

EVOLUCIÓN DE ALGUNOS INDICADORES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E
INNOVACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MEDELLÍN

FERNANDO VALENCIA POSADA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROGRAMA

MEDELLIN

2015

EVOLUCIÓN DE ALGUNOS INDICADORES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E
INNOVACIÓN EN EL ÁREA METROPOLITANA DE MEDELLÍN

FERNANDO VALENCIA POSADA

Trabajo de grado para optar al título de especialista en Gestión de la Innovación
Tecnológica

Asesor

JORGE ALONSO MANRIQUE HENAO

Doctor

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
GESTION DE LA INNOVACION TECNOLOGICA
MEDELLIN
2015

4 de junio de 2015

Fernando Valencia Posada

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen Discente de Formación Avanzada.

Firma



AGRADECIMIENTOS

A la Gobernación de Antioquia, por su contribución a mi formación como profesional y como persona.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1 Marco de Referencia	15
1.1 Marco Teórico.....	15
1.2 Marco Contextual.....	15
1.2.1 Contexto para la obtención de indicadores.....	16
1.3 INDICADORES SOBRE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ESPAÑA, ESTADOS UNIDOS Y CHILE	22
1.3.1 Indicadores de ciencia tecnología e innovación para España	22
1.3.2 Indicadores de ciencia, tecnología en innovación para Chile	28
1.3.3 Indicadores de ciencia tecnología e innovación para Estados Unidos.....	31
2 OBJETIVOS.....	42
Objetivo General.....	42
Objetivos Específicos.....	42
3 METODOLOGÍA	42
4 RESULTADOS	44
4.1 Selección de indicadores para el Área Metropolitana de Medellín.....	44
4.2 Fichas de caracterización de indicadores.....	46
4.3 Indicadores de CTi de las regiones seleccionadas.....	53
4.4 Evolución de indicadores de ciencia, tecnología e innovación para el Área Metropolitana de Medellín	55
4.4.1 Evolución del Indicador de Excelencia.....	55

4.4.2	Evolución de la Excelencia Liderada.....	58
4.4.3	Evolución de la colaboración internacional.....	60
4.4.4	Evolución del impacto normalizado.....	63
4.4.5	Evolución del conocimiento innovativo	65
4.4.6	Evolución del Impacto Tecnológico.....	67
5	CONCLUSIONES	70
6	Anexos	72
	BIBLIOGRAFÍA	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales indicadores del sistema español de innovación.....	23
Tabla 2. Comercio exterior de la industria de bienes de equipo en España, en millones de euros corrientes 2000-2013.....	28
Tabla 3. Instituciones que otorgan títulos, por tipo de administración y por nivel, años 2011-2012.....	33
Tabla 4. Indicadores de CTi a evaluar.....	53
Tabla 5. Datos calculados de la Evolución de la excelencia.....	58
Tabla 6. Datos calculados de la evolución de la excelencia liderada.....	60
Tabla 7. Datos calculados de la evolución de la colaboración internacional.....	63
Tabla 8. Datos calculados de la evolución del impacto normalizado.....	65
Tabla 9. Datos calculados de la evolución del conocimiento innovativo.....	66
Tabla 10. Datos calculados de la evolución del impacto tecnológico.....	68
Tabla 11. Indicadores de Antioquia en el Plan Departamental de CTi ACTIVANTIOQUIA	72
Tabla 12. Indicadores de Ruta-N.....	74
Continuación de la Tabla 12. Indicadores de Ruta-N.....	75
Tabla 13. Indicadores para Medellín y Antioquia año 2013.....	76
Continuación de la Tabla 13. Indicadores para Medellín y Antioquia año 2013.....	77
Tabla 14. Indicadores de CTi en Antioquia año 2014.....	78

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Gasto en I+D por comunidades autónomas en porcentaje del PIB regional en 2012.....	25
Ilustración 2. Distribución de la producción española en revistas de difusión internacional por comunidades autónomas.....	26
Ilustración 3. Metodología para la elaboración del trabajo de grado.....	44
Ilustración 4. Evolución de la excelencia.....	57
Ilustración 5. Evolución de la excelencia liderada.....	59
Ilustración 6. Evolución de la colaboración internacional.....	62
Ilustración 7. Evolución del impacto normalizado.....	64
Ilustración 8. Evolución del conocimiento innovativo.....	67
Ilustración 9. Evolución del impacto tecnológico.....	69

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. $TVA = XTXT - 1 - 1 \times 100$	45
Ecuación 2. $TC = mXTXt - 1 \times 100$	45
Ecuación 3. $\% CI = NPNPIE \times 100$	48
Ecuación 4. $IN = 1Pi = 1Pci\mu i$	50

GLOSARIO

Los conceptos relacionados con los temas tratados en este trabajo se describen a continuación.

Colaboración internacional: es la tasa de producciones realizadas en colaboración con instituciones extranjeras. Los valores son contados analizando la producción de las instituciones que incluyen a más de una país entre las direcciones de sus publicaciones (Simagoir, 2015).

Conocimiento innovativo: es la producción de publicaciones científicas de una institución citada en patentes. Esta información es obtenida de la base de datos PATSTAT (Simagoir, 2015).

Evolución: esta definición tiene un ajuste para adaptarla a las necesidades del proyecto. Se toma la tasa de variación como una evolución puesto que el resultado del cálculo puede ser positivo o negativo dependiendo si el indicador crece o decrece.

La tasa de variación se aplica normalmente para dos periodos subsiguientes. Se denomina tasa de variación anual solamente si los periodos son dos años consecutivos (CEPAL, 2015)

Las variaciones relativas de una serie temporal, denominadas también tasas o tantos, son el cociente entre una variación absoluta y una medida del tamaño de la serie. A veces se multiplican por 100 para describirlas como porcentajes. La más conocida es la denominada "crecimientos básicos" de una serie temporal (UVa, 2015).

Excelencia Liderada: es la cantidad de documentos que cumplen con el nivel de excelencia y de los cuales la institución es el principal contribuyente en las publicaciones (Simagoir, 2015).

Impacto normalizado: El impacto normalizado de la producción liderada es usado para medir el impacto relativo de las publicaciones científicas y se calcula como el número promedio de citas por publicación dividido entre el promedio de las referencias por publicación en el campo objetivo de quien publica (Rehn, Wadskog, Gornitzki, & Larsson, 2014). La normalización de los valores de la citación es hecha al nivel de un artículo individual, los valores (en números decimales) muestran la relación entre el promedio del impacto científico de las instituciones con respecto al promedio del mundo ajustado a una

puntuación de 1, como ejemplo una puntuación de impacto normalizado de 0,8 (Simagoir, 2015)

Impacto tecnológico: es el porcentaje de la producción de publicaciones científicas citado en patentes donde las áreas son la agricultura y ciencias biológicas; bioquímica, genética y biología molecular; ciencia computacional; ciencias planetarias y de la tierra; energía; Ingeniería; ciencia del medio ambiente; profesiones de la salud; inmunología y microbiología; ciencia de los materiales; matemáticas; medicina; neurociencias; enfermería; farmacología, toxicología y farmacéutica; física y astronomía; ciencias sociales; veterinaria. Este indicador está basado en PATSTAT (Simagoir, 2015).

Indicador de excelencia: es la razón de artículos de una universidad, que forma parte del conjunto perteneciente al 10% de los trabajos científicos con mayor número de citas. El indicador es una medida de producción científica de alta calidad de las instituciones investigadoras (Simagoir, 2015).

Innovación: es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores(OCDE, 2005).

Introducción: una característica común a todos los tipos de innovación es que deben haber sido introducidos. Se dice que un nuevo producto se ha introducido cuando ha sido lanzado al mercado. Se dice que un proceso, un método de comercialización o un método de organización se ha introducido cuando ha sido utilizado efectivamente en el marco de las operaciones de una empresa (OCDE, 2005).

Innovación de producto: si el producto introducido presenta características nuevas, o significativamente mejoradas.

Innovación de proceso: si el proceso utilizado involucra la utilización de métodos, de equipos y/o de unos conocimientos nuevos o significativamente mejorados.

Innovación de proceso y de producto: si tanto el proceso utilizado, como el producto introducido implican mejoras significativas.

Todas las actividades involucradas en la introducción de un producto en el mercado, de un proceso en la organización, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, se denominan actividades de innovación.

Impacto Tecnológico: es el porcentaje de la producción de publicaciones científicas citado en patentes donde las áreas son la agricultura y ciencias biológicas; bioquímica, genética y biología molecular; ciencia computacional; ciencias planetarias y de la tierra; energía; Ingeniería; ciencia del medio ambiente; profesiones de la salud; inmunología y microbiología; ciencia de los materiales; matemáticas; medicina; neurociencias;

enfermería; farmacología, toxicología y farmacéutica; física y astronomía; ciencias sociales; veterinaria. Este indicador está basado en PATSTAT (Simagoir, 2015).

Tecnología: según el manual de Balanza de Pagos Tecnológicos, en francés, los términos *“technique”* y *“technologie”* se refieren, estrictamente hablando, a dos conceptos separados: *“technique”* es definido como un cuerpo de procesos metódicos basados en conocimiento científico que son usados en la producción y *“technologie”* como el estudio de las técnicas, herramientas, máquinas y materiales; así, la tecnología es puesta más alto, cercana a la ciencia (Chabbal, 1990a).

RESUMEN

Este trabajo de grado de especialización en Gestión de la Innovación Tecnológica, pretende identificar indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTi) del Área Metropolitana de Medellín, complementarios con los existentes y comparables con los indicadores de otra región similar en tamaño poblacional de otro país y además, mostrar su evolución en los últimos años.

Luego de efectuar las revisiones de indicadores en tres países, se seleccionaron seis indicadores comparables entre las áreas metropolitanas de Santiago de Chile y Medellín.

El trabajo está constituido por cinco capítulos; el primero es el marco de referencia, que describe el alcance de la temática a tratar; el sentido y la pertinencia del proyecto, con el marco teórico y el marco contextual y se describen indicadores de CTi de las regiones que se seleccionaron para comparar. El segundo capítulo se compone del objetivo general y los objetivos específicos. En el tercer capítulo se describe la metodología empleada para el desarrollo del trabajo.

El cuarto capítulo es el de resultados donde se presentan los criterios de selección de indicadores para el Área Metropolitana de Medellín, la evolución de éstos y las fichas de caracterización de los indicadores. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo realizado y en los anexos se muestra información existente relacionada con el desarrollo del trabajo.

PALABRAS CLAVE: CIENCIA; TECNOLOGÍA; INNOVACIÓN; INDICADORES; MEDELLÍN

INTRODUCCIÓN

Los indicadores de CTi se utilizan de forma estructurada para plantear políticas de desarrollo en los países de la organización para la cooperación y desarrollo económico – OCDE– desde hace 50 años. Desde entonces, otros países han incorporado los indicadores como un elemento básico de sus planes de desarrollo y competitividad. Su definición se basa en información recolectada sistemáticamente en las encuestas de innovación planteadas en los Manuales de Frascati, de OSLO, y otras fuentes. En Colombia, las encuestas de innovación han sido de utilidad limitada debido a la irregularidad tanto en su realización, como en la recolección de información, y en la disponibilidad y análisis de la misma (Manrique, 2012) por tal motivo, es importante complementar los indicadores que se han presentado hasta el momento.

Recientemente Medellín fue declarada “*The city of the year*”, traducida como “*La Ciudad Más Innovadora del Mundo*”. Se plantea entonces, la necesidad de contar análisis comparativos de la evolución de los indicadores CTi de la ciudad o regiones del Departamento, con otras similares de otros países lo cual, puede servir de insumo para el planteamiento de políticas de desarrollo.

En el trabajo se describen algunos indicadores regionales sobre ciencia, tecnología e innovación existentes en España, Estados Unidos y Chile, disponibles en fuentes de información local, regional y nacional de libre acceso en la web. El área metropolitana seleccionada por presentar similitudes importantes con el Área Metropolitana de Medellín fue Santiago de Chile. Para comparar estas dos áreas metropolitanas se seleccionaron seis indicadores.

1 MARCO DE REFERENCIA

1.1 Marco Teórico

Durante las últimas décadas, la posibilidad de acceder a grandes cantidades de información en los países desarrollados ha permitido la formulación de metodologías y modelos de análisis de la innovación, cuyos resultados son insumo para la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales; situación que está lejos de replicarse en los países en desarrollo. Las actuales discusiones sobre la competitividad tecnológica referentes a la habilidad para introducir un nuevo bien o servicio a los mercados internacionales, remiten a la capacidad de absorción de conocimiento y la innovación de un país (Fagerberg, 2007), pues el conocimiento resultado de la investigación constituye el requisito de ingreso a la sociedad y la economía del conocimiento. Por otra parte, se entiende la innovación como el fenómeno que explica la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano.

El marco teórico y metodológico para la medición y análisis de la innovación se basa en el Manual de Oslo (OCDE, 2005) que propone, entre otras, las pautas para elaboración de encuestas nacionales de innovación, a partir de las cuales se han planteado una serie de indicadores de innovación. No obstante, su construcción e interpretación son particulares y dependen de las fuentes utilizadas, por lo cual se afirma la necesidad de disponer de un amplio conjunto de indicadores que se refuercen y complementen entre sí (Manrique, 2012).

En el contexto regional colombiano y antioqueño se ha subestimado el papel de la Ciencia, la tecnología y la Innovación, que se han considerado como fenómenos fortuitos, llevando a la producción de bienes y servicios a permanentes pérdidas de competitividad según los diferentes informes sobre indicadores al respecto. Se requiere entonces de herramientas como indicadores que permitan establecer estrategias para superar esta situación pues, la innovación es un fenómeno complejo y sistémico(Contreras, 2000).

1.2 Marco Contextual

La gobernación de Antioquia ha publicado informes relacionados con los indicadores de CTi del departamento, procurando delinear el camino que permita aumentar la capacidad del territorio para innovar (Ramos, et al, 2011a), (Gobernación de Antioquia, 2014).

El plan de desarrollo de la actual gobernación del Departamento de Antioquia se titula “Así se construye una sociedad justa”. Antioquia la más educada es la expresión que identifica al plan de desarrollo de Antioquia, fundamentado en el movimiento Compromiso Ciudadano creado en el año 2000, y construido a partir de propuestas hechas en campaña electoral y observaciones obtenidas en los recorridos por todo el departamento. También aportaron a este plan, diputados y dirigentes cívicos y sociales(Fajardo, 2012).

Por interés de la gobernación de Antioquia, desde su Secretaría de Productividad y Competitividad, para analizar las necesidades y la disponibilidad de información en CTi en el territorio e iniciar un proceso de monitoreo usando la estructuración de una batería de indicadores que conllevaran a apoyar la toma de decisiones de la política regional para el campo de la CTi, se contrató con la Universidad Pontificia Bolivariana en el año 2013 el cálculo de indicadores priorizados de 2011 a 2012 de las siguientes categorías: capacidades en CTi; producción bibliográfica y títulos de propiedad industrial; innovación empresarial; educación superior y sociedad de la información; además de las recomendaciones para el cálculo sostenido en el tiempo de los diferentes indicadores (Manrique et al., 2014).

Luego de revisar indicadores e información publicada para el departamento de Antioquia por instituciones como la misma Gobernación de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología OCyT, Colciencias, el Ministerio de Educación Nacional, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –Iberoamericana e Interamericana RICYT, se halló que son escasos los indicadores que se pueden comparar con indicadores de otros países, no sólo a nivel de país, sino a nivel de ciudades.

