



## Cómo citar el artículo

González-Zabala, M., Galvis-Lista, E. & Angulo-Cuentas, G. (2017). Análisis de indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTI) propuestos por organizaciones nacionales de CTI en América Latina. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 52, 23-xx. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/942/1389>

# Análisis de indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) propuestos por Organizaciones Nacionales de CTI en América Latina<sup>1</sup>

### Mayda Patricia González-Zabala

PhD. en ingeniería de sistemas y computación, Universidad Nacional de Colombia  
Ingeniera de sistemas y magíster en informática, Universidad Industrial de Santander  
Profesora asociada, Universidad del Magdalena  
[mpgonzalez@unimagdalena.edu.co](mailto:mpgonzalez@unimagdalena.edu.co), [maydapgonzalez@gmail.com](mailto:maydapgonzalez@gmail.com)

### Ernesto Amaru Galvis-Lista

PhD. en ingeniería de sistemas y computación, Universidad Nacional de Colombia  
Ingeniero de sistemas y magíster en informática, Universidad Industrial de Santander  
Profesor asociado, Universidad del Magdalena  
[egalvis@unimagdalena.edu.co](mailto:egalvis@unimagdalena.edu.co), [egalvis@gmail.com](mailto:egalvis@gmail.com)

### Gerardo Angulo-Cuentas

PhD. en gestión y desarrollo tecnológico en ingeniería, Universidad Industrial de Santander  
Magíster en Ingeniería Industrial, Universidad del Norte  
Ingeniero industrial, Universidad del Atlántico  
Profesor asociado, Universidad del Magdalena  
[gerardoangulo@unimagdalena.edu.co](mailto:gerardoangulo@unimagdalena.edu.co), [gerardo@angulo.com.co](mailto:gerardo@angulo.com.co)

Recibido: 17 de noviembre de 2016.  
Evaluado: 29 de septiembre de 2017.  
Aprobado: 21 de octubre de 2017.

**Tipo de artículo:** investigación científica y tecnológica.

<sup>1</sup> Este artículo se deriva de una investigación realizada en el marco de la ejecución del Proyecto "Construcción del Plan Prospectivo para el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en la Universidad del Magdalena", financiado por la Universidad del Magdalena en la modalidad de proyecto de investigación institucional de carácter estratégico. Fecha de inicio: abril de 2015. Fecha de finalización: julio de 2017.



## Resumen

Los procesos de ciencia, tecnología e innovación (CTI) son considerados esenciales para el desarrollo y apalancamiento de la productividad y el crecimiento de los países; por esto, resulta esencial hacer seguimiento a los avances obtenidos. Con el fin de entender dichos procesos de evaluación, se realizó una investigación orientada a analizar los indicadores propuestos para medir CTI por parte de organismos nacionales de CTI. Para obtener los resultados se utilizó una metodología de cuatro fases. Los principales resultados obtenidos correspondieron a identificar que la actividad de CTI más evaluada es la investigación y desarrollo tecnológico (I+D), con el 43,1 % de los indicadores. En relación con las diferentes etapas del desarrollo de la CTI, se encontró que la evaluación de insumos agrupaba el 49,7 % de los indicadores, seguido de la evaluación de resultados (26,0 %) y de procesos de CTI (14,2 %). Los resultados pueden ser la base para futuros modelos de evaluación.

## Palabras clave

Análisis, Indicadores, CTI, Medición.

Analysis of Science, Technology and Innovation (STI) Indicators Proposed by National Organizations of STI in Latin America

The processes of science, technology and innovation - STI - are considered essential for the development and leverage of the productivity and the growth of the countries. Therefore, it is essential to monitor the progress made. In order to understand these evaluation processes, an investigation was carried out to analyze the proposed indicators for measuring STI activities by national agencies. A four-phase methodology was used to obtain the results. The main

results obtained were: the most evaluated STI activity is research and technological development (R & D) with 43.1% of the indicators. In relation to the different stages of STI development, it was found that the evaluation of inputs grouped 49.7% of the indicators, followed by the evaluation of results (26.0%) and the STI processes (14.2 %). These results can be the basis for future evaluation models.

## Keywords

Analysis, Indicators, Measurement, STI.

Une analyse des indicateurs de la science, la technologie et l'innovation (STI) proposés par les organisations nationales de STI en Amérique Latine Les processus de la science, la technologie et l'innovation (STI) sont considérés comme essentiels pour le développement et l'exploitation de la productivité et la croissance des pays. Il est donc essentiel d'assurer le suivi des progrès accomplis. Pour comprendre ces processus d'évaluation, on a fait une recherche pour analyser des indicateurs de STI proposés par les organismes nationaux de STI. Pour obtenir les résultats, on a utilisé une méthodologie de quatre phases. Les principaux résultats permettent d'identifier que la recherche et le développement technologique c'est l'activité de STI plus évaluée (43,1% des indicateurs). En ce qui concerne les différents stades de développement de STI, il a été constaté que l'évaluation des intrants était le 49,7% des indicateurs, suivi par l'évaluation des résultats (26,0%) et les processus de STI (14,2%). Les résultats peuvent être la base pour les modèles d'évaluation futurs.

