://doi.org/10.1039/b917653e>
- Viikki, O., & Laurila, K. (n.d.). Cepstral domain segmental feature vector normalization for noise robust speech recognition. *Speech Communication*, 25(1-3), 133–147. [http://doi.org/10.1016/S0167-6393\(98\)00033-8](http://doi.org/10.1016/S0167-6393(98)00033-8)

Wagner, C. S., Brahmakulam, I., Jackson, B., Wong, A., & Yoda, T. (2001). Science and Technology Collaboration : Building Capacity in Developing Countries ? *Distribution*, (March). Retrieved from [http://192.5.14.43/content/dam/rand/pubs/monograph\\_reports/2005/MR1357.0.pdf](http://192.5.14.43/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1357.0.pdf)

Wonglimpiyarat, J. (2010). Innovation index and the innovative capacity of nations. *Futures*, 42(3), 247–253. <http://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.010>

Xia, R., Liang, T., Zhang, Y., & Wu, S. (2012). Is global competitive index a good standard to measure economic growth? A suggestion for improvement. *International Journal of Services and Standards*, 8(1), 45. <http://doi.org/10.1504/IJSS.2012.048438>

Zhang, K. H. (2013). How does foreign direct investment affect industrial competitiveness? Evidence from China. *China Economic Review*, 30, 530–539. <http://doi.org/10.1016/j.chieco.2013.08.003>



## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Varianza total explicada.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	9,284	51,577	51,577	9,284	51,577	51,577	8,19	45,5	45,5
2	3,91	21,722	73,299	3,91	21,722	73,299	3,297	18,316	63,817
3	1,853	10,294	83,592	1,853	10,294	83,592	2,639	14,663	78,48
4	1,472	8,176	91,769	1,472	8,176	91,769	2,392	13,289	91,769
5	0,692	3,844	95,613						
6	0,322	1,789	97,402						
7	0,217	1,207	98,609						
8	0,151	0,841	99,45						
9	0,099	0,55	100						
10	1,01E-13	1,04E-13	100						
11	1,01E-13	1,03E-13	100						
12	1,00E-13	1,01E-13	100						
13	1,00E-13	1,01E-13	100						
14	-1,00E-13	-1,00E-13	100						
15	-1,00E-13	-1,00E-13	100						
16	-1,00E-13	-1,02E-13	100						
17	-1,00E-13	-1,02E-13	100						
18	-1,02E-13	-1,13E-13	100						

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 2. Resultados para Brasil.

CATEGORÍA	VARIABLE	2011	2012
Acceso al conocimiento	Usuarios de Internet (por cada 100 personas)	0,0398557	0,0425662
	Líneas telefónicas (por cada 100 personas)	0,0395223	0,0463398
	Abonos a teléfonos celulares (por cada 100 personas)	0,0407280	0,0439851
Absorción y difusión del	Gasto público en educación, total (% del PIB)	0,0431248	0,0206754
	Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de	0,0513504	0,0662738

CATEGORÍA	VARIABLE	2011	2012
<b>conocimiento</b>	15 años o más)		
	Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	0,0198246	0,0173414
	Población activa con educación terciaria (% del total)	0,0233428	0,0573562
	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,0600755	0,0727694
	Importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes)	0,0446194	0,0346063
	Inversión Extranjera Directa (IED), salida neta de capital (% del PIB)	0,0198153	0,0000000
<b>Creación del conocimiento</b>	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)	0,0359276	0,0213507
	Patentes concebidas residentes y no residentes / Millón de habitantes	0,0405652	0,0561253
	Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	0,0497568	0,0289948
	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,0298958	0,0298958
<b>Explotación del conocimiento</b>	Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)	0,0079517	0,0061396
	Exportaciones de productos de TIC (% de las exportaciones de productos)	0,0009812	0,0000000
	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,0448771	0,0547449
	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)	0,0459580	0,0461725

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 3. Resultados para Chile.**