Un impedimento para comparar estos indicadores es debido a que los indicadores calculados en un país no se calculan en Colombia y no se cuenta con información suficiente si se quisieran calcular; el tamaño de la muestra poblacional de otras regiones es muy diferente a la que se toma en Antioquia; cada país tiene sus propios intereses por la diferencia en sus políticas y recursos asignados a la CTi; estas razones fueron las que llevaron a seleccionar para este trabajo, algunos indicadores comparables entre áreas metropolitanas.

1.2.1 Contexto para la obtención de indicadores

Como se mencionó anteriormente, la posibilidad de acceder a grandes cantidades de información en los países desarrollados ha permitido la formulación de metodologías y modelos de análisis de la innovación. Los lineamientos para ello se han propuesto a través de manuales que se enfocan en aspectos que van desde la recolección de información, hasta el análisis y planteamientos de políticas relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación. Por otra parte, existen en los diferentes países, organizaciones encargadas de la recolección y análisis de datos e información que utilizan los lineamientos de los manuales y a su vez, llevan a la actualización permanente de estos.

Actualmente, existen manuales de la familia Frascati como fuentes de información y de lineamientos para elaborar informes de indicadores de CTi. En este trabajo, se hará uso de tales fuentes de información para la selección y presentación de la evolución de los indicadores que complementen los existentes para la región de interés y, aunque no se hará uso de la teoría para construcción de nuevos indicadores, puede ser de interés para

trabajos posteriores, la descripción tanto de las fuentes teóricas, como las organizaciones que intervienen para su construcción.

1.2.1.1 Manuales relacionados con indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación

Los manuales de la familia Frascati de la OCDE, consideran la norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental y proponen como esencial para el seguimiento de la investigación y el desarrollo y el entendimiento del papel de la ciencia y la tecnología, contar con estadísticas e indicadores fidedignos y que se puedan comparar (OCDE, 2002). Dentro de los manuales de dicha familia para la medición de CTI sobresalen: el Manual para la medida e interpretación de la balanza de pagos tecnológicos (BPT); las Directrices propuestas para la recogida y la interpretación de los datos sobre innovación tecnológica, Manual de Oslo; la utilización de los datos de patentes como indicadores de Ciencia y Tecnología, Manual de Patentes; Manual sobre la medida de los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología, Manual de Canberra (OVTT, 2014).

Se describen a continuación el origen y objetivos de algunos de estos manuales.

El Manual para la medida e interpretación de la balanza de pagos tecnológicos BPT, surge luego de las recomendaciones hechas en el seminario de BPT realizado por la OCDE en diciembre de 1987 que luego de ser revisado por un reducido grupo de expertos fue adoptado al siguiente año por el grupo nacional de expertos en indicadores de ciencia y tecnología.

Este compendio fue llevado a cabo a raíz del análisis experimental de datos existentes por los indicadores de ciencia y tecnología de la OCDE publicados en 1986 en los que se incluyen temas de investigación y desarrollo, patentes, balanza de pagos tecnológicos e investigación y desarrollo intensiva de la productividad y el desarrollo de marcas (Chabbal, 1990b).

El Manual de Oslo, debe su elaboración al conjunto EUROSTAT y la OCDE, y se dedica a brindar lineamientos para la captación de datos sobre innovación con resultados comparativos a nivel internacional. Cada edición del manual ha significado el acercamiento a la comprensión del proceso de innovación (Tanaka, 2006). Tuvo su primera versión en 1992 y la segunda en 1997. Para la tercera edición, el Manual de Oslo aporta los aspectos a tener en cuenta en la elección de indicadores; enseña las características y la estructura de un proceso de innovación y las aplicaciones de éste en la elaboración de políticas; aborda el tema de las dificultades inconclusas para lo que propone los datos a adicionar con fines clasificatorios (OCDE & EUROSTAT, 2005).

El Manual de Estadísticas de Patentes fue construido por la secretaria de la OCDE y el grupo de trabajo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología (NESTI) para brindar a usuarios y productores de estadísticas de patentes lineamientos esenciales en la compilación y análisis de datos de ciencia y tecnología además de la construcción

de indicadores de tecnología. Este manual enseña si es oportuno usar las estadísticas de patentes o si no es pertinente, además de cómo se deben contabilizar de modo que se logre la mayor cantidad de información de las actividades de ciencia y tecnología. Entre sus contenidos a resaltar está el capítulo 7 sobre Indicadores de la internacionalización de la ciencia y la tecnología (OCDE, 2009).

El Manual de Canberra, para la medida de los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología fue elaborado conjuntamente por la OCDE y la Comisión Europea EUROSTAT y discutido por especialistas en 1992 y 1993 y presentado al grupo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología (NESTI por sus siglas en inglés). Se denominó el manual de Canberra por sugerencia del NESTI en reconocimiento a la hospitalidad de las autoridades australianas al haber organizado el encuentro que permitió su construcción. El manual está disponible al público bajo la responsabilidad del secretario general de la OCDE. Este manual ve la combinación de ciencia, tecnología y recursos humanos como factor clave en de la competitividad y el desarrollo económico además de contribuir al cuidado del medio ambiente en el tiempo venidero (OCDE, 1995).

El manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina, fue denominado como el Manual de Bogotá; es el punto de referencia para la formulación de procesos de desarrollo tecnológico e innovación en América Latina y el Caribe. Este manual surge con las herramientas aportadas por tres talleres regionales de indicadores de innovación y encuestas nacionales de innovación y está basado en el manual de Oslo. Al manual le fue reconocido por la OCDE su potencial de ser insumo para el diseño y la ejecución de encuestas de innovación en otros países con escenarios similares a los países de Latinoamérica. (UIS-UNESCO, 2001).

1.2.1.2 Entidades relacionadas con la creación de indicadores de ciencia tecnología e innovación

A continuación se describen los organismos internacionales que han realizado esfuerzos para establecer indicadores que admitan la medición y evaluación del proceso innovativo en una región, lo que permite la creación de marcos conceptuales y lineamientos para que los países puedan desarrollar sus indicadores de acuerdo con sus particularidades (Roman & Bowie, 2010).

La OCDE tiene como misión promover políticas que mejoren el comportamiento económico y social en el mundo. Proporciona el espacio para que los gobiernos trabajen juntos y compartan sus experiencias para la búsqueda de soluciones a problemas comunes y se interesa en asegurar la productividad y el flujo del mercado y la inversión; el análisis de datos para predecir futuras tendencias y fija estándares internacionales de todo tipo que van desde por ejemplo la agricultura hasta detalles como la seguridad química (OCDE, 2014).

La Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT surge en Argentina el año 1994. La información aportada por la RICYT es usada y reconocida como red iberoamericana por el

programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED, y por la Organización de Estados Americanos como red interamericana. La RICYT tiene como objetivo suscitar el desarrollo de herramientas que permitan la medición y el análisis de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, como material para la toma de decisiones (RICYT, 2013b). Los indicadores de ciencia y tecnología que reporta la RICYT para Colombia están desde el año 1990 hasta el 2010 (RICYT, 2013a).

El programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED fue conformado en 1984 por 19 países. Es un programa de cooperación de ciencia y tecnología entre los países miembros como motor de desarrollo de Iberoamérica; el programa establece herramientas de cooperación entre universidades, empresas y centros de investigación y desarrollo, para la creación de conocimientos científicos y tecnológicos adaptables a los sistemas productivos y la sociedad (CYTED, 2013).

La Fundación Española para la Ciencia y Tecnología FECYT, hace parte del ministerio de economía y competitividad desde la secretaria de estado de investigación, desarrollo e innovación; promueve la integración y acercamiento de la sociedad a la ciencia y la innovación. También tiene por objetivos el análisis y la difusión de los principales indicadores de ciencia e innovación de España; el apoyo que permita la internacionalización de la ciencia en España y la ayuda a la secretaria de estado de investigación, desarrollo e innovación para la administración de sus objetivos. Esta fundación tiene por principios generales la racionalización, la transparencia y la eficacia (FECYT, 2014).

El Instituto Nacional de Estadística INE está adscrito al ministerio de economía y competitividad de España a través de la Secretaria de Estado de Economía y Apoyo a la Empresa; tiene un papel notorio en la actividad estadística pública de gran envergadura; entre sus funciones la INE tiene aportes a organismos internacionales especializados como la EUROSTAT (INE, 2014a).

La INE tiene como objetivo brindar la información sobre los recursos económicos y de personas reservados a la investigación de parte de los sectores económicos de España para saber de la entrega en investigación de la nación. Las estadísticas sobre actividades de investigación y desarrollo se realizan desde 1964. Las encuestas sobre innovación en las empresas pretenden aportar la información acerca de la estructura del proceso de innovación y evidenciar las correspondencias de la estrategia tecnológica de las empresas y el proceso, además, los principios influyentes en la facultad para innovar. De estas encuestas se tiene información disponible desde 1996 (INE, 2014b).

Madri+d es un sistema de información para la comunidad científica, el sector productivo y los entes públicos, contiene información sobre la evolución de la ciencia y la tecnología y su interacción con la empresa y la sociedad; contiene indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación a nivel regional, Madrid; estatal, España y nivel internacional. Esta fuente de información tiene por objetivo promover el desarrollo y la difusión de la mayor cantidad de

información relacionada con la medición y el análisis de la CTi para su región, su país y enfocado a la cooperación internacional; también, pretende ahondar en el conocimiento, la difusión y su uso de tal forma que sirva para optimizar el sistema de innovación y la gestión (Madrid+d, 2014).

La Organización mundial de la propiedad intelectual OMPI (WIPO por sus siglas en inglés) es un foro mundial sobre servicios, políticas, información y cooperación para la propiedad intelectual; pertenece a las naciones unidas y es autofinanciado; entre sus miembros cuenta con 187 estados; tiene por misión, desarrollar un sistema internacional de propiedad intelectual (OMPI, 2014). Esta entidad junto con la Universidad Cornell, el INSEAD, Booz& Company, la confederación de industria India (CII), du y Huawei crearon el índice de innovación global para el año 2014 (Global innovation index 2014), que incluye la economía de 143 países y usa 81 indicadores de diversos temas para analizar la tendencia global de la innovación; para este año, el tema de la publicación es el factor humano en la innovación (Gurry et al., 2014).

La comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL existe desde febrero de 1948 y es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas (UN), las otras cuatro son la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP), la Comisión Económica para África (CEPA), la Comisión Económica para Europa (CEE) (ONU, 2013). La CEPAL tiene su sede en Santiago de Chile y tiene como funciones aportar al desarrollo económico de la región, disponer acciones tendientes a la promoción de América Latina y fortalecer las relaciones económicas de los países entre sí y las otras naciones en el mundo (UN, 2013).

El Observatorio de las Ciencias y las Técnicas (OST por sus siglas en francés), es un grupo relacionado con los ministerios; de educación; el de defensa y ecología; de desarrollo sostenible y de energía del gobierno francés. Los servicios que ofrece el grupo están fundamentados en su conocimiento de sistemas de investigación e innovación la experiencia en manuales de la familia Frascati. En su historia ha desarrollado competencias en ingeniería, datos e indicadores, además de adquirir habilidades metodológicas reconocidas por la comunidad interviniente en sus temas investigados. El grupo también ha desarrollado capacidades para asistir departamentos de análisis estratégico, ha sido socio nacional en proyectos de cooperación internacional; aporta a la investigación económica, social y política (OST, 2014).

El departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, propende por las políticas públicas de CTi en Colombia y su producción de conocimientos que se integre al desarrollo social, económico, cultural y territorial de forma incluyente, sostenible, equitativa y competitiva (COLCIENCIAS, 2013). El Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación –SNCTI– coordinado por Colciencias integra las actividades científicas, tecnológicas y de innovación para la interacción de la Empresa, el Estado y la Academia. Es un sistema abierto conformado por los programas de CTi de

organizaciones públicas, privadas o mixtas. Según el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social 3582, el SNCTI tiene una insuficiencia de disponibilidad y confiabilidad de información relacionada con CTi y es debido a la carencia de indicadores para la medición del adelanto de entidades pertenecientes al sistema. Así, se dispone de pocas herramientas para evaluar y hacer seguimiento sistemático de los instrumentos de política pública de CTi (COLCIENCIAS, 2013).

Desde el año 1999, existe en Colombia una entidad denominada Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología OCyT que pretende, según su misión, fortalecer la capacidad de Colombia de generar y usar indicadores que orienten y evalúen las políticas de investigación e innovación. Otro aporte del OCyT es elaborar metodologías de medición para el SNCTI. Es hasta ahora, la única publicación nacional de amplia difusión y cuenta con indicadores relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación. Para la publicación correspondiente a los indicadores del año 2012, además de los indicadores de CTi reporta, por mencionar algunos, los indicadores de formación científica y tecnológica; capacidades nacionales en ciencia y tecnología; producción bibliográfica; títulos de propiedad industrial y otros más.

Scimago es un grupo de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), de la Universidad de Granada, Extremadura, Carlos III (Madrid) y Alcalá de Henares, dedicado al análisis de información, representación y recuperación por técnicas de visualización. El SCimago Journal & Country Rank es un portal que incluye los indicadores de revistas y países desarrollados a partir de información contenida en la base de datos de Scopus desde 1996. Estos indicadores pueden ser usados para evaluar y analizar los dominios científicos. La plataforma toma su nombre del indicador de Scimago Journal Rank desarrollado por Scimago con el algoritmo de Google Page Rank (SCimago, 2015b).

1.2.1.3 Algunos trabajos realizados sobre indicadores en Antioquia y el Área Metropolitana de Medellín

Los indicadores son la manifestación cuantitativa que representa y relaciona comportamientos de fenómenos reales. Deben ser claros, de tal forma que se puedan tomar decisiones y debe poder actualizarse cuando sea necesario (SINERGIA-DNP, 2012); deben servir para medir el logro de las metas trazadas en los periodos de gobierno y también, para alertar sobre las falencias que se presenten durante dicho periodo. Es importante que sean para conocimiento de toda la comunidad interesada que esté impactada por los resultados de los indicadores.

La gobernación de Antioquia, en alianza con COLCIENCIAS y con el apoyo de la Universidad Antioquia y otros agentes del sistema departamental de CTi, elaboró el Plan estratégico Departamental de CTi denominado ACTIVANTIOQUIA, para un horizonte de aplicación de 10 años, con el propósito de obtener avances sustanciales en temas como la investigación, la tecnología, la innovación, los sistemas de política y las instituciones

interactúan facilitando la cooperación interinstitucional (Ramos et al, 2011). Los indicadores, metas y seguimiento propuestos se muestran en la tabla 11 de los anexos.

En 2013, la Gobernación de Antioquia encomendó a la Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín, la realización de un informe llamado Indicadores de CTI para Medellín y Antioquia en el cual, se planteó una metodología de construcción de una batería de indicadores; se definieron indicadores de CTI para Antioquia y Medellín que se analizaron de la política municipal con base en el plan estratégico de CTI de Medellín y las necesidades de indicadores expresadas por Ruta-n (Robledo et al, 2012). Para la construcción de los indicadores, se utilizó como referente la Metodología de Línea Base en CTI del OCyT, que a su vez, se basa en la Metodología de Construcción de Línea Base del DANE (Robledo et al, 2012a). Se definieron 30 indicadores agrupados en 11 categorías temáticas y según la complejidad para su construcción (Robledo et al, 2012b).