## Mots-clés

Analyse, Indicateurs, STI, Mesure.

## Introducción

Los procesos de generación, explotación y difusión del conocimiento son considerados fundamentales para el crecimiento económico, el desarrollo y el bienestar de las naciones (OCDE & Eurostat, 2005). En ese sentido, muchos países

promueven el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) como estrategia para el desarrollo económico. En Colombia, país que no es ajeno a esta realidad, desde hace algunos años se ha buscado desarrollar un modelo productivo basado en actividades de CTI (ACTI). Particularmente, el gobierno colombiano se ha dado a la tarea de fortalecer el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), en busca de dinamizar la investigación y el desarrollo tecnológico para dar valor agregado a los productos y servicios de la economía colombiana, así como propiciar el desarrollo productivo y la generación de una nueva industria nacional (República de Colombia, 2009).

Una de las acciones clave desarrolladas en Colombia a este respecto fue la promulgación de la Ley 1286 de 2009, entre cuyos propósitos establece: incrementar las capacidades de CTI del país; establecer los mecanismos para promover la transformación y modernización del aparato productivo nacional; integrar esfuerzos de los diferentes actores y sectores; impulsar las áreas estratégicas del país; promover la calidad de la educación; estimular la participación de nuevas generaciones de investigadores, emprendedores e innovadores del país; y promover las estrategias regionales de CTI mediante el aprovechamiento de las potencialidades de recursos (República de Colombia, 2009). De lo anterior se desprende que los actores del SNCTI tienen un papel preponderante en el logro de los objetivos propuestos, y se espera que las universidades generen conocimiento de interés gremial y para nichos específicos, además de realizar investigaciones en áreas específicas, formen recursos humanos de nivel medio, profesional y posgradual (Monroy, 2005).

En este contexto, se hace necesario para los actores del SNCTI conocer los avances en la ejecución de ACTI con el fin de determinar cuáles son las capacidades con que se cuenta y entender las dinámicas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), en aras de tener elementos para planificar las acciones, tomar decisiones y dirigir los procesos (Colciencias, 2015). Para orientar los procesos de medición de ACTI se han desarrollado manuales por parte de organismos internacionales; la Tabla 1 presenta un resumen de los que se consideran principales.

Tabla 1. Manuales de referencia para la construcción de indicadores de CTI

| <b>Grupo</b>           | <b>Manual</b>    | <b>Organización proponente</b>   |
|------------------------|------------------|--|
| Manuales de innovación | Manual de Oslo   | Organización para la Cooperación y el Desarrollo –OCDE– y la Oficina Europea de Estadística – EUROSTAT - (OCDE & Eurostat, 2005)                         |
|                        | Manual de Bogotá | Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología – RICYT, la Organización de Estados Americanos – OEA y el programa CYTED (RICYT, OEA, & Programa CYTED, 2001) |

| <b>Grupo</b>                    | <b>Manual</b>   | <b>Organización proponente</b>   |
|---------------------------------|---|--|
| Manuales de la familia Frascati | Manual de Frascati  | Organización para la Cooperación y el Desarrollo –OCDE- (OCDE, 2002)   |
|                                 | Manual de Camberra  | Organización para la Cooperación y el Desarrollo –OCDE- (OCDE, 1995)   |
|                                 | Manual de Balanza de Pagos tecnológica  | Fondo Monetario Internacional (Fondo Monetario Internacional, 2009)  |
|                                 | Manual de Patentes  | Organización mundial de la propiedad intelectual – OMPI (OMPI, 2007)   |
| Otros manuales                  | Manual de Santiago  | Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología – RICYT (RICYT, 2007)   |
|                                 | Manual de Antigua   | Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología – RICYT y La Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación – OEI- (RICYT & OEI, 2015) |
|                                 | Manual de Buenos Aires - Avance   | (OEI & Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva - República Argentina, 2009)  |
|                                 | Recomendación relativa a la Normalización Internacional de las Estadísticas de Ciencia y Tecnología | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO - (Unesco, 1978)                                     |

Fuente: elaboración propia con base en RICYT (2010).

Las mediciones de CTI son realizadas por organismos que se han dado a la tarea de construir y calcular indicadores, basándose en los manuales de referencia para hacer seguimiento a las ACTI. Entre las organizaciones que lideran estos procesos de evaluación se encuentran los organismos nacionales de ciencia y tecnología (ONCYT) tales como ministerios, secretarías, agencias de estados, departamentos administrativos, entidades delegadas para llevar estadísticas nacionales, observatorios de CTI, organizaciones encargadas de generar conocimiento (universidades, centros de investigación) e investigadores (Osorio, 2015). Es importante resaltar que, con base en las estadísticas generadas por dichos organismos, los gobiernos, instituciones y organizaciones toman decisiones orientadas a la dirección de acciones y estrategias para el fortalecimiento de los procesos de CTI, así como a la selección de áreas estratégicas y la asignación de recursos, entre otros.