CATEGORÍA	VARIABLE	2011	2012
<b>Acceso al conocimiento</b>	Usuarios de Internet (por cada 100 personas)	0,064099	0,069522
	Líneas telefónicas (por cada 100 personas)	0,015012	0,000000
	Abonos a teléfonos celulares (por cada 100 personas)	0,063605	0,069818
<b>Absorción y difusión del conocimiento</b>	Gasto público en educación, total (% del PIB)	0,027364	0,038271
	Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de 15 años o más)	0,012693	0,019655
	Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	0,041452	0,045659

<b>CATEGORÍA</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
	Población activa con educación terciaria (% del total)	0,010333	0,019531
	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,033037	0,025022
	Importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes)	0,018757	0,019600
	Inversión Extranjera Directa (IED), salida neta de capital (% del PIB)	0,034434	0,042919
<b>Creación del conocimiento</b>	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)	0,036480	0,041086
	Patentes concebidas residentes y no residentes / Millón de habitantes	0,014302	0,013408
	Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	0,033145	0,033145
	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,063242	0,032420
<b>Explotación del conocimiento</b>	Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)	0,011388	0,012373
	Exportaciones de productos de TIC (% de las exportaciones de productos)	0,003784	0,000000
	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,025755	0,001993
	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)	0,066113	0,071148

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 4. Resultados para Colombia.**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Acceso al conocimiento</b>	Usuarios de Internet (por cada 100 personas)	0,045893	0,053655
	Líneas telefónicas (por cada 100 personas)	0,018781	0,000000
	Abonos a teléfonos celulares (por cada 100 personas)	0,041323	0,043664
<b>Absorción y difusión del conocimiento</b>	Gasto público en educación, total (% del PIB)	0,025484	0,022555
	Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de 15 años o más)	0,034666	0,019562
	Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	0,039471	0,046479
	Población activa con educación terciaria (% del total)	0,069326	0,051323
	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,048880	0,048576

CATEGORÍA	VARIABLE	2011	2012
	Importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes)	0,000000	0,004302
	Inversión Extranjera Directa (IED), salida neta de capital (% del PIB)	0,034854	0,030672
<b>Creación del conocimiento</b>	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)	0,040738	0,030874
	Patentes concebidas residentes y no residentes / Millón de habitantes	0,037379	0,047859
	Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	0,093506	0,058032
	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,040131	0,019087
<b>Explotación del conocimiento</b>	Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)	0,040427	0,065016
	Exportaciones de productos de TIC (% de las exportaciones de productos)	0,000000	0,004838
	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,054390	0,045102
	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)	0,046111	0,052164

Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 5. Resultados para México.

CATEGORÍA	VARIABLE	2011	2012
<b>Acceso al conocimiento</b>	Usuarios de Internet (por cada 100 personas)	0,047936	0,051197
	Líneas telefónicas (por cada 100 personas)	0,061417	0,072011
	Abonos a teléfonos celulares (por cada 100 personas)	0,045513	0,049153
<b>Absorción y difusión del conocimiento</b>	Gasto público en educación, total (% del PIB)	0,037691	0,019600
	Tasa de alfabetización, total de adultos (% de personas de 15 años o más)	0,040388	0,051537
	Inscripción escolar, nivel terciario (% bruto)	0,042697	0,048132
	Población activa con educación terciaria (% del total)	0,023975	0,054725
	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,041901	0,050402
	Importaciones de bienes de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) (% del total de importaciones de bienes)	0,031682	0,025171

<b>CATEGORÍA</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
	Inversión Extranjera Directa (IED), salida neta de capital (% del PIB)	0,014174	0,000000
<b>Creación del conocimiento</b>	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)	0,031912	0,018965
	Patentes concebidas residentes y no residentes / Millón de habitantes	0,038028	0,052616
	Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)	0,054772	0,031918
	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	0,058063	0,058063
<b>Explotación del conocimiento</b>	Exportaciones de productos de alta tecnología (% de las exportaciones de productos manufacturados)	0,005720	0,004416
	Exportaciones de productos de TIC (% de las exportaciones de productos)	0,001268	0,000000
	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	0,041736	0,050913
	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)	0,040055	0,040242

Fuente: Elaboración propia.