Posteriormente, se encomendó el cálculo de 13 de los 30 indicadores propuestos, clasificados como de complejidad baja y media, que fueron publicados en un boletín electrónico "*Indicadores de Ciencia, Tecnología e innovación para el Departamento de Antioquia*", con el año 2011 como año de base para los indicadores (Manrique et al, 2014). Las categorías de los indicadores calculados y reportados en los informes fueron: inversión en ciencia, tecnología e innovación; educación superior; capacidades en ciencia, tecnología e innovación; producción bibliográfica y títulos de propiedad industrial; innovación empresarial y sociedad de la información (Manrique et al, 2014b). Los 13 indicadores se describen en la tabla 14 de los anexos.

1.3 INDICADORES SOBRE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ESPAÑA, ESTADOS UNIDOS Y CHILE

Desde que se plantearon lineamientos para la medición de la innovación en los países de la OCDE, se han realizado avances en el campo de los indicadores en diferentes niveles de agrupación que van desde grupos de países como la Unión Europea (UE), hasta ciudades, pasando por regiones de algún país en particular, como el caso de España.

Luego de consultar las fuentes de información que publican indicadores relacionados con CTi, se seleccionaron aquellas cuya información disponible presentaba características similares a la requerida para este trabajo y que correspondían a tres países: España, Estados Unidos y Chile. Se describe a continuación la evolución de algunos de sus indicadores de ciencia tecnología e innovación.

1.3.1 Indicadores de ciencia tecnología e innovación para España

La mejor fuente de información hallada sobre indicadores CTi para España fue la publicación Principales indicadores del sistema español de innovación. La información según el INE es un complemento al ya realizado por Cotec cuya comparación de los informes Cotec 2013 y 2014 que usan las fuentes estadísticas oficiales de referencia INE, OCDE y EUROSTAT se muestra en una compilación en la tabla 1.

Tabla 1. Principales indicadores del sistema español de innovación

Recursos Generales						Tasa acumulativa anual (%)			Variación anual (%)	
Año	2000	2005	2010	2011	2012	2000-2005	2005-2011	2005-2012	2010-2011	2011-2012
Gastos en I+D										
Millones de euros corrientes	5719	10197	14588	14184	13392	12,26	5,66	3,97	-2,77	-5,59
Millones de euros constantes 2005	7032	10197	13185	12861	12144	7,72	3,72	2,53	-3,69	-5,57
Esfuerzo en I+D										
Gasto interno Total ejecutado en I+D/PIBpm (%)	0,91	1,12	1,39	1,36	1,30	4,34	3,46	2,13	-4,32	-4,41
Gasto interno ejecutado en I+D por el sector empresarial / PIBpm (%)	0,50	0,61	0,72	0,71	0,69	4,09	2,46	1,89	-2,78	-2,82
Gasto interno ejecutado en I D por el sector público PIBpm (%)	0,41	0,52	0,67	0,64	0,61	4,63	3,62	2,39	-4,48	-4,69
Personal en ID (en EJC)	120618	174773	222022	215079	208831	7,70	3,52	2,58	-3,13	-2,90
Sobre la población ocupada (‰)	6,8	9,2	12,0	11,9	12,1					
Investigadores en (EJC)	76670	109720	134653	130235	126778	7,43	2,90	2,09	-3,28	-2,65
Sobre la población ocupada (‰)	4,3	5,8	7,3	7,2	7,3					
Sobre el personal en I D (en EJC)	63,6	62,8	60,6	60,6	60,7					
Resultados										
Comercio de Productos de alta tecnología (a)										
Exportaciones de productos de alta tecnología (MEUR)	6735	9110	9144	10432	11398	6,23	2,28	3,25	14,09	9,26
Tasa de cobertura de productos de alta tecnología	0,38	0,37	0,4	0,49	0,57					
Producción científica										
Numero de publicaciones españolas	27130	46131	66655	73767	76699	11,20	8,09	7,53	7,30	3,97
Cuota de producción científica respecto al total mundial (%)	2,3	2,6	3,1	3,1	3,2					
(a) Sectores aeroespacial, armas y municiones, ofimática, ordenadores, farmacia y otros.										
(EJC) equivalencia a jornada completa										
(MEUR) millones de euros										

uso autorizado por Cotec

Fuente: Cotec 2013 y 2014

Gran parte de los indicadores incluidos en el análisis muestran una baja evidente desde el año 2010, y venían con un incremento constante desde el 2000. Se observan con esta tendencia indicadores como el crecimiento promedio del gasto en I+D, el gasto interno en I+D con respecto al Producto Interno Bruto (PIB) para el sector público, la cantidad de personas dedicadas a I+D en equivalencia a jornada completa (en EJC); el número de personas trabajando en I+D respecto a la población ocupada; El indicador “Sobre el Personal en I+D” que se refiere a los investigadores. Otros indicadores tienen tendencia

creciente como la administración de los recursos para I+D; las exportaciones de productos de alta tecnología; el número de publicaciones españolas (Cotec, 2014a).

A continuación se describe el comportamiento de algunos de los principales indicadores, distribuidos en cuatro grupos:

La evolución de los factores de la innovación tecnológica

- El esfuerzo inversor de España en I+D 2000-2012
- El esfuerzo en I+D en las regiones españolas
- Educación y sociedad del conocimiento

Resultados científicos y tecnológicos

- Publicaciones científicas
- Producción científica por sectores
- La situación de las patentes en España

Manifestaciones económicas de la innovación

- Generación de alta tecnología
- Comercio exterior de productos de alta tecnología

1.3.1.1 La evolución de los factores de la innovación tecnológica

Esta evolución se compone de los siguientes indicadores:

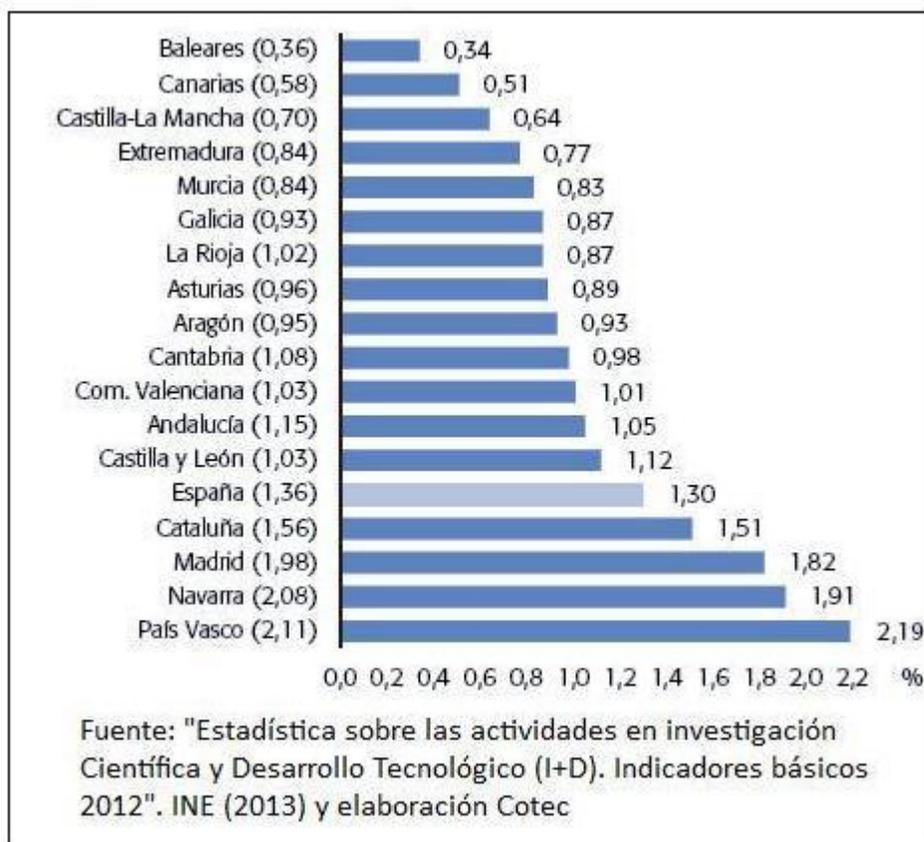
1.3.1.1.1 El esfuerzo inversor de España en I+D 2000-2012

La evolución del gasto total de I+D es expresado por Cotec en Euros Corrientes, en Euros constantes a 2005, en % del PIB y en Euros por habitante. Entre los años 2011 y 2012 el gasto en I+D que se ejecutó en España tuvo un descenso del 5,6%, pasando de 14184 MEUR en 2011 a 13392 MEUR en 2012. Ha sido la caída más pronunciada desde 2008 año en el que este indicador detuvo su crecimiento después de acumular una década de ascenso. El gasto en I+D para 2012 equivale al 1,3 % del PIB, inferior en seis centésimas de punto con respecto al 2011 (Cotec, 2014b).

1.3.1.1.2 El esfuerzo en I+D en las regiones españolas

A continuación se analiza la ilustración 1 en la que se encuentran entre paréntesis los datos del año 2011 y el PIB base es 2008. La tendencia de la contribución de las Comunidades Autónomas al gasto en I+D de España se mantiene a través de los años, con casi la mitad del gasto ejecutado en 2012 por las comunidades de Madrid (con el 25,6% del total) y Cataluña (con el 22,3% del total); esto refleja una disminución de nueve décimas de punto para la comunidad de Madrid (24,9%) y un aumento de cuatro décimas de punto para la comunidad de Cataluña (22,7%) con respecto al 2011. La comunidad de País Vasco fue la de mayor aumento en su contribución pasando de 9,9% a 10,7% en 2012.

Ilustración 1. Gasto en I+D por comunidades autónomas en porcentaje del PIB regional en 2012



En gasto por habitante, lideran el País Vasco, Navarra, Madrid y Cataluña. La región del País Vasco fue la única de estas cuatro con aumento del indicador entre 2011 y 2012, pasando de 637 a 653 Euros por habitante. El resto de comunidades tuvo un gasto por habitante inferior a la media nacional que para 2012 fue de 284 Euros y para 2011 300 Euros.

1.3.1.1.3 Educación y sociedad del conocimiento

El mayor problema del sistema educativo español es el denominado fracaso escolar, es decir, la tasa de alumnos que desertan del sistema educativo sin haber obtenido en el título de graduado en Educación Secundaria Obligatoria. Este problema alcanzó su nivel máximo (el 31,9%) al inicio de la crisis y ha disminuido desde entonces de forma gradual; para 2012 se situó en 24,9%.

1.3.1.2 Resultados científicos y tecnológicos

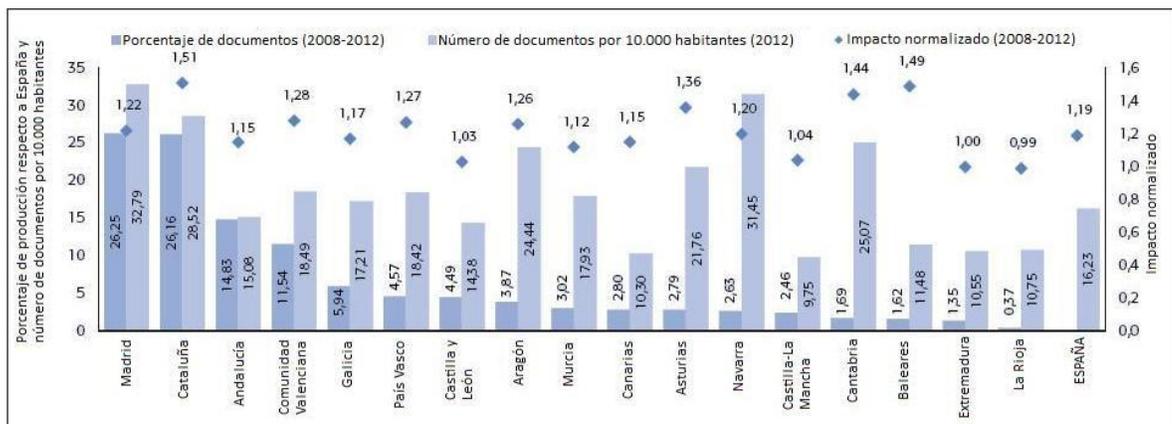
Estos resultados se componen de los siguientes indicadores:

1.3.1.2.1 Publicaciones científicas

La base de datos de la cual obtienen los indicadores bibliométricos para el informe de Cotec es Scopus. La evolución de los documentos científicos y tecnológicos, incluyendo las ciencias sociales y humanidades, con afiliación española, ha crecido continuamente entre los años 2000 y 2012. La cuota de España a la producción mundial cambio de 2,3% en 2000 a 3,15% en 2012.

La distribución de las publicaciones científicas y tecnológicas de producción española para los años comprendidos entre 2008 y 2012, desagregado por comunidades autónomas, evidencia la concentración aventajada de la producción en Madrid con 26,3% y Cataluña con 26,2% del total nacional. En cuanto a la producción de documentos ponderada por población, Madrid está en el primer lugar con 32,8 documentos por cada diez mil habitantes, de segunda esta Navarra con 31,5 y es seguida de Cataluña con 28,5.

Ilustración 2. Distribución de la producción española en revistas de difusión internacional por comunidades autónomas



Fuente: SCImago Journal % Country Rank a partir de datos "Scopus". Elaboración Grupo SCImago, Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP-CCHS) del CSIC.

1.3.1.2.2 Producción científica por sectores

La distribución de la producción científica española por sectores tuvo un aporte principal por parte de las universidades con el 56% de la producción total, este sector es seguido por el sector salud con el 21% y de los centros de gobierno, con el 19%. La calidad relativa de la producción científica se mide con los datos del impacto normalizado; el valor 1 es el total del mundo. El sector gobierno reporta para el periodo 2008 a 2012, un valor superior al mundial de 1,48 y es seguido por el sector salud con 1,27.

1.3.1.2.3 La situación de las patentes en España

Hay tres opciones básicas para solicitar una patente con efecto en España, Europa o Internacional. La vía nacional, tramitado la solicitud en la Oficina Española de Patentes y Marcas; la Vía europea tramitada ante la Oficina Europea de Patentes; y la vía internacional denominada también PCT o tratado de colaboración de patentes, tramitada ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual con efecto de protección en más de 180 países. Esta vía tiene otras dos opciones; una es la designación directa a España como país a proteger y la vía Euro-PCT para obtener una patente europea, con la ventaja de simplicidad en trámites y costes (Cotec, 2014c).

La mayoría de las patentes con protección en España se obtiene a través de una patente europea, la vía Euro-PCT tiene el 75% de las 261 834 solicitudes presentadas en 2012. El total de las solicitudes de patentes con aplicables a España en 2012 fue un 82% superior al del año 2000. En el año 2012 hubo en total unas 13200 solicitudes más que en 2011 y el 97% correspondieron a la vía PCT. Por el contrario, las solicitudes por vía nacional directa realizadas en 2012 fueron inferiores en 170 con respecto al 2011, año en el cual se realizaron 3531 solicitudes. En 2010, las solicitudes de patentes internacionales españolas recibidas en la OMPI alcanzaron una máximo de 1772 luego de un crecimiento casi continuo desde el año 2000, caen un 2,4% en 2011 y un 1,7% en 2012 (Cotec, 2014c).