Dada la importancia e implicaciones que tienen las mediciones realizadas por dichos organismos, surge la siguiente inquietud: ¿qué aspectos de la CTI miden los indicadores propuestos y utilizados por los organismos encargados de generar estadísticas de CTI? Para dar respuesta a esta pregunta, en el marco de la ejecución de la Fase I: Construcción del Modelo de Medición y la Metodología de Evaluación de Capacidades de CTI del Proyecto de Construcción del Plan Prospectivo para el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en la Universidad del Magdalena, se realizó una investigación orientada a establecer y comprender los aspectos considerados en los procesos de medición de CTI, específicamente en analizar los indicadores propuestos por los ONCYT.

El presente documento se encuentra conformado por cinco secciones. En la primera se presenta la situación de interés que originó el presente trabajo investigativo; la segunda contiene la metodología utilizada para realizar el análisis de indicadores propuestos; en la tercera, se presentan los resultados obtenidos en el proceso de análisis en el contexto internacional; en la cuarta, se exponen las conclusiones obtenidas fruto del análisis realizado; y finalmente, se presentan las conclusiones.

## Metodología

Como metodología para la identificación y análisis de indicadores que miden CTI, formulados por los ONCYT en estudio se utilizó la propuesta por González-Zabala (2013). A continuación, se explican las etapas de la metodología y se representan gráficamente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Figura 1. Etapas para el análisis de indicadores. Fuente: elaboración propia.

### Identificación y selección de los referentes de medición

En esta etapa se seleccionaron los referentes de evaluación que fueron analizados. Específicamente, se escogieron los propuestos por los ONCYT de México, Brasil, Argentina, Chile y Colombia. Los criterios de selección fueron la continuidad en la evaluación (aplicados al menos tres veces), disponer de información en la web, así como, el hecho de ser países considerados referentes en el contexto latinoamericano.

Cada uno de los documentos fue sistematizado, con lo cual se incluyó información sobre título del documento, autores, alcance de la evaluación y su aplicación en el contexto universitario. Los documentos analizados fueron los siguientes:

- *Boletín Estadístico del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia* (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias, 2012)
- *Compendio Estadístico - Concursos de Conicyt 2011-2013 de México* (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2014),
- *Indicadores de Ciencia y Tecnología de Argentina* (Dirección Nacional de Información Científica & Secretaría de Planeación y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2015),
- *Indicadores del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil* (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil, 2015) y el
- *Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de Chile* (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica - CONICYT, 2015).

## Identificación y selección de indicadores relacionados con CTI

En la segunda etapa se identifican los indicadores formulados por los referentes a analizar. Estos se seleccionan considerando si evaluaban aspectos relacionados con CTI o si evalúan otros aspectos. En total se identificaron 561 indicadores, de los cuales el 15,7 % fue descartado por medir aspectos económicos, es decir, se identificó que el 84,3 % (473 indicadores) medían CTI. En la Tabla 2 se detallan el número de indicadores seleccionados y descartados por cada referente en estudio.

28

Tabla 2. Indicadores identificados y seleccionados por referente

| Organismos nacionales de CTI | Indicadores de CTI | Indicadores descartados | Total      |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------|
| México                       | 55                 | 6                       | 61         |
| Colombia                     | 77                 | 18                      | 95         |
| Argentina                    | 96                 | 10                      | 106        |
| Brasil                       | 130                | 13                      | 143        |
| Chile                        | 115                | 41                      | 156        |
| <b>Total</b>                 | <b>473</b>         | <b>88</b>               | <b>561</b> |

Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que, en relación con el número de indicadores que aporta cada uno de los referentes en estudio, se encontró que el ONCYT de Brasil aporta el 27,5 % de los indicadores en estudio; Argentina aporta el 20,3 %; Chile, el 24,3 %; Colombia, el 16,3 %; y México, el 11,6 %.

## Clasificación de indicadores

En la tercera etapa se procedió a documentar los indicadores seleccionados, registrando para cada uno de ellos fuente de datos, fórmula de cálculo, unidad de medida, periodicidad, tipo de evaluación y actividades de CTI (ACTI) evaluadas (investigación y desarrollo [I+D], innovación [N] y enseñanza y formación científica y tecnológica [EFCT], servicios científicos y tecnológicos [SCT], o si es transversal al evaluar varias actividades). Además, cada indicador es clasificado en las dimensiones y categorías establecidas para el análisis. Específicamente, se definieron 6 dimensiones y 18 categorías, distribuidas en las dimensiones propuestas. Cabe destacar que tres de ellas se basan en el enfoque de matriz – insumo – producto, el cual guarda relación con el utilizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE para la medición (Albornoz, 1994). Las restantes tres dimensiones se enfocan en la relación a la disponibilidad de los insumos, la productividad (relación entre los insumos y los resultados) y el impacto.

La clasificación de categorías se realizó para dar cuenta de los diferentes procesos de ACTI. Cada una de ellas está asociada a una categoría, con lo cual todas ellas están asociadas a una dimensión. Su definición se realizó a través de un trabajo iterativo, en el cual los investigadores revisaban y ajustaban la propuesta hasta llegar a consensos sobre estas en relación con los referentes teóricos y las necesidades del proyecto. Las dimensiones propuestas se presentan a continuación, y la clasificación se realizó de acuerdo a las dimensiones y categorías presentadas en la Tabla 3.

- Dimensión insumo: agrupa los indicadores que miden los recursos requeridos para la realización de ACTI, tales como los recursos económicos, estructurales y relacionales, físicos y tecnológicos, y humanos.
- Dimensión proceso: considera los indicadores que miden las actividades requeridas para la transformación de insumos en productos de CTI, tales como los proyectos, las relaciones con el entorno y la formación de personal en CTI.
- Dimensión resultado: concentra los indicadores que miden los resultados de las ACTI, a saber: el personal formado para ACTI, los recursos económicos obtenidos, y la transferencia de conocimiento.
- Dimensión disponibilidad de insumos: agrupa los indicadores que evalúan si los encargados de las ACTI tienen la disponibilidad de insumos para realizar su trabajo. Concretamente, se considera la disponibilidad de recursos físicos y tecnológicos, y los recursos financieros.

- Dimensión productividad: reúne los indicadores que miden la capacidad de trabajo que se tiene para realizar ACTI. Específicamente, se considera la evaluación de la productividad de los recursos financieros, de los recursos humanos y de las relaciones con el entorno.
- Dimensión impacto: considera los indicadores que miden el efecto de los resultados en el tiempo, tales como el impacto académico y los reconocimientos externos obtenidos.

Tabla 3. dimensiones y categorías de clasificación

| Dimensiones                      | Categoría                             |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Insumo</b>                    | Recursos económicos                   |
|                                  | Recursos estructurales y relacionales |
|                                  | Recursos físicos y tecnológicos       |
|                                  | Recursos humanos                      |
| <b>Proceso</b>                   | Proyectos                             |
|                                  | Personal para ACTI en formación       |
|                                  | Relaciones con el Entorno             |
| <b>Resultado</b>                 | Productos                             |
|                                  | Personal formado para ACTI            |
|                                  | Transferencia de conocimiento         |
|                                  | Recursos económicos                   |
| <b>Disponibilidad de insumos</b> | Recursos económicos                   |
|                                  | Recursos físicos y tecnológicos       |
|                                  | Recursos humanos                      |
| <b>Productividad</b>             | Productividad de recursos humanos     |
|                                  | Relaciones con el entorno             |
| <b>Impacto</b>                   | Impacto académico                     |
|                                  | Reconocimiento externo                |

Fuente: elaboración propia.

## Análisis de resultados

Con los indicadores clasificados (473 indicadores) se procede a realizar un análisis descriptivo de los hallazgos obtenidos.

## Resultados

### Clasificación de indicadores por ACTI

El primer análisis se enfocó en determinar el número de indicadores formulados para la medición de cada ACTI. Los resultados mostraron que el 42,9 % de los indicadores miden I+D, seguido por los indicadores formulados para la medición de aspectos transversales, es decir, que pueden medir dos o más ACTI, con el 32,3 % de los indicadores. Asimismo, se encontró que el 16,1 % de los indicadores fueron formulados para medir la innovación, en tanto que el 8,5 % de los indicadores miden la enseñanza y formación científica y tecnológica (EFCT), y el 1,3% miden servicios científicos y tecnológicos (SCT). En la Tabla 4 se presenta la distribución descrita.

Tabla 4. Clasificación de indicadores por ACTI

| ONCYT (País) | I+D | N  | EFCT | SCT | Transversal | Total |
|--------------|-----|----|------|-----|-------------|-------|
| México       | 25  | 0  | 1    | 1   | 28          | 55    |
| Colombia     | 23  | 5  | 1    | 5   | 43          | 77    |
| Argentina    | 61  | 11 | 6    | 0   | 18          | 96    |
| Chile        | 44  | 21 | 17   | 0   | 33          | 115   |
| Brasil       | 50  | 35 | 15   | 0   | 30          | 130   |
| Total        | 203 | 76 | 40   | 6   | 153         | 473   |

Fuente: elaboración propia.

Es importante señalar que, para Argentina, Brasil y Chile, la ACTI con mayor número de indicadores asignados fue la de I+D, con el 63,5 %, 38,5 %, y 38,3 %, respectivamente. Asimismo, para Argentina y Chile se detectó que la medición de ACTI de forma trasversal acumulaba el 18,8 % y el 28,7 % de los indicadores, respectivamente, seguida por la evaluación de la innovación, con el 11,5 % y el 18,3 % de los indicadores. Además, se encontró que Brasil formuló un mayor número de indicadores para la medición de la innovación (26,9%) que para la evaluación de las ACTI de forma transversal (23,1%) y las actividades de EFCT (11,5%).