Para el año 2012, las comunidades de Madrid, Cataluña y Andalucía aportaron entre las tres, más de la mitad de las solicitudes de patentes (20,5%, 18,1% y 13,5%, respectivamente), estas tres comunidades juntas también obtuvieron más de la mitad de las concesiones de patentes con 23,4%, 19,3% y 10,6% respectivamente. El escalafón es seguido por la Comunidad Valenciana que con un cuarto lugar aportó el 11,0% de solicitudes y se le concedieron el 9,7% de solicitudes de patentes. En cuanto a las solicitudes por número de habitantes, las primeras posiciones fueron ocupadas por las comunidades de Aragón y Navarra con 172 y 142 solicitudes por millón de habitantes respectivamente; en tercer lugar se ubicó la comunidad de La Rioja con 117 y fue seguida de Madrid con 102 (Cotec, 2014c).

1.3.1.3 Manifestaciones económicas de la innovación

Los indicadores de este tema son los siguientes:

1.3.1.3.1 Generación de alta tecnología en España

Son considerados de alta tecnología, los sectores y productos que por su grado de complejidad necesitan esfuerzo permanente en investigación y una base tecnológica sólida. Los sectores españoles de alta tecnología aumentaron su gasto en I+D desde el 2001 hasta el 2008 con un promedio anual de 10%, desde 2008 descendió 5,6% hasta 2012. Con una ejecución de 65,7% en 2012 del gasto empresarial español, los sectores de alta tecnología proporcionaron una cuota de empleo de 63,9% sobre el personal dedicado a I+D

1.3.1.3.2 Comercio exterior de productos de alta tecnología

Las exportaciones de bienes de equipo recuperaron su crecimiento a partir de 2010. Desde su caída del máximo en 2007 han aumentado un 22,7%. Las importaciones de bienes de equipo han descendido desde el 2010 y en el 2013 retoman el nivel del mínimo de 2009 con un 35% debajo del máximo de 2007; sin embargo, la tasa de cobertura alcanzó el superávit en 2012 y aumente a 113% para 2013. Desde el inicio de la crisis en España, las exportaciones crecieron 22,7% y las importaciones se redujeron 35,8%; las cifras de cada año se muestran en la tabla 2 (Cotec, 2014a).

Tabla 2. Comercio exterior de la industria de bienes de equipo en España, en millones de euros corrientes 2000-2013

Años	Importación (Y)	Exportación (X)	Cobertura (X/M) %
2000	44972	27073	60,2
2001	44079	27249	61,8
2002	42065	27132	64,5
2003	44455	28485	64,1
2004	50316	30986	61,6
2005	57160	33659	58,9
2006	62856	37725	60,0
2007	66857	39524	59,1
2008	64576	38811	60,1
2009	42622	32606	76,5
2010	48243	37770	78,3
2011	47037	43876	93,3
2012	43452	44129	101,6
2013 (P)	42913	48510	113,0

(P) Provisional

Fuente: "DataComex. Estadísticas del comercio exterior español".
Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2014)

1.3.2 Indicadores de ciencia, tecnología en innovación para Chile

La información sobre CTi para Chile, fue extraída de la publicación "Principales indicadores cuantitativos de la actividad científica chilena". Se describe el comportamiento de los siguientes indicadores:

- Tasa de crecimiento de la producción científica
- Evolución del número de documentos por millón de habitantes
- Evolución de la producción por investigador
- Artículos publicados en las mejores revistas Q1

- Impacto normalizado (NI) de Chile con relación al mundo
- El indicador excelencia
- Nivel de colaboración internacional

1.3.2.1 Tasa de crecimiento de la producción científica

Este indicador es medido entre los años 2001 y 2010; para este periodo de tiempo, Chile tuvo un crecimiento de la producción científica de 218% quedando por encima de México y Argentina. Este indicador tiene una tasa más alta para Colombia, con un crecimiento de 522% y Brasil con un 234%. La producción científica de Chile creció a pesar de haber disminuido 29.5% el gasto como proporción del PIB, esto es debido al aumento en la productividad del sistema de generación de conocimiento científico que es mantenido esencialmente por las universidades (SCIMAGO & CONICYT, 2013a).

1.3.2.2 Evolución del número de documentos por millón de habitantes

Chile es el país de la región con mejor tasa de documentos por población; pasando de 134 documentos por millón de habitantes (dmh) en 2001 a 388 dmh para el año 2010; además, es el país de mayor crecimiento entre los años 2001 y 2010. Chile es seguido en número por Brasil que pasa de 79,7 dmh en 2001 a 239,2 dmh en 2010; este escalafón es seguido por Argentina con 140 dmh para el 2001 y 248,5 en 2010. Colombia es último entre estos países teniendo 17.6 dmh en 2001 y logrando 98.4 dmh en 2010.

1.3.2.3 Evolución de la producción por investigador

Chile es el país de la región con mayor progreso y con investigadores más productivos con 0,43 documentos al año por investigador equivalente a tiempo completo (ETC) en 2001 a 1,26 documentos al año por investigador en 2010 mostrando ser el país de la región que más avanza, sin perjuicio asociado al tamaño de su población.

1.3.2.4 Artículos publicados en las mejores revistas Q1

Este indicador se refiere a la proporción de artículos que un país publique en las revistas científicas pertenecientes al cuarto más prestigioso a nivel mundial en cada materia, además, es un indicador de calidad.

La evolución temporal del porcentaje de publicaciones en las mejores revistas (clasificación Q1) para los 30 países mejor clasificados reporta la pérdida proporcional de artículos para estas revistas y Chile está en el grupo de países con más pérdida. De los países de la región suramericana, Chile está en el puesto 27, Argentina en el 24, México de 31 y Brasil en el puesto 33 de esta clasificación.

1.3.2.5 Impacto normalizado (NI) de Chile con relación al mundo

Este es un indicador que compara la media de citas recibidas para los documentos que publica un país con el total de citas recibidas por la población mundial ambos para el mismo lapso de tiempo.

Para los países que produjeron más de 45000 documentos entre 2003 y 2011, Chile ocupa el puesto 30 y estuvo 8% inferior a la media mundial, Argentina tiene mejores resultados que Chile ubicándose en el puesto 29; México y Brasil no están entre los mejores 30 y tienen los puestos 34 y 36 respectivamente.

1.3.2.6 Impacto normalizado liderado

Es el impacto normalizado con una superioridad en la proporción de la producción. El liderazgo está definido como la producción en la cual una institución es el principal contribuyente o la cantidad de trabajos en los que el autor correspondiente es la institución.

La producción liderada de Chile aumento 129% para el periodo comprendido entre los años 2003 y 2011; un valor cercano a la producción total del país con 132 puntos porcentuales

1.3.2.7 El indicador excelencia

Este indicador enseña la razón de artículos de un país, área o categoría, que forma parte del conjunto perteneciente al 10% de los trabajos científicos con mayor número de citas por país, área o categoría; la excelencia liderada es combinada con el impacto normalizado logrado por la producción liderada.

Entre los años 2003 y 2011 la cantidad de trabajos que lograron la excelencia aumento 86%. En la región, Chile es el país que conserva el indicador más alto de excelencia científica, considerando estos sistemas de ciencia y tecnología autónomos.

1.3.2.8 Nivel de colaboración internacional

Este indicador ha disminuido 4.6% entre los años 2003 y 2011 lo que significa para Chile estar en el camino a alcanzar los niveles de países con mayor desarrollo científico. La evolución temporal del porcentaje de publicaciones con colaboración internacional para 30 países del mundo con mejor calificación muestra que la tendencia de la mayoría de países es a aumentar la colaboración internacional pero el comportamiento de Chile es contrario pues pasa de un 53.1% en el periodo 2004-2007 a un 51.5% entre 2008 y 2011.

El nivel de colaboración internacional de Chile es alto ubicándose en la cuarta posición en la muestra de los 30 mejores países. Esta posición es superada por Suiza en la primera posición, seguido por Hong Kong y Bélgica en segunda y tercera posición respectivamente.

De Sur América, Argentina presenta un nivel de colaboración internacional de 41.4%, México un 39.1% y Brasil un 23.32% no alcanza a estar entre los 30 mejores países para este indicador.

1.3.2.9 Liderazgo y excelencia de la Producción científica por sectores institucionales

Este análisis fue basado en la clasificación de la OCDE a los sectores de la actividad investigadora, con el fin de realizar la comparación con otros países; así, los sectores analizados por el informe chileno fueron universidad, empresas, estado, biomédico; y el denominado sector otros, que concierne a entidades sin ánimo de lucro; organismos no gubernamentales, organismos internacionales con sede en Chile y se incluyen los observatorios astronómicos ubicados en el norte de Chile; también, están incluidos los centros regionales instaurados por CONICYT asociado con gobiernos regionales. Otro conglomerado es nombrado sin sector en el que están clasificadas las personas independientes que realizan investigación científica (SCIMAGO & CONICYT, 2013b).

1.3.2.10 Liderazgo y excelencia de la Producción científica por regiones

Este estudio del informe chileno determina la producción científica por regiones del país; siendo la primer publicación que trata la producción científica desde el conjunto inter regional del Chile partiendo de la base de una producción científica con visión internacional; otros estudios tomaron regiones particulares con rangos de tiempos diferentes y conjuntos documentales heterogéneos lo que no permite realizar la comparación entre los estudios (SCIMAGO & CONICYT, 2013c).

El informe chileno también describe Liderazgo y excelencia de la Producción científica por programas, dimensionando el impacto científico logrado por los programas administrados por CONICYT; liderazgo y excelencia por instituciones, normalizadas con el procedimiento desarrollado por el grupo SCImago, según afiliación institucional, sector, región y ciudad, presentando todas las instituciones que aportan a la investigación entre 2003 y 2011; también, liderazgo y excelencia de la producción científica y por áreas temáticas, sección en la que caracteriza la evolución intertemporal de los indicadores.

1.3.3 Indicadores de ciencia tecnología e innovación para Estados Unidos

La información sobre CTi para Estados Unidos, fue extraída principalmente de la publicación Indicadores de Ciencia e Ingeniería, del Consejo Nacional de Ciencia, NSB por sus siglas en inglés. Esta publicación compila la información cuantitativa de mayor calidad de Estados Unidos y el mundo sobre ciencia e ingeniería; además, realiza su estudio con las etapas de la educación, primaria, secundaria y educación superior. Este reporte tiene gran extensión en su contenido; se describe el comportamiento de algunos de los indicadores presentes en el informe estadounidense como,

- Educación en primaria y secundaria de matemáticas y ciencias
- Educación superior en ciencias e ingeniería
- Instituciones que proporcionan educación en ciencias e ingeniería
- Educación en línea y a distancia
- Tendencias de gastos e ingresos en educación superior
- Educación de posgrado, inscripción y graduación en los Estados Unidos

- Inscripción en posgrado por área de conocimiento
- Inscripción en posgrado por área de conocimiento
- Inscripción en posgrado por género
- Maestrías en C&I
- Doctorados en C&I
- Fuerza de trabajo en ciencia e ingeniería
- Tamaño de la fuerza de trabajo en C&I
- Crecimiento de la fuerza de trabajo en C&I
- Investigación y desarrollo
- Gasto total en investigación y desarrollo en Estados Unidos
- Sector negocios
- Universidades y colegios
- Agencias federales y centros de I+D financiados por el gobierno federal
- Otras organizaciones sin ánimo de lucro
- Investigación y desarrollo de la academia
- Colaboración en I+D entre instituciones académicas
- Infraestructura para la investigación y desarrollo de la academia
- Espacio para la investigación
- Equipos para la investigación
- Ciberinfraestructura
- Informática de alto rendimiento
- Almacenamiento de datos
- *Industria, tecnología y el mercado mundial*
- Servicio comercial de las industrias del conocimiento intensivo
- Industrias manufactureras de alta tecnología
- La inversión directa de Estados Unidos en el extranjero
- La inversión directa del extranjero en Estados Unidos
- Indicadores relacionados con innovación de Estados Unidos y otras grandes economías
- Actividades de innovación por negocio en Estados Unidos
- Concesiones de la oficina de marcas y patentes de Estados Unidos
- La actividad de las patentes por compañías estadounidenses

1.3.3.1 Educación en primaria y secundaria de matemáticas y ciencias

La reforma educativa estadounidense ha pretendido cerrar las brechas entre los estudiantes de diferentes grupos demográficos y subir el escalafón internacional de sus estudiantes al tope desde el medio en el rango de medición. Para lograr sus objetivos en educación, el gobierno federal creó el programa “Carrera Hacia la Cima” RTTT, por sus siglas en inglés; al que invita a sus estados unirse de forma voluntaria para participar en los esfuerzos estatales por la educación. Este programa, con USD \$4350 millones provee incentivos monetarios a los estados y las escuelas de distrito para crear condiciones de innovación educativa y reformas que podrían mejorar de forma significativa los logros estudiantiles, de forma especial en matemáticas y ciencia.

1.3.3.2 Educación superior en ciencias e ingeniería

La educación superior en ciencias e ingeniería C&I proporciona las habilidades para la fuerza de trabajo competitiva y en el caso de educación de posgrado en C&I las capacidades en investigación necesarias para la innovación.

Los indicadores que se describen en este tema son reportados desde el contexto nacional y global, lo que incluye el cambio demográfico, el incremento de estudiantes extranjeros y la competencia global en educación superior. La mayoría de los datos en esta sección del reporte provienen de censos a la población (NSB, 2014a)

1.3.3.3 Instituciones que proporcionan educación en ciencias e ingeniería.

El sistema de educación superior estadounidense tiene gran variedad de instituciones académicas con diferentes misiones, entornos de aprendizaje, niveles de selectividad, filiaciones religiosas, tipos de estudiantes, grados ofrecidos, y sectores, entre público, privado sin ánimo de lucro y privado con ánimo de lucro (Aud et al, 2010).

Entre los años académicos 2011 y 2012 había cerca de 4700 instituciones que concedían título de estudios superiores; 63% licenciatura de grados superiores, 30% de grado técnico (associate degree) y 7% ofrecieron estudios que duran de más de dos años y menos de cuatro. Más de la mitad de las instituciones con estudios de cuatro años son privadas sin ánimo de lucro, 23% son públicas y 25% son privadas con fines de lucro. El 56% de las instituciones con estudios de dos años son públicas, 39% son privadas con ánimo de lucro. De los 3.5 millones de títulos técnicos, de licenciatura, maestría y doctorado, 23% fueron en ciencia e ingeniería. En 2011 las instituciones que otorgan título de doctorado aportaron el 74% de los títulos de doctorado, 42% de maestrías y 38% de licenciaturas en ciencia e ingeniería (NSB, 2014a).

En la tabla 3 se muestran la cantidad de instituciones de educación por tipo administrativo y por nivel.

Tabla 3. Instituciones que otorgan títulos, por tipo de administración y por nivel, años 2011-2012

Nivel de la institución	Todas las instituciones que otorgan títulos	Instituciones públicas	Instituciones privadas sin ánimo de lucro	Instituciones privadas con ánimo de lucro
Total	4706	1649	1653	1404
dos años *	1738	967	100	671
cuatro años *	2968	682	1553	733

* se refiere al tiempo de estudio para obtener el título

Fuente: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Digest of Education Statistics, 2011, tabla 279. Science and Engineering Indicators 2014.