Por otra parte, para Colombia y México el mayor número de indicadores son transversales (55,8 % y 50,9 %), seguidos por la evaluación de la I+D, con el 29,9 % y el 45,5% de los indicadores. Para la evaluación de las actividades de innovación en Colombia se formuló el 6,5 % de los indicadores, en tanto que no se identificaron indicadores para México; esto último no quiere decir que no se evalúe la innovación, sino que se hace de forma transversal. Colombia tiene el 1,3 % de los indicadores para la evaluación de actividades de EFCT y México el 1,8 %. En relación con la evaluación de actividades SCT, se encontró que solo Colombia y México tienen indicadores específicos para su medición, con el 6,5 % y el 1,8 %, respectivamente.

### **Clasificación de indicadores por dimensiones propuestas**

El segundo análisis se centró en la clasificación en las dimensiones propuestas. Los resultados evidencian que la dimensión de insumo tiene mayor número de indicadores, con el 49,7 %; está seguida por las dimensiones de resultados, con el 26 %; y de proceso, con el 14,2 %. Es decir, 89,8 % de los indicadores se concentra en estas tres categorías. El restante 10,2 % de los indicadores se distribuye en las dimensiones de disponibilidad de insumos (8,7 %) e impacto (1,5 %). Para la dimensión de productividad no se detectaron indicadores.

El análisis de los indicadores por dimensión y por referente permitió evidenciar que Colombia, Argentina, Chile y Brasil concentran la mayoría de sus indicadores en la medición de insumos. Solo en el caso de México se aprecia que la mayoría de indicadores se concentra en la dimensión de proceso, seguida de la de insumo. Para Argentina, Chile y Brasil, la segunda dimensión que agrupa el mayor número de indicadores es la de resultados; mientras que para Colombia la segunda dimensión es la de proceso, seguida por la de resultados. Por otra parte, llama la atención que Chile y Brasil tienen un mayor número de indicadores concentrados en la dimensión de disponibilidad de insumos que en la de procesos.

Por otra parte, se identificó que la evaluación de impacto solo es considerada por Chile y Brasil. Además, se apreció que México concentra la evaluación en insumos, proceso y resultados, y no se encontraron indicadores para la evaluación de las otras dimensiones definidas. En la Tabla 5 se presenta la distribución descrita por referente.

Tabla 5. Distribución de indicadores en las dimensiones propuestas y por referente

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Insumo</b> | <b>Proceso</b> | <b>Resultado</b> | <b>Disponibilidad de insumos</b> | <b>Productividad</b> | <b>Impacto</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|---------------|----------------|------------------|----------------------------------|----------------------|----------------|--------------|
| México                              | 21            | 33             | 1                | 0                                | 0                    | 0              | 55           |
| Colombia                            | 52            | 10             | 8                | 7                                | 0                    | 0              | 77           |
| Argentina                           | 47            | 10             | 30               | 9                                | 0                    | 0              | 96           |
| Chile                               | 54            | 8              | 38               | 10                               | 0                    | 5              | 115          |
| Brasil                              | 61            | 6              | 46               | 15                               | 0                    | 2              | 130          |
| <b>Total</b>                        | <b>235</b>    | <b>67</b>      | <b>123</b>       | <b>41</b>                        | <b>0</b>             | <b>7</b>       | <b>473</b>   |

Fuente: elaboración propia.

### **Clasificación de indicadores por categorías**

El tercer análisis realizado fue la clasificación de los indicadores de cada dimensión por categorías. La primera dimensión analizada fue la de insumo, que ostentó el mayor número de indicadores detectados. La distribución en sus categorías permitió evidenciar que la categoría más evaluada fue la de recursos económicos con el 58,7 % de los indicadores de la dimensión, seguida de las categorías de recursos humanos y recursos estructurales y relacionales, con el 28,1 % y el 12,8 %, respectivamente. A la categoría de recursos físicos y tecnológicos solo se le detectó el 0,4 % de los indicadores, y estos fueron propuestos por Colombia en su sistema de medición. Por otra parte, se detectó que a México no se le identificaron indicadores para la medición de recursos humanos; y a Argentina no se le identificaron para la medición de recursos estructurales y relacionales. En la Tabla 6 se presenta la distribución descrita por referente y categoría.

Tabla 6. Distribución de indicadores de la dimensión insumo por referente y categorías

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Recursos Económicos</b> | <b>Recursos Estructurales y relacionales</b> | <b>Recursos Físicos y Tecnológicos</b> | <b>Recursos Humanos</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|--|--|-------------------------|--------------|
| México                              | 16                         | 5  | 0                                      | 0                       | 21           |
| Argentina                           | 30                         | 0  | 0                                      | 17                      | 47           |
| Colombia                            | 28                         | 13   | 1                                      | 10                      | 52           |
| Chile                               | 25                         | 8  | 0                                      | 21                      | 54           |
| Brasil                              | 39                         | 4  | 0                                      | 18                      | 61           |
| Total                               | 138                        | 30   | 1                                      | 66                      | 235          |

Fuente: elaboración propia.