1.3.3.4 Educación en línea y a distancia

La educación en línea y a distancia permite que las instituciones de educación superior tengan mayor audiencia por el acceso de estudiantes que viven en lugares remotos y brinda flexibilidad a los estudiantes que tienen restricciones para tomar cursos presenciales. La educación en línea va en aumento. De 2011 a 2012, de las instituciones con participación en programas de ayuda financiera federal -llamadas Title IV por el título IV de las enmiendas de educación superior de 1992 (Pinnell, 2015)-, con cursos de dos y cuatro años, 62% ofrecieron algún tipo de educación a distancia; 30% fueron instituciones públicas y 17% fueron privadas sin ánimo de lucro (NSB, 2014b).

1.3.3.5 Tendencias de gastos e ingresos en educación superior

Los recursos locales y estatales asignados a universidades de investigación avanzada han descendido desde 1987, este descenso ha coincidido con un incremento neto compensatorio de las matrículas. En 1987, el aporte estatal para las universidades de investigación avanzada (USD \$13600), por TCE (Equivalente a Estudiante de Tiempo Completo) fue más de tres veces la cantidad neta percibida por matrículas (USD \$4000). Para 2010, los recursos asignados descendieron a \$USD 9800 por TCE mientras que el ingreso neto por matrículas se incrementó de USD\$4000 a \$9600 por TCE.

Entre 1987 y 2010 los gastos en investigación de instituciones de investigación avanzada aumentaron, tanto en instituciones públicas como privadas; en las públicas los fondos gastos en investigación fueron casi el doble por TCE, siendo cerca de USD\$10000 alcanzando casi el mismo nivel de los recursos asignados por el estado; en las instituciones privadas se incrementó en 60% en ese periodo de 24 años (NSB, 2014c).

1.3.3.6 Educación de posgrado, inscripción y graduación en los Estados Unidos

La educación de posgrado en ciencia e ingeniería contribuye a la competitividad global, aportando los trabajadores del futuro con mano de obra altamente calificada y la investigación necesaria para una economía basada en conocimiento (NSB, 2014d).

1.3.3.7 Inscripción en posgrado por área de conocimiento

En Estados Unidos, aumentó la inscripción en posgrado de C&I entre 2000 y 2011 a más de 600000 personas. Las inscripciones aumentaron considerablemente en la mayoría de los campos de C&I, particularmente en ingeniería, en ciencias biológicas y en ciencias sociales éstas con mayor crecimiento en ciencias políticas y administración pública. La inscripción en ciencias computacionales creció rápidamente a principios de la década de 2000 y luego decreció desde el 2006 aunque ha conservado su crecimiento desde entonces. La inscripción en posgrado en ingeniería creció entre 2000 y 2011; la tasa de crecimiento se hizo más lenta en este último año (NSB, 2014d).

1.3.3.8 Inscripción en posgrado por género

De los estudiantes graduados en Estados Unidos en 2011, el 46% fueron mujeres; las proporciones de estudiantes graduadas inscritas en C&I difieren considerablemente por área de conocimiento. Con las proporciones más bajas en ingeniería, ciencias computacionales y ciencias físicas; las mujeres constituyeron la mayoría de estudiantes graduadas en sicología, medicina y otras ciencias de la salud, ciencias biológicas y ciencias sociales y fueron casi la mitad de los estudiantes graduados en ciencias de la agricultura y ciencias de la tierra, ciencias atmosféricas y del océano.

1.3.3.9 Maestrías en C&I

Según el informe estadounidense, en campos como ingeniería y geociencias el grado de maestría puede considerarse como una etapa final que prepara totalmente a los estudiantes de estas disciplinas. En otros campos la maestría es un paso hacia el nivel doctoral. Los grados otorgados en maestría aumentaron de 96000 en el año 2000 a cerca de 151000 en el año 2011; este crecimiento se concentró en los periodos 2002 a 2004 y 2007 a 2011, los grados en maestría en ingeniería y ciencias computacionales disminuyeron desde 2004 y en 2007 continúan a aumentando.

El número de grados en 2011 fue el más alto desde el 2000, con un total 736455. Durante estos 12 años el crecimiento fue alto particularmente en ingeniería, sicología y ciencias políticas y administración pública (NSB, 2014e).

1.3.3.10 Doctorados en C&I

Los doctorados generan nuevo conocimiento importante para la sociedad y para la competitividad en una economía global basada en el conocimiento, además, aporta una nueva generación de investigadores en la academia, la industria y el gobierno, así como fuerza de trabajo altamente calificada para otros sectores de la economía.

El número de doctorados en C&I otorgados anualmente por universidades estadounidenses aumentó de forma estable entre 2002 y 2008, disminuyó entre 2009 y 2010 y creció cerca de un 5% en 2011 a 38000, el crecimiento en los graduados creció entre ciudadanos americanos, residentes permanentes y residentes temporales. El mayor incremento fue en ingeniería y ciencias biológicas (NSB, 2014f).

1.3.3.11 Fuerza de trabajo en ciencia e ingeniería

Considerando que no hay una definición estándar de trabajadores en C&I el informe estadounidense define la fuerza de trabajo en C&I como quien trabaja en oficios de C&I o tiene estudios en C&I.

1.3.3.12 Tamaño de la fuerza de trabajo en C&I

Según los más recientes estimados, el total de la fuerza de trabajo estadounidense en C&I está entre 5.8 y 6 millones de personas. Los oficios que requieren al menos una licenciatura en C&I se ubican entre los 4.3 y los 5.4 millones.

Las categorías más grandes en oficios de C&I son en ciencias computacionales, matemáticas e ingeniería; juntos cuentan entre tres cuartos y cuatro quintos de todos los trabajadores empleados en C&I. la proporción más pequeña de empleos está en los oficios de ciencias de la vida, ciencias sociales, y ciencias físicas.

1.3.3.13 Crecimiento de la fuerza de trabajo en C&I

La fuerza de trabajo en C&I crece más rápido que toda la fuerza de trabajo de Estados Unidos; la ocupación de empleos en C&I creció desde cerca de 1.1 millones en 1960 a unos 5.8 millones en 2011, representando una tasa promedio anual de crecimiento del 3.3%; la misma tasa de crecimiento total en ocupación para este periodo fue de 1.5%. Como proporción de todo el empleo, la ocupación de empleos en C&I creció desde el 1.6% en 1960 a 4.1% en 2011 (NSB, 2014g).

1.3.3.14 Investigación y desarrollo

1.3.3.14.1 Gasto total en investigación y desarrollo en Estados Unidos

El gasto en investigación y desarrollo I+D alcanzó un total de \$424400 millones de dólares (m.d.) en 2011 significando un incremento de \$17700 millones con respecto al 2010. Para 2008 el gasto total en I+D fue de \$406600 m.d., lo que fue un incremento de \$26900 m.d. desde 2007. Para los años 2009 y 2010 el gasto fue \$404700 m.d. y 406700 m.d. con lo que se sostuvo cercano al de 2008, debido a un bajón en el nivel de negocios en I+D afrontando la crisis de Estados Unidos y la internacional que empezó a finales de 2008.

La Fundación Nacional de Ciencia (NSB por sus siglas en inglés) rastrea los gastos de los principales sectores intervinientes en la investigación y desarrollo; los indicadores de sus gastos se describirán a continuación.

1.3.3.15 Sector negocios

Este sector continuó siendo en 2011 el contribuyente más grande a la I+D de Estados Unidos, gastando \$294100 m.d. equivalente al 69% del total nacional; el valor para 2010 estuvo cercano con un gasto de \$279000 m.d. La tasa de crecimiento promedio en I+D del sector negocios para el periodo 2006-2011 fue de 3.5% anual, siendo menor comparada con el promedio de tasa de crecimiento en I+D para todo Estados Unidos con un 3.8% en el mismo periodo.

Este sector fue predominante en la composición nacional de I+D con su aporte anual ubicado entre el 68% y el 74% para el periodo comprendido entre 1991 y 2011.

1.3.3.16 Universidades y colegios

La academia es el segundo contribuyente más grande a la I+D de Estados Unidos, con un aporte de \$63100 m.d. equivalentes al 15% de la I+D estadounidense para el año 2011. La tasa de crecimiento en este sector fue mayor que en el sector negocios, con un

promedio anual de 5.2% para el periodo 2006-2011, ubicándose por encima del promedio nacional (3.8%).

El aporte anual de este sector a la I+D estuvo entre el 11% y el 15% para el periodo comprendido entre 1991 y 2011. Para el año 2011 aportó el 55% de la investigación básica de su nación.

1.3.3.17 Agencias federales y centros de I+D financiados por el gobierno federal

El gobierno federal destinó \$49400 m.d. equivalentes a 12% de la I+D estadounidense en 2011. Para el periodo 2006-2011 tuvo incrementos de \$1000 a \$2000 m.d. anualmente. El aporte en 1991 el aporte fue de 15% y descendió gradualmente cada año desde 2006. Su aporte estuvo en el rango del 11% y 12%. El aporte de este sector es pequeño comparado con el sector negocios, sin embargo excede los gastos en I+D de cada país excepto los de China, Japón, Alemania, Corea del Sur y Francia.

1.3.3.18 Otras organizaciones sin ánimo de lucro

Este aporte fue estimado en \$17800 m.d. en 2011 siendo el 4% de la I+D estadounidense y ha sido similar desde el año 2000 (NSB, 2014h).

1.3.3.19 Investigación y desarrollo de la academia

Gastos Nacionales de la Investigación y desarrollo en la academia

Los gastos de colegios y universidades estadounidenses en investigación y desarrollo en todos los campos fueron de \$65800 m.d. en 2012. Los gastos en ciencias de la vida, ciencias físicas, y ciencias sociales cayeron entre el 2% y el 3% luego del ajuste de la inflación entre 2011 y 2012. Para otros campos de la ciencia el gasto se mantuvo relativamente constante. Los gastos en ingeniería crecieron cerca de un 1% luego del ajuste por inflación.

El gasto en Investigación y desarrollo en la academia es en su mayoría para investigación básica; así, en 2012 el 64% del gasto fue en investigación básica, el 27% fue en investigación aplicada y el 9% se gastó en desarrollo.

1.3.3.20 Colaboración en I+D entre instituciones académicas

La colaboración en investigación que involucra a varias instituciones es una tendencia creciente. Este crecimiento es animado por iniciativas federales para la investigación colaborativa y avances tecnológicos que faciliten la comunicación hasta lograr movilizar habilidades especializadas que vayan más allá de las capacidades individuales de las instituciones. La colaboración en investigación y desarrollo entre instituciones académicas se hace evidente por el incremento de artículos de investigación con autoría conjunta.

La cooperación interinstitucional también es notoria por el flujo de recursos entre universidades. Entre los años fiscales de 2000 y 2009, el flujo de fondos para proyectos colaborativos entre universidades y colegios creció más rápido que el crecimiento en el

gasto de toda la investigación y desarrollo de la academia en toda la década. En el año fiscal de 2000 el gasto total en la investigación y desarrollo en ciencia e ingeniería se mantuvo en \$30100 m.d. y creció a \$54900 m.d. para el año fiscal de 2009, esto significa un crecimiento de 47%. En contraste, los fondos que las universidades transfirieron a otras universidades para el periodo comprendido entre los años fiscales de 2000 y 2009, crecieron desde \$700 m.d. en 2000 hasta \$1900 m.d. en 2009, los que significa un aumento del 271% (NSB, 2014i).

1.3.3.21 Infraestructura para la investigación y desarrollo de la academia

1.3.3.21.1 Espacio para la investigación

Los colegios y universidades de Estados Unidos contaron con 202.9 millones de Pies Cuadrados Asignables Netos (NASF por sus siglas en inglés) para realizar investigación en el año fiscal de 2011, siendo superior en 3.5% al espacio disponible para el año fiscal de 2009, sin embargo, este aumento en el espacio disponible fue inferior al crecimiento medio con 4.7% para periodos bienales desde los años fiscales de 1988 hasta 2011.

Las ciencias biológicas y biomédicas tuvieron el mayor crecimiento con un 8.0% para el periodo de los años fiscales 2009-2011, así, tuvo el 26.8% del espacio total para investigación en estos campos que fue de 54.3 millones de NASF. La investigación en los campos de ciencias biológicas y biomédicas creció 64.5% entre los años fiscales de 2001 y 2011. El campo de ciencias de la salud y clínicas fue el segundo más grande con 36.7 millones de NASF significando un 18.1% del total. La investigación en ingeniería tuvo 31.7 millones de NASF o un 13.6% del total. Sin tener en cuenta las ciencias biológicas y biomédicas la investigación total en ciencia e ingeniería tuvo un crecimiento de 1.4% desde el año fiscal de 2005.

1.3.3.21.2 Equipos para la investigación

Para el año fiscal de 2012 hubo un gasto de 2000 millones en equipos para la investigación académica en ciencia e ingeniería. Este gasto significó un 3.2% de los \$62300 m.d. disponibles para investigación y desarrollo de la academia en ciencia e ingeniería.

Los gastos en equipos para la investigación se concentraron en pocos campos de ciencia e ingeniería. Para el año fiscal de 2012, tres campos sumaron el 85.8% del total, así: ciencias de la vida con un 41.0%, ingeniería con un 28.1% y ciencias físicas con el 16.7%.

1.3.3.22 Ciberinfraestructura

Estos indicadores incluyen acceso a banda ancha con gran velocidad y gran capacidad, computadores de alto rendimiento y capacidad para almacenar grandes cantidades de información.

1.3.3.22.1 Redes

Para el año fiscal de 2012, el acceso a redes de alto desempeño se extendió a universidades investigadoras, reportando el 63% de estas con banda ancha con velocidad de al menos 1 giga bit por segundo (Gbps); el 30% de instituciones académicas tuvieron velocidades de 10 Gbps para el mismo año; en 2009 tan solo el 15% contó con 10 Gbps.

Las universidades que otorgan doctorados tienen una capacidad de banda ancha significativamente mayor que las universidades que no conceden estos títulos. Para el año fiscal de 2011 el porcentaje de universidades que otorgan doctorados con al menos 2.5 Gbps (43%) fue 10 veces mayor que las universidades que no otorgan doctorados con esta capacidad de banda ancha, siendo el 4% de ellas. Esta proporción se mantuvo similar con un 53% contra un 5% para el año fiscal de 2012.

1.3.3.22.2 Informática de alto rendimiento

Para el año 2011 a.f., 192 instituciones académicas cuentan con central de administración de sus computadores de alto rendimiento (HPCs por sus siglas en inglés), situación que disminuye los gastos de operación y permite tener una disponibilidad de los recursos computacionales de las instituciones.

1.3.3.22.3 Almacenamiento de datos

El 56% de instituciones académicas con HPCs administrados centralmente reportaron almacenamiento en línea superior a 100 terabytes. Siendo instituciones públicas, 21% reportaron almacenamiento superior a 500 terabytes y siendo instituciones privadas, 18 % tuvieron este mismo almacenamiento.

Desde el 2011, el 45% de las instituciones con HPCs administrados centralmente reportaron no almacenar en línea. Para el año fiscal de 2009 fue de 43% que fue superior al del año fiscal de 2007 con 29% (NSB, 2014j).