La segunda dimensión analizada fue la de resultados, donde se encontró que la categoría de productos agrupa el 83,7 % de los indicadores de la dimensión y es evaluada por todos los referentes en estudio. Aun cuando el restante 16,3 % de los indicadores se concentra en la categoría de personal formado para ACTI, se encontró que para México y Colombia no se hallaron indicadores en esta categoría. Para la categoría de recursos económicos no se encontraron indicadores. En la Tabla 7 se aprecia la distribución descrita por referente.

Tabla 7. Distribución de indicadores de la dimensión resultados por referente y categorías

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Personal formado para ACTI</b> | <b>Productos</b> | <b>Recursos económicos</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|--------------|
| México                              | 0                                 | 1                | 0                          | 1            |
| Colombia                            | 0                                 | 8                | 0                          | 8            |
| Argentina                           | 6                                 | 24               | 0                          | 30           |
| Brasil                              | 3                                 | 43               | 0                          | 46           |
| Chile                               | 11                                | 27               | 0                          | 38           |
| Total                               | 20                                | 103              | 0                          | 123          |

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la dimensión de "Proceso" permitió evidenciar que el 53,7 % de los indicadores miden la categoría de personal para ACTI en formación; el 43,3 %,

proyectos; y el 3 %, las relaciones con el entorno. Igualmente, se encontró que Brasil no mide aspectos relacionados con los proyectos y que México es el único país en estudio que mide relaciones con el entorno. En la Tabla 8 se presenta en detalle la distribución de indicadores por referente y categorías de la dimensión proceso.

Tabla 8. Distribución de indicadores de la dimensión proceso por referente y categorías

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Personal para ACTI en formación</b> | <b>Proyectos</b> | <b>Relaciones con el entorno</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|--|------------------|----------------------------------|--------------|
| Brasil                              | 6                                      | 0                | 0                                | 6            |
| Chile                               | 3                                      | 5                | 0                                | 8            |
| Colombia                            | 4                                      | 6                | 0                                | 10           |
| Argentina                           | 6                                      | 4                | 0                                | 10           |
| México                              | 17                                     | 14               | 2                                | 33           |
| Total                               | 36                                     | 29               | 2                                | 67           |

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la dimensión de disponibilidad de insumo permitió evidenciar que la categoría de recursos económicos concentra el 73,2 % de los indicadores de la dimensión; y la de recursos humanos, el 26,8 %. Para la categoría de recursos físicos y tecnológicos no se identificaron indicadores. Además, se encontró que la propuesta de medición de México no consideró indicadores que se pudieran clasificar en alguna categoría de la dimensión; la propuesta de Colombia, por su parte, consideró indicadores únicamente de recursos económicos; y Argentina, Chile y Brasil sí formularon en dos categorías. En la Tabla 9 se presenta la distribución descrita anteriormente.

Tabla 9. Distribución de indicadores de la dimensión disponibilidad de insumo por referente y categorías

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Recursos Económicos</b> | <b>Recursos físicos y tecnológicos</b> | <b>Recursos Humanos</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|--|-------------------------|--------------|
| México                              | 0                          | 0                                      | 0                       | 0            |
| Colombia                            | 7                          | 0                                      | 0                       | 7            |
| Argentina                           | 6                          | 0                                      | 3                       | 9            |
| Chile                               | 4                          | 0                                      | 6                       | 10           |

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Recursos Económicos</b> | <b>Recursos físicos y tecnológicos</b> | <b>Recursos Humanos</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|----------------------------|--|-------------------------|--------------|
| Brasil                              | 13                         | 0                                      | 2                       | 15           |
| Total                               | 30                         | 0                                      | 11                      | 41           |

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el análisis de la dimensión impacto evidenció que solamente Brasil y Chile consideraron la evaluación de las categorías impacto académico y reconocimiento externo. Específicamente, la categoría de impacto académico tiene el 42,9 % de los indicadores y la de reconocimiento externo el 57,1 % de los indicadores. Además, este análisis permitió identificar que la totalidad de los indicadores detectados evalúan aspectos relacionados con el impacto académico, tales como el conteo en citas. En la Tabla 10 se presenta la distribución descrita.

Tabla 10. Distribución de indicadores de la dimensión impacto por referente y categorías

| <b>Organismos nacionales de CTI</b> | <b>Impacto académico</b> | <b>Reconocimiento externo</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------|
| Colombia                            | 0                        | 0                             | 0            |
| México                              | 0                        | 0                             | 0            |
| Argentina                           | 0                        | 0                             | 0            |
| Brasil                              | 1                        | 1                             | 2            |
| Chile                               | 2                        | 3                             | 5            |
| Total                               | 3                        | 4                             | 7            |

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

De acuerdo a los análisis realizados, fue posible determinar que los cinco países en estudio han formulado un número considerable de indicadores para la medición de la CTI. Específicamente, se encontró que la ACTI con mayor número de indicadores propuestos es la de I+D, al entender estos resultados como la necesidad de hacer seguimiento a la creación de nuevo conocimiento que apalanque la productividad y crecimiento. Asimismo, se encontraron un número significativo de indicadores que buscan medir, de forma transversal, las ACTI, específicamente la investigación,

desarrollo tecnológico y la innovación. Además, se evidenció la importancia de medir los procesos de formación científica y tecnológica en aras de conocer si cada país está contando con el personal requerido para apalancar los procesos de I+D+I. Es importante destacar que la medición de la innovación (N) se centra, en su mayoría, a la medición de patentes, y la de servicios científicos y tecnológicos (SCT) en temas relacionados con publicaciones.

En relación con los análisis realizados por dimensión, se estableció que las propuestas de medición responden al esquema de matriz insumo – producto, a su vez que hacen seguimiento de los procesos. Así mismo, los resultados permitieron ver que aspectos como la disponibilidad de insumos, la productividad y el impacto no son tenidos en cuenta por todos los sistemas de medición en estudio, y que los sistemas de medición que los proponen se limitan a un grupo pequeño de indicadores. El análisis de cada dimensión, por cada una de sus categorías (aspectos definidos de análisis), permitió evidenciar los aspectos que son considerados fundamentales para hacer seguimiento de la CTI en cada país.

De modo específico, se pudo establecer que en la dimensión de insumo es la que mayor número de indicadores tiene formulados, y que, a su vez, la categoría relacionada con la medición de los recursos económicos asignados a la I+D+i es considerada fundamental en la medición de los insumos. Esto evidencia la importancia y relevancia que tiene este aspecto para poder generar procesos de CTI, además de verse como un aspecto esencial e indispensable para apalancar dichos procesos. El segundo aspecto más evaluado fue el de recursos humanos, entendidos estos resultados como la importancia de monitorear paulatinamente si se tiene el capital humano requerido para la realización de procesos. En relación con los recursos estructurales y relacionales se evidenció su importancia creciente, comprendido este interés por monitorear los socios estratégicos que cada país ha ido sumando para la realización de procesos conjuntos de generación de conocimiento. Respecto a la evaluación de los recursos físicos y tecnológicos solo se encontró un indicador, lo cual deja ver que se trata de un aspecto no incluido en la medición. Estos resultados se pueden interpretar como la dificultad que existe para medir estos indicadores.

El análisis de la dimensión de resultados mostró que su evaluación se centra mayoritariamente en la existencia de productos, tales como artículos científicos publicados en revistas posicionadas internacionalmente, patentes, conferencias, etc. Es importante destacar que la medición de este aspecto varía en la profundidad y detalle del mismo. Por otra parte, se encontró que el segundo aspecto considerado como resultado es el personal formado para ACTI. Cabe destacar que ningún referente consideró la evaluación de recursos económicos como resultado, lo cual se puede entender como el hecho de que no se espera que la CTI necesariamente genere retribución económica.

Para la dimensión de proceso se encontró la importancia que tiene el monitoreo de los procesos de formación de personal, así como en la ejecución de proyectos de I+D+i. En cuanto a relaciones con el entorno, dicho aspecto no es considerado por la mayoría de los referentes en estudio. Por otra parte, el análisis de la dimensión de disponibilidad de insumos permitió evidenciar que se da importancia a los mismos aspectos que en la dimensión insumo, es decir, a lo económico y al talento humano. El análisis de la dimensión impacto mostró que solo Chile y Brasil están midiendo el efecto de los resultados en el tiempo: en detalle, su medición se orienta al impacto académico medido en número de citas, al igual que en el reconocimiento externo medido en posiciones de *ranking*. En último lugar, para la dimensión de productividad se evidenció que ninguno de los referentes está interesado en su medición; esto se puede entender por cuanto puede no existir interés en ver la relación entre los insumos invertidos y los productos obtenidos.

Por otra parte, en relación con el proceso metodológico adelantado, se pudo apreciar que las etapas desarrolladas facilitaron la identificación y clasificación de los indicadores en estudio. Asimismo, la definición de las dimensiones permitió hacer un análisis de la medición de CTI desde diferentes etapas de la misma, tales como el inicio con la evaluación de los recursos requeridos para su realización y su disponibilidad de uso (dimensiones de insumo y disponibilidad de insumos), de los procesos adelantados (dimensión proceso), de la finalización de los procesos (dimensión resultados) y de los insumos requeridos para desarrollar los resultados obtenidos (dimensión productividad), así como la relevancia de los resultados (dimensión impacto). Además, lo anterior hizo posible un análisis detallado de los aspectos considerados relevantes en los procesos de medición realizado por cada país en estudio.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad del Magdalena por la financiación y colaboración para la realización de la presente investigación.