1.3.3.23 Industria, tecnología y el mercado mundial

Empresas multinacionales estadounidenses en las industrias del conocimiento y de tecnología intensiva

La oficina de análisis económico (BEA por sus siglas en inglés) realiza un estudio anual sobre las multinacionales estadounidenses que incluye firmas en industrias del conocimiento y la tecnología intensiva (KTI por sus siglas en inglés). Los datos de la BEA no son comparables directamente con los datos usados en los indicadores anteriores sobre Estados Unidos, sin embargo se describen son información adicional sobre la globalización de la actividad y ocupación laboral de las multinacionales estadounidenses en KTI.

1.3.3.24 Servicio comercial de las industrias del conocimiento intensivo

Las empresas multinacionales estadounidenses en las industrias del conocimiento intensivo (KI por sus siglas en inglés) generaron \$1.1 billón de dólares b.d. en valor agregado para el año 2010, de los cuales \$873000 m.d. fueron generados en los estados unidos y corresponden al 76% del total. Los servicios financieros se ubican de primeros en la clasificación de valor agregado con \$471 m.d., y son seguidos por los servicios de información con 384 m.d. y servicios empresariales con 297 m.d.

Las multinacionales estadounidenses en industrias de servicios comerciales de KI emplearon a 7.4 millones de trabajadores en todo el mundo, de los cuales el 72% se emplearon en estados unidos. El sector financiero estadounidense empleó a 2.5 millones de personas, seguido del sector de los servicios de información con 1.6 millones de empleos y el sector de servicios empresariales con 1.2 millones de trabajadores.

1.3.3.25 Industrias manufactureras de alta tecnología

Las multinacionales manufactureras de alta tecnología, exceptuando las de aeronaves y naves espaciales, generaron más de \$400 m.d. en todo el mundo en valor agregado para el año 2010; de este valor, cerca del 66% fue generado en los Estados Unidos. La industria de producción de computadores fue la más grande, la generación del 55% del valor agregado del total fue de parte de Estados Unidos.

Las empresas multinacionales manufactureras de alta tecnología emplearon a 2.4 millones de personas en todo el mundo y 1.2 millones de estos empleos fueron en Estados Unidos en 2010. Más del 60% de 600000 trabajadores para la elaboración de semiconductores es extranjera a los Estados Unidos. Las multinacionales de las industrias computacionales y farmacéuticas emplearon a cerca del 50% de la fuerza de trabajo, también extranjera.

1.3.3.26 La inversión directa de Estados Unidos en el extranjero

El monto de esta inversión fue \$102000 m.d. en 2012, están incluidas las industrias de alta tecnología en comunicaciones, semiconductores e instrumentos de control. La región de Asia y el Pacífico recibió 43% de inversión directa de Estados Unidos en el extranjero. El siguiente beneficiario más grande fue la Unión Europea con una cuota del 39%.

Estados Unidos invirtió \$1.0 b.d. en 2012 en industrias de servicio comercial de conocimiento intensivo. La Unión Europea es la principal beneficiaria para las industrias de servicios financieros con una cuota que estuvo entre el 44% y el 54%; le siguen la región Asia y Pacífico incluyendo a Japón, con cuotas entre el 18% y el 28% en estas mismas industrias.

1.3.3.27 La inversión directa del extranjero en Estados Unidos

Para 2012 en Estados Unidos, las industrias electrónicas manufactureras de computadores recibieron una inversión directa del extranjero de \$61000 m.d. siendo

inferior a lo que Estados Unidos invirtió en las mismas industrias extranjeras para el mismo año. El inversionista más grande fue la región Asia y Pacífico con una cuota del 39% seguida de la Unión Europea con el 33% de aporte.

En 2011 el valor de la inversión extranjera hacia Estados Unidos en servicio comercial de conocimiento intensivo fue \$596000 m.d. que es un monto inferior al invertido por Estados Unidos al extranjero en esta industria.

1.3.3.28 Indicadores relacionados con innovación de Estados Unidos y otras grandes economías

1.3.3.28.1 Actividades de innovación por negocio en Estados Unidos

Según el informe estadounidense, patentar es un paso intermedio hacia la innovación, y los datos de patentes proveen indicadores parciales e indirectos sobre innovación. Cinco industrias de alta tecnología del sector manufacturero estadounidense reportaron tasas de productos o procesos innovadores que fueron al menos el doble del promedio de todo el sector manufacturero. Estas cinco industrias mostraron altas tasas de innovación en bienes y servicios, así, se nota que las altas tasa en el sector manufacturero, están asociadas con la innovación en servicios.

1.3.3.28.2 Concesiones de la oficina de marcas y patentes de Estados Unidos

En 2012 la oficina de marcas y patentes de Estados Unidos concedió más de 250000 patentes. Los inventores estadounidenses fueron los principales beneficiarios con 120000 patentes concedidas, los japoneses obtuvieron 51000 patentes siendo los segundos beneficiarios más grandes. A la Unión Europea se le concedieron 36000 patentes ubicándose en el tercer lugar. Corea del sur y Taiwán obtuvieron un número similar al de las patentes de la Unión Europea.

Las patentes entre los años 2003 y 2009 se mantuvieron constantes en cerca de las 170000 y sobrepasó las 250000 en 2012, el rápido crecimiento entre 2010 y 2012 puede estar reflejado en la recuperación después de la recesión además de los esfuerzos de la oficina por disminuir los retrasos para aplicar a una patente.

Desde 2003 hasta 2012, las patentes concedidas a Estados Unidos pasaron de 87000 a 120000 patentes. Se percibió un atraso del crecimiento de patentes estadounidenses con respecto al crecimiento total alcanzando un descenso de cinco puntos hasta alcanzar una cuota de participación del 48%. Este descenso, al parecer indica el crecimiento de las capacidades tecnológicas del extranjero, la globalización, que da importancia a la protección por patente en países extranjeros, y los inventores estadounidenses instalados en el extranjero.

1.3.3.28.3 La actividad de las patentes por compañías estadounidenses

Patentar por parte de la industria estadounidense provee un indicador de la actividad inventiva. En 2011 se concedieron 29000 patentes a las industrias de alta tecnología estadounidenses de un total de 58000 patentes concedidas a todas las industrias manufactureras; la industria de semiconductores tuvo la mayor cantidad de patentes con 10460 concedidas, seguida por el sector computacional con 5124 patentes, sector farmacéutico con 4405 patentes, e instrumentos de medida y control con 4394 patentes.

2 OBJETIVOS

Objetivo General

Presentar la evolución de seis indicadores relacionados con ciencia, tecnología e innovación de las instituciones del Área Metropolitana de Medellín, reconocidas internacionalmente. Universidad de Antioquia, Universidad Nacional, Universidad Pontificia Bolivariana y Universidad Eafit.

Objetivos Específicos

1. Identificar y describir fuentes de información locales, regionales y nacionales, que permitan la selección de los indicadores a los que se les va a calcular su evolución en el Área Metropolitana de Medellín.
2. Presentar la evolución de seis indicadores relacionados con ciencia, tecnología e innovación.
3. Realizar un análisis comparativo entre el Área Metropolitana de Medellín y la región que se seleccione de otro país con respecto a la evolución de sus indicadores.

3 METODOLOGÍA

El período temporal para la ejecución del proyecto fue entre los años 2014 y 2015.

Las fuentes de información utilizadas fueron artículos relacionados con el cálculo de índices regionales en otros países; manuales como los de la familia Frascati y similares; adicionalmente, se consultaron bases de datos sobre indicadores cuantitativos.

Con los componentes anteriormente mencionados se describieron las fases para lograr los objetivos del proyecto así:

Fase 1

Consulta de información ofrecida por las entidades relacionadas con la creación de indicadores para identificar la fuente principal de información que aportara suficiente datos para el cálculo de éstos.

Esta acción permitió identificar y elegir a SCimago Institutions Rankings como la fuente principal de información que aportara suficiente datos de los indicadores cientométricos de instituciones locales y de la Provincia de Santiago de Chile.

Fase 2

Se realizó una contextualización sobre los indicadores cientométricos existentes en el Área Metropolitana de Medellín para los años recientes a partir de trabajos publicados para la Gobernación de Antioquia desde el año 2011 hasta el 2014. En esta fase se muestran los indicadores que proponen algunas publicaciones.

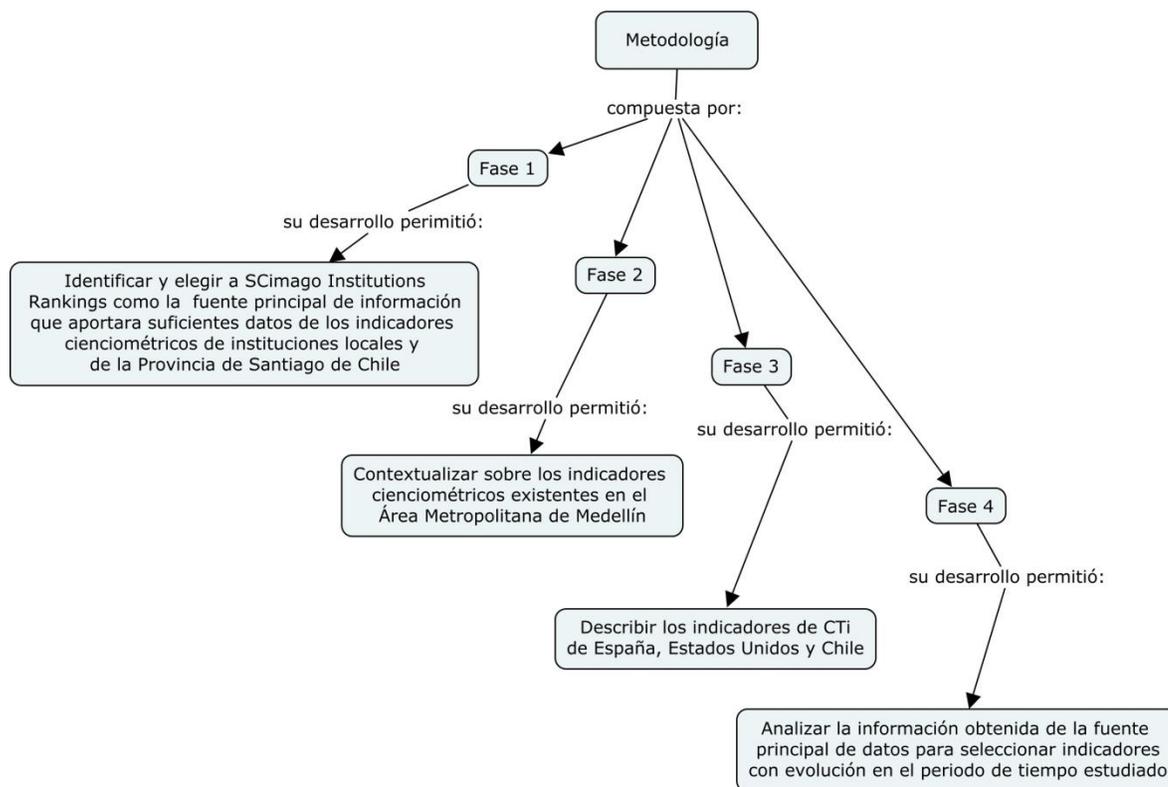
Fase 3

Se describieron los indicadores de CTi de los tres países que contaban con información de acceso público en internet: España, Estados Unidos y Chile.

Fase 4

Análisis de la información obtenida de la fuente principal de datos para seleccionar los indicadores que tuvieran evolución en el tiempo para las Áreas Metropolitanas de Medellín y Santiago de Chile.

Ilustración 3. Metodología para la elaboración del trabajo de grado



Fuente: elaboración propia

4 RESULTADOS

4.1 Selección de indicadores para el Área Metropolitana de Medellín

De acuerdo con la disponibilidad de datos reportados en la fuente de información SCimago Institutions Rankings, y buscando complementar los indicadores existentes para Medellín y Antioquia, los indicadores seleccionados y su evolución para el Área Metropolitana de Medellín son, *indicador de excelencia*, *excelencia liderada*, *colaboración internacional*, *impacto normalizado*, *conocimiento innovativo*, y finalmente, *impacto tecnológico*. Fueron seleccionados de acuerdo con los siguientes criterios:

Comparabilidad: los indicadores debían ser comparables entre las dos regiones seleccionadas, así, se prefirió que la fuente fuera la misma, con los mismos periodos de tiempo y la misma forma de calcularlos.

La disponibilidad de la información: para poder calcular la evolución de los indicadores es necesario contar con información de periodos iguales de tiempo. Se seleccionaron indicadores de los que se contara con información suficiente para cada año y con datos disponibles para el Área Metropolitana de Medellín y la Provincia de Santiago. Se verificó que los indicadores elegidos tuvieran relación directa con la ciencia, la tecnología y la

innovación. Luego de consultar varias fuentes con publicaciones sobre indicadores de CTi se halló que la base de datos de Scopus y la de Scimago Institutions Rankings ofrecen suficientes datos de instituciones con reconocimiento internacional de las dos regiones que se comparan. En el caso del Área Metropolitana de Medellín, se hallaron cuatro instituciones radicadas en Medellín.

El tamaño poblacional: se decidió comparar las instituciones del Área Metropolitana de Medellín con las radicadas en la Provincia de Santiago porque los dos territorios tienen tamaños poblacionales similares, las dos regiones pertenecen a Latinoamérica y ambas tienen avances en CTi. Además, Chile es referente científico para Colombia en Latinoamérica al hacer parte de la OCDE.

El cálculo de la evolución de los indicadores se hizo con la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento. Para obtener estos resultados se necesitaron los valores anuales de cada indicador para cada institución; las fórmulas matemáticas usadas fueron:

$$\text{Ecuación 1. } TVA = \left(\frac{X_T}{X_{T-1}} - 1 \right) \times 100$$

$$\text{Ecuación 2. } TC = \left(\sqrt[m]{\frac{X_T}{X_t}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

TVA = Tasa de Variación Anual

TC = Tasa de Crecimiento

X_T = Valor del tiempo final

X_t = Valor del tiempo inicial

m = total de periodos comprendidos $T - t$

De las empresas de procesos productivos no se halló información de sus indicadores. Las instituciones de las que se encontró información regular sobre sus indicadores fueron 11, así:

- Del Área Metropolitana de Medellín:

Universidad Nacional, Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana y Universidad EAFIT.

- De la provincia de Santiago:

Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Santiago de Chile, Universidad Andrés Bello, Universidad Diego Portales, Universidad de los Andes.

4.2 Fichas de caracterización de indicadores

Se tomó como base el modelo de fichas de caracterización de indicadores de la publicación en Indicadores para Medellín y Antioquia (Robledo, 2012b) y se agregaron los conceptos necesarios, ajustados a este trabajo.

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Excelencia
Descripción	Es la tasa de artículos de las instituciones que reportan sus avances investigativos en las bases de datos de Scopus, que forma parte del conjunto perteneciente al 10% de los trabajos con mayor número de citas.
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos Scopus
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	Número de citas
Fórmula o tratamiento de la variable	10% de trabajos con mayor número de citas.
Entidad Fuente	SCimago Institutions Rankings
Información adicional de la fuente	Los reportes de SCimago Institutions Rankings son publicados anualmente. Este reporte contiene un ranquin internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citaciones de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Excelencia y liderazgo
Descripción	Es la cantidad de documentos que cumplen con el nivel de excelencia y de los cuales la institución evaluada es el principal contribuyente en las publicaciones
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos Scopus
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	Número de citas como principal contribuyente
Fórmula o tratamiento de la variable	10% de trabajos con mayor número de citas.
Entidad Fuente	SCimago Institutions Rankings
Información adicional de la fuente	Los reportes de SCimago Institutions Rankings son publicados anualmente, este reporte contiene un ranking internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citaciones de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Colaboración internacional (CI)
Descripción	Es la tasa de producciones realizadas en colaboración con instituciones extranjeras. Los valores son contados analizando la producción de las instituciones que incluyen a más de una país entre las direcciones de sus publicaciones
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos Scopus
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	Número de publicaciones en coautoría con instituciones extranjeras (NP _{IE}), número de publicaciones (NP)
Fórmula o tratamiento de la variable	Ecuación 3.º $CI = \frac{NP}{NP_{IE}} \times 100$

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Entidad Fuente	SCimago Institutions Rankings
Información adicional de la fuente	Los reportes de SCimago Institutions Rankings son publicados anualmente, este reporte contiene un ranking internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citaciones de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Impacto normalizado (<i>IM</i>)
Descripción	El impacto normalizado de la producción liderada es usado para medir el impacto relativo de las publicaciones científicas y se calcula como el número promedio de citaciones por publicación dividido entre el promedio de las citaciones por publicación en el campo objetivo de quien publica. La normalización de los valores de la citación es hecha al nivel de un artículo individual, los valores (en números decimales) muestran la relación entre el promedio del impacto científico de las instituciones con respecto al promedio del mundo ajustado a una puntuación de 1, como ejemplo una puntuación de impacto normalizado de 0,8 significa que la institución es citada 20% por debajo del promedio mundial y 1,3 significa que la institución es citada 30% por encima de ese promedio.

Ficha de caracterización de indicadores (viene de la tabla en la página anterior)	
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos Scopus
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	Citaciones por publicación, citas por publicación en el campo objetivo de la institución
Fórmula o tratamiento de la variable	<p>Ecuación 4. $IN = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{c_i}{\mu_i}$</p> <p>Donde:</p> <p>$c_i$ = número de citas de i μ_i = el valor promedio de citas a publicaciones del mismo tipo, publicadas el mismo año en la misma área de investigación de i P = número de publicaciones de la institución durante un periodo seleccionado de tiempo</p>
Entidad Fuente	SCimago Institutions Rankings
Información adicional de la fuente	Los reportes de SCimago Institutions Rankings son publicados anualmente, este reporte contiene un ranking internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citas de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Conocimiento innovativo
Descripción	Es la producción de publicaciones científicas de una institución citada en patentes. Esta información es obtenida de la base de datos PATSTAT
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos PATSTAT
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	citaciones en patentes
Fórmula o tratamiento de la variable	No aplica
Entidad Fuente	Scimago Institutions Rankings
Información adicional de la fuente	Los reportes de Scimago Institutions Rankings son publicados anualmente, este reporte contiene un ranquin internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citaciones de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Ficha de caracterización de indicadores	
Indicador	Impacto tecnológico
Descripción	Es el porcentaje de la producción de publicaciones científicas citado en patentes donde las áreas son la agricultura y ciencias biológicas; bioquímica, genética y biología molecular; ciencia computacional; ciencias planetarias y de la tierra; energía; Ingeniería; ciencia del medio ambiente; profesiones de la salud; inmunología y microbiología; ciencia de los materiales; matemáticas; medicina; neurociencias; enfermería; farmacología, toxicología y farmacéutica; física y astronomía; ciencias sociales; veterinaria. Este indicador está basado en PATSTAT
Unidad de medida	Razón en porcentaje
Metodología del cálculo	consulta en la base de datos PATSTAT
Desagregación	
Desagregación temática	Por institución
Desagregación geográfica	Mundial, Provincia de Santiago y Área Metropolitana de Medellín
Variables y Fuentes	
Variables	citaciones en patentes en áreas específicas (ver detalles en la descripción)
Fórmula o tratamiento de la variable	No aplica
Entidad Fuente	Scimago Institutions Rankings

Variables y Fuentes (viene de la tabla en la página anterior)	
Información adicional de la fuente	Los reportes de Scimago Institutions Rankings son publicados anualmente, este reporte contiene un ranking internacional de más de 2000 instituciones y organizaciones investigadoras. Los valores de los indicadores son basados en datos de publicaciones y citaciones de Scopus para instituciones dedicadas a la investigación con al menos 100 artículos publicados durante el año estudiado.
Tratamiento de la información de la fuente	Recolección, tratamiento y cálculo de la evolución del indicador.
Resultado del tratamiento de la información de la fuente	Evolución del indicador representado por la tasa de variación anual y la tasa de crecimiento.
Periodicidad de la información en la fuente	Anual
Última fecha de información disponible	2014

Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

4.3 Indicadores de CTi de las regiones seleccionadas

En la tabla 4 se compilan los datos de los indicadores seleccionados para las instituciones radicadas en el Área Metropolitana de Medellín y la Provincia de Santiago

Tabla 4. Indicadores de CTi a evaluar

Institución	Año	Indicador*					
		E	EL	CI	IN	CIN	IT
Universidad Nacional	2009	13,59	8,46	45,36	8,58	0,62	5,61
	2010	11,31	7,49	41,79	7,89	0,74	4,9
	2011	10,14	7,43	41,5	6,08	0,74	4,14
	2012	10,06	7,91	40,38	4,75	0,82	3,35
	2013	9,68	8,45	38,94	3,51	0,83	2,62
	2014	9,38	7,67	38,26	2,77	0,78	1,8
Universidad de Antioquia	2009	13,04	7	49,88	7,55	0,24	3,26
	2010	12,82	7,12	50,82	7,08	0,29	3,13
	2011	11,87	7,63	50,62	5,89	0,32	2,95
	2012	13,32	9,87	50,52	5	0,26	1,92
	2013	12,96	10,22	49,97	3,85	0,34	1,87
	2014	13,31	10,18	49,81	3,08	0,44	1,74

Institución	Año	Indicador*					
		E	EL	CI	IN	CIN	IT
Universidad Pontificia Bolivariana	2010	16,07	3,45	53,09	6,48	0,08	5,83
	2012	8,86	2,68	47,92	3,56	0,09	4,78
	2013	10,51	4,35	45,04	2,69	0,12	4,75
	2014	11,12	2,54	44,65	1,76	0,2	5,41
Universidad EAFIT	2014	9,17	4,56	40,42	2,02	0,05	2,67
Universidad de Chile	2009	21,49	17,28	46,89	12,59	2,31	6,59
	2010	20,19	18,17	46,93	12,37	2,42	6,07
	2011	18,46	18,16	46,97	10,1	2,26	5,7
	2012	17,94	16,94	47,2	8,05	2,29	4,99
	2013	18,11	16,99	47,26	5,94	2,06	3,84
	2014	18,03	14,62	47,73	4,78	1,85	2,73
Pontificia Universidad Católica de Chile	2009	24,86	18,61	44,27	12,24	1,22	5,4
	2010	23,28	18,13	44,05	11,76	1,2	4,56
	2011	21,57	18,4	43,94	9,59	1,18	4,42
	2012	20,97	17,22	45,08	7,58	1,28	4,01
	2013	21,77	16,62	46,46	5,78	1,35	3,44
	2014	22,65	13,86	48,01	4,55	1,22	2,33
Universidad de Santiago de Chile	2009	16,77	13,36	53,17	10,1	0,49	7,59
	2010	17,66	17,01	52,93	11	0,51	7,15
	2011	18,48	20,14	52,85	9,4	0,51	7,19
	2012	17,33	17,98	52,1	7,53	0,48	5,62
	2013	17,08	17,32	50,87	5,83	0,49	4,58
	2014	15,93	12,88	48,88	4,44	0,29	2,09
Universidad Andrés Bello	2009	15,01	8,67	32,63	10,24	0,13	7,47
	2010	12,67	7,34	34,23	9,7	0,15	6,91
	2011	9,42	7,67	35,77	8,42	0,25	9,14
	2012	9,2	5,35	39,73	6,54	0,31	8,38
	2013	10,92	4,43	42,87	5,04	0,28	5,45
	2014	12,74	4,67	44,84	4,05	0,34	4,3
Universidad Diego Portales	2011	13,87	8,88	39,91	5,31	0,05	0,97
	2012	14,03	7,83	40,17	4,12	0,03	0,91
	2013	14,06	7,84	40,27	3,27	0,02	0,92
	2014	14,32	9,68	40,14	2,96	0,02	1,05

Institución	Año	Indicador*					
		E	EL	CI	IN	CIN	IT
Universidad del Desarrollo	2013	10,21	7,71	30,96	3,1	0,06	2,22
	2014	10,35	5,7	30,54	2,33	0,05	1,16
Universidad de los Andes	2014	9,28	9,72	31,2	2,8	0,1	3,31

* E: indicador de excelencia, EL: excelencia liderada, CI: colaboración internacional, IN: impacto normalizado, CIN: conocimiento innovativo, IT: impacto tecnológico.

Fuente: Scimago Institutions Rankings

4.4 Evolución de indicadores de ciencia, tecnología e innovación para el Área Metropolitana de Medellín

4.4.1 Evolución del Indicador de Excelencia

El indicador de excelencia enseña la razón de artículos de una universidad, que forma parte del conjunto perteneciente al 10% de los trabajos científicos con mayor número de citas. El indicador es una medida de producción científica de alta calidad de las instituciones investigadoras.

Se destacan en la ilustración número 3, por los resultados de este indicador, la Pontificia Universidad Católica de Chile, seguida de la Universidad de Chile y la Universidad Santiago de Chile que para el periodo comprendido entre los años 2009 y 2014 mantuvieron sus posiciones con respecto a las otras instituciones analizadas.

Para el año 2009, solo se reportó información de la Universidad Nacional de Colombia seguida por la Universidad de Antioquia. Estas universidades ocuparon el quinto y sexto lugar entre las instituciones comparadas; los primeros cuatro puestos fueron ocupados por instituciones chilenas durante el año analizado. Fue hasta el año 2010 que se empezó a reportar información de la Universidad Pontificia Bolivariana con un 16,07% de excelencia, iniciando por encima de las principales universidades en Antioquia, la Universidad Nacional con un 11,31% en tercer lugar en el departamento de Antioquia y la Universidad de Antioquia en segundo lugar con 12,82%, sin embargo, comparando con las instituciones de Santiago de Chile, se tiene que hay tres Universidades con mejores resultados que la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2010.

No hay información de la Universidad Pontificia Bolivariana para el año 2011 pero para el 2012 vuelve a haber producción científica destacada disminuyendo 7,21 puntos porcentuales desde el 2010 ubicándose en el tercer puesto del escalafón departamental. Para el año 2012 dos de las tres universidades antioqueñas hasta ahora mencionadas superan a la universidad chilena Andrés Bello, cuyos resultados descendieron desde el

2009 y alcanzaron el mínimo en 2012 con un 9,2%; esta universidad es seguida de cerca por la Universidad Pontificia Bolivariana con un 8,86% de excelencia.

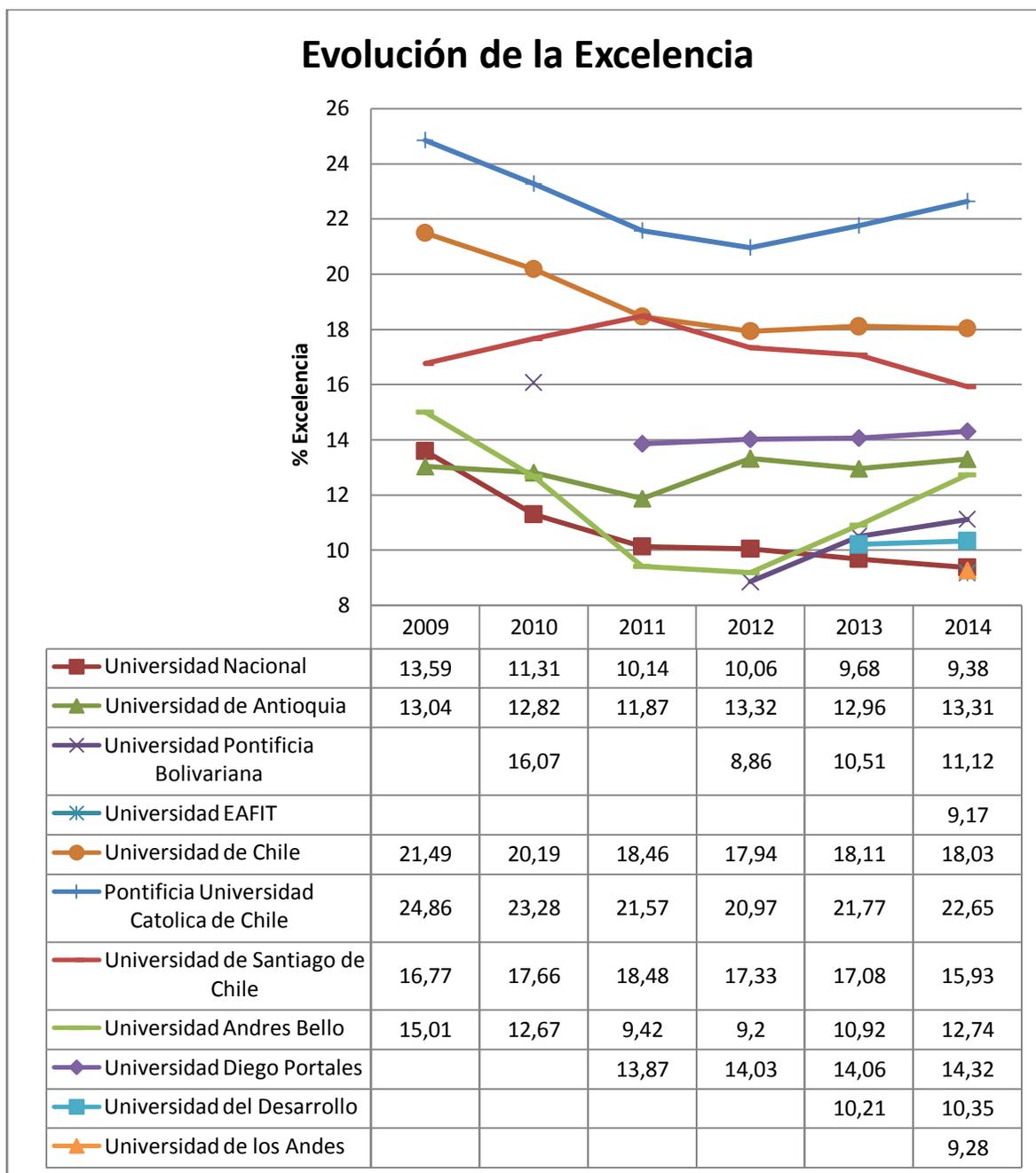
Datos obtenidos de Scimago Institutions Rankings (SCimago, 2015a). Donde: E es excelencia, EL es excelencia liderada, CI es colaboración internacional, IN es impacto normalizado, CIN es conocimiento innovativo, IT es impacto tecnológico.

Para el año 2011 empieza a reportarse información de la Universidad Diego Portales, esta institución chilena inicia ocupando el cuarto lugar con respecto a las instituciones analizadas. Los tres primeros lugares tuvieron una variación entre el tercero y el segundo; la Universidad Santiago de Chile superó por poco (0.02 puntos porcentuales) a la Universidad de Chile, que recuperó su segunda posición en 2012; las posiciones de la primera a la quinta se mantuvieron entre el 2012 y el 2014. En la quinta posición estuvo la Universidad de Antioquia que para el escalafón de su departamento se ubicó en la primera posición.