## Referencias

- Albornoz, M. (1994). Indicadores en ciencia y tecnología. *Redes*, 1(1), 133-144.
- Colciencias (2015). Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Recuperado a partir de <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/mediciondegupos-actene2015.pdf>
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica - CONICYT. (2015). *Compendio Estadístico - Concursos de Conicyt 2011 - 2013* (Informe de Gestión). Chile: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. Recuperado a

partir de <http://www.conicyt.cl/wp-content/uploads/2014/12/Compendio-Estad%C3%ADstico-2011-2013.pdf>

- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2014). *INFORME GENERAL DEL ESTADO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN. México 2013* (p. 328). México D.F.: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt. Recuperado a partir de <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-tecnologia-2002-2011/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2002-2011-b/2414-2013-informe-2013/file>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. (2012). Boletín estadístico del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. Recuperado a partir de <http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/11146/246/1/1%20Boletin%201%202012%20Estadistico%20DACT%2bI%20Colciencias.pdf>
- Dirección Nacional de Información Científica & Secretaría de Planeación y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2015). *Indicadores de Ciencia y Tecnología - Argentina 2013* (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Recuperado a partir de [http://indicadorescti.mincyt.gov.ar/documentos/indicadores\\_2013.pdf](http://indicadorescti.mincyt.gov.ar/documentos/indicadores_2013.pdf)
- Fondo Monetario Internacional. (2009). Manual de Balanza de Pagos y Posición de Inversión Internacional. Recuperado a partir de <https://www.imf.org/external/spanish/pubs/ft/bop/2007/bopman6s.pdf>
- González-Zabala, M. P. (2013). *Propuesta de un modelo para evaluar la e-inclusión. El caso colombiano*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil. (2015). *Indicadores del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil*. Brasil: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil. Recuperado a partir de <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html>
- Monroy, S. E. (2005). La organización sistémica de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia. Una visión estratégica del sistema nacional. *Revista de Tecnología*, 4(2), 19-26.
- OCDE (1995). The measurement of scientific and technological activities. Manual on the measurement of human resources devoted to S&T «Canberra Manual». Recuperado a partir de <http://www.oecd.org/sti/inno/2096025.pdf>
- OCDE (2002). Manual de Frascati. Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental. FECYT - Fundación Española Ciencia y Tecnología. Recuperado a partir de [http://www.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/ManuaFrascati-2002\\_sp.pdf](http://www.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/ManuaFrascati-2002_sp.pdf)
- OCDE & Eurostat. (2005). Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Recuperado a partir de <http://www.dgi.ubiobio.cl/dgi/wp-content/uploads/2010/07/manualdeoslo.pdf>

- OEI & Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva - República Argentina. (2009). *Hacia el Manual de Buenos Aires. Indicadores de Carreras de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología en Iberoamérica*. Recuperado a partir de [http://www.ricyt.org/manuales/doc\\_view/44-relatoria-del-taller-hacia-el-manual-de-buenos-aires-indicadores-de-carreras-de-recursos-humanos-panorama-de-la-participacion-de-la-mujer-en-las-actividades-de-investigacion-y-desarrollo](http://www.ricyt.org/manuales/doc_view/44-relatoria-del-taller-hacia-el-manual-de-buenos-aires-indicadores-de-carreras-de-recursos-humanos-panorama-de-la-participacion-de-la-mujer-en-las-actividades-de-investigacion-y-desarrollo)
- OMPI (2007). *Manual de la OMPI de redacción de solicitudes de patente*. Recuperado a partir de [http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/patents/867/wipo\\_pub\\_867.pdf](http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/patents/867/wipo_pub_867.pdf)
- Osorio, M. A. (2015). *Diseño de un plan de gobernabilidad de datos de investigación para la Universidad Cooperativa de Colombia* (Trabajo de grado de maestría). Medellín - Colombia.
- República de Colombia. Ley 1286 de 2009 (2009). Recuperado a partir de <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ley-1286-2009.pdf>
- RICYT (2007). *Manual de indicadores de internacionalización de la ciencia y la tecnología - Manual de Santiago*. Recuperado a partir de [http://www.ricyt.org/manuales/doc\\_view/1-manual-de-santiago](http://www.ricyt.org/manuales/doc_view/1-manual-de-santiago)
- RICYT (2010). *Manuales de referencia para la construcción de indicadores [Institucional]*. Recuperado 1 de noviembre de 2016, a partir de [http://innovacion.ricyt.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=22&Itemid=11](http://innovacion.ricyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=22&Itemid=11)
- RICYT, OEA & Programa CYTED. (2001). *Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*. Colciencias. Recuperado a partir de [http://www.ricyt.org/manuales/doc\\_view/5-manual-de-bogota](http://www.ricyt.org/manuales/doc_view/5-manual-de-bogota)
- RICYT & OEI. (2015). *Manual de Antigua - Indicadores de percepción pública de la ciencia y la tecnología*. Recuperado a partir de <http://www.ricyt.org/files/MAntigua.pdf>
- Unesco (1978). *Recomendación relativa a la Normalización Internacional de las Estadísticas de Ciencia y Tecnología*. Recuperado a partir de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001140/114032Sb.pdf>