La Universidad EAFIT empieza a mostrar resultados desde el año 2014 y para el escalafón de las 11 instituciones que reportan información sobre ciencia, tecnología e innovación en la base de datos de Scopus, se ubica en el último lugar. La Universidad de los Andes con sede en Santiago de Chile, también empieza a reportar excelencia en el año 2014 en la base de datos mencionada, iniciando en la posición número 10, superando por 0,11% al lugar 11 del escalafón propuesto.

La universidad Andrés Bello de Santiago de Chile fue la institución con más variación a la baja por el rendimiento del indicador de excelencia al disminuir para el 2011 un 25,65% con respecto a los resultados obtenidos en 2010 (Tabla 5); para el periodo 2012-2013 esta institución logra repuntar con una variación porcentual del 18,70. Con todas sus variaciones, la Universidad Andrés Bello de Santiago de Chile decreció con una variación porcentual de 3,23 entre los años 2009 y 2014 (Tabla 8).

Ilustración 4. Evolución de la excelencia



Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

La Universidad Nacional fue la institución antioqueña con más variación negativa al contar con una pendiente pronunciada del -16,78 entre los años 2010 y 2009.

De la Universidad Pontificia Bolivariana se tiene información desde el año 2012 y desde ese año hasta el 2014 tuvo una tasa de crecimiento de 12.03%, valor que es superado por

la Universidad Andrés Bello; si se calcula la tasa de crecimiento para esta universidad durante el mismo periodo de tiempo (2012-2014), creció con una tasa del 17,68%. Si se calcula la tasa de crecimiento de la Universidad Andrés Bello para el periodo comprendido entre 2009 y 2014, se obtiene un comportamiento negativo, decreciendo un 3,23%.

Tabla 5. Datos calculados de la Evolución de la excelencia

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	-16,78	-10,34	-0,79	-3,78	-3,10	-7,15
Universidad de Antioquia	-1,69	-7,41	12,22	-2,70	2,70	0,41
Universidad Pontificia Bolivariana				18,62	5,80	12,03
Universidad de Chile	-6,05	-8,57	-2,82	0,95	-0,44	-3,45
Pontificia Universidad Católica de Chile	-6,36	-7,35	-2,78	3,81	4,04	-1,84
Universidad de Santiago de Chile	5,31	4,64	-6,22	-1,44	-6,73	-1,02
Universidad Andrés Bello	-15,59	-25,65	-2,34	18,70	16,67	-3,23
Universidad Diego Portales			1,15	0,21	1,85	1,07
Universidad del Desarrollo					1,37	1,37

i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4

Fuente: SCImago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

4.4.2 Evolución de la Excelencia Liderada

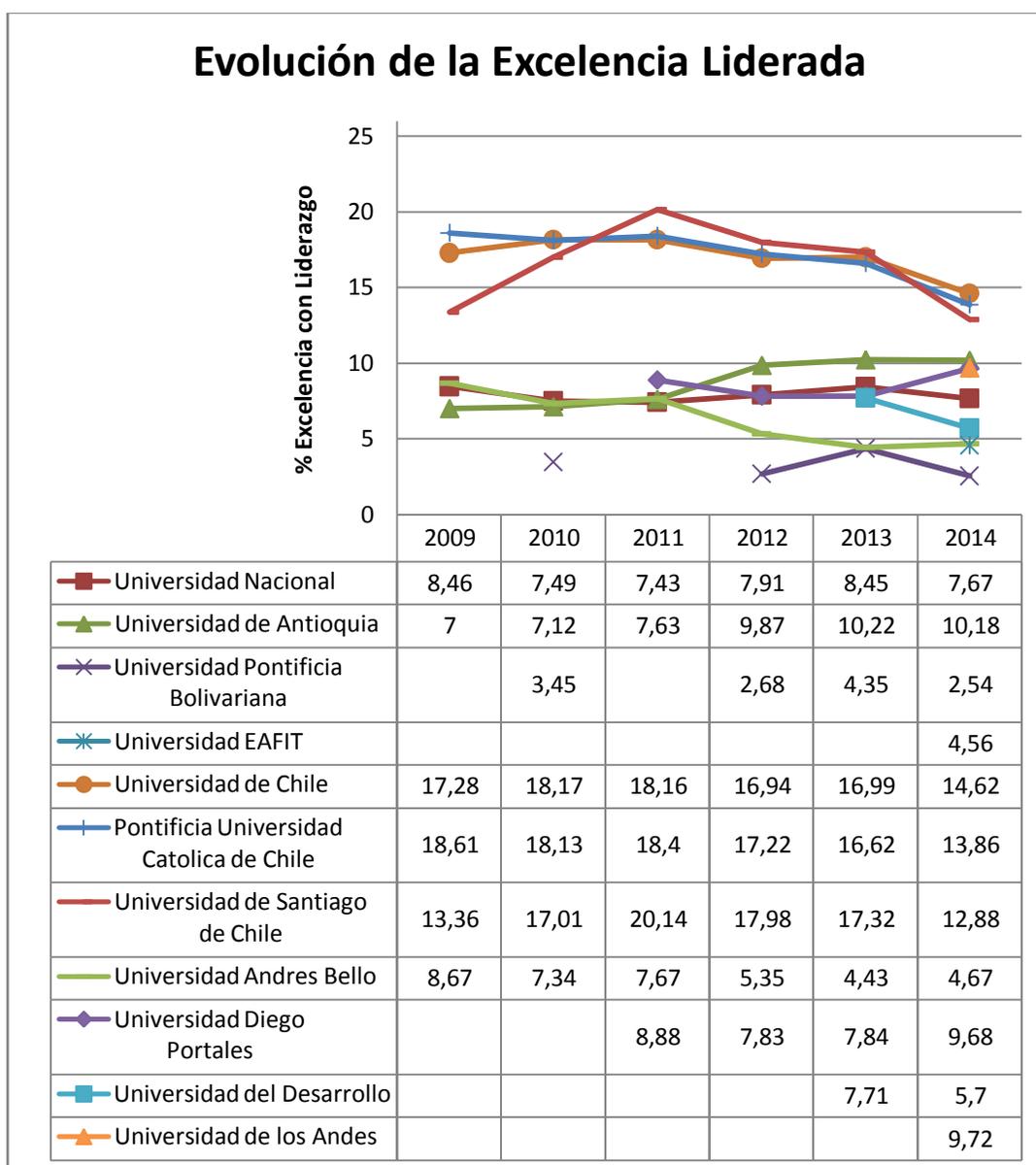
La excelencia liderada reportada en SCImago Institutions Rank, indica la cantidad de documentos que cumplen con el nivel de excelencia y de los cuales la institución es el principal contribuyente en las publicaciones (Simagoir, 2015).

Para este indicador, hay una brecha más evidente en los resultados de los primeros tres puestos según sus tendencias en la ilustración 4, con respecto a las subsiguientes posiciones; la universidad de Santiago de Chile, lidera el primer puesto durante tres años (2011, 2012 y 2013) y ocupa el tercer puesto durante otros tres años (2009, 2010 y 2014). La universidad de Chile tiene unos resultados con comportamiento muy similar a los resultados de la Pontificia Universidad de Chile; estas dos universidades se ubican en la primera y segunda posiciones los años que la universidad Santiago de Chile está en la primera posición, y se hallan en la segunda y tercera posiciones cuando la universidad Santiago de Chile se encuentra en la tercera posición.

Para 2009, la primera universidad antioqueña en tomar una posición en el escalafón de las 11 instituciones analizadas es la Universidad Nacional en el cuarto puesto siguiendo a la universidad Andrés Bello en el tercero. La universidad Nacional es seguida por la universidad de Antioquia en sexto lugar; las otras instituciones no reportan resultados en la base de datos de Scopus en 2009; es hasta 2010 que entra al escalafón la Universidad Pontificia Bolivariana en la séptima posición y no tiene reporte de avance para el año 2011. De la universidad Diego Portales se tienen reportes para el año 2011 y entra al

escalafón en el cuarto puesto. En 2013, de la Universidad del Desarrollo se reportan resultados que la ubican en el séptimo lugar de nueve instituciones, siguiendo por poco a la Universidad Diego Portales.

Ilustración 5. Evolución de la excelencia liderada



Fuente: SCImago Institutions Rankings y elaboración propia

Para el año 2014 ya son 11 instituciones en el escalafón, porque se suman la Universidad EAFIT en la posición 10 y la Universidad de los Andes en la posición seis. La Universidad de Antioquia ocupa y mantiene el cuarto puesto desde 2012 hasta 2014.

La Universidad de Antioquia fue la institución con mayor crecimiento acumulado entre 2009 y 2014 con 7,78% (tabla 6). La institución con mayor disminución en sus resultados para el mismo periodo fue la Universidad Andrés Bello que decreció 11,64%. A pesar de que la tasa de crecimiento de la Universidad Santiago de Chile para el periodo comprendido entre los años 2009 y 2011 fue 22,78%, al terminar el 2014 decreció 0,73% desde el año 2009. De las 11 instituciones, solamente la Universidad de Antioquia y la Universidad Diego Portales (2,92% desde 2011 hasta 2014) tuvieron tasa de crecimiento positiva.

Tabla 6. Datos calculados de la evolución de la excelencia liderada

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	-11,47	-0,80	6,46	6,83	-9,23	-1,94
Universidad de Antioquia	1,71	7,16	29,36	3,55	-0,39	7,78
Universidad Pontificia Bolivariana				62,31	-41,61	-2,65
Universidad de Chile	5,15	-0,06	-6,72	0,30	-13,95	-3,29
Pontificia Universidad Católica de Chile	-2,58	1,49	-6,41	-3,48	-16,61	-5,72
Universidad de Santiago de Chile	27,32	18,40	-10,72	-3,67	-25,64	-0,73
Universidad Andrés Bello	-15,34	4,50	-30,25	-17,20	5,42	-11,64
Universidad Diego Portales			-11,82	0,13	23,47	2,92
Universidad del Desarrollo					-26,07	-26,07

i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4

Fuente: SCimago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

4.4.3 Evolución de la colaboración internacional

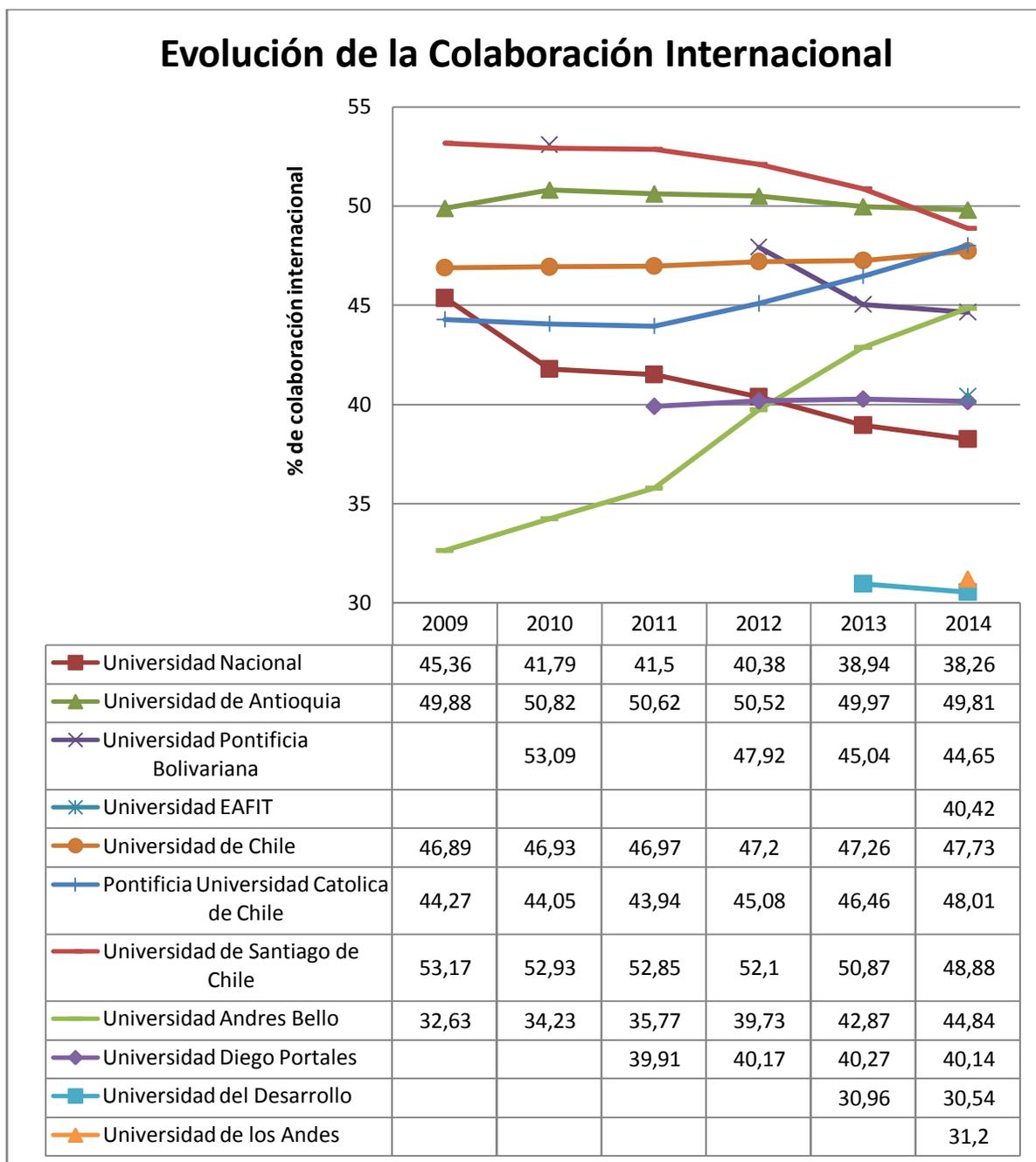
El indicador de colaboración internacional es la tasa de producciones realizadas en colaboración con instituciones extranjeras (ilustración 5). Los valores son contados analizando la producción de las instituciones que incluyen a más de una país entre las direcciones de sus publicaciones (Simagoir, 2015).

El reporte de esta información estuvo más distribuido que el de los indicadores anteriormente analizados; con una tendencia generalmente al alza y casi estable. Desde 2009 hasta 2013, la Universidad de Santiago de Chile ocupó la primera posición de este indicador con excepción del año 2010 cuando el primer lugar fue ocupado por la Universidad Pontificia Bolivariana. En 2014 la universidad de Antioquia fue la institución que más colaboración internacional recibió para sus publicaciones y los años anteriores hasta 2009 ocupó la segunda posición. Para 2009 la Universidad Nacional ocupó la cuarta posición y los años siguientes su tendencia fue a la baja hasta llegar a la posición novena

del escalafón de 11 instituciones. La Universidad de Chile y la Universidad Diego Portales mantuvieron sus valores casi estables durante los cinco años reportados por la base de datos (ilustración 5).

La Universidad Andrés Bello fue a la que aumentó más la ayuda internacional con una tasa de 6,56% desde 2009 hasta 2014 y la Universidad Nacional fue la institución a la que se le redujo más la colaboración internacional con una tasa de 3,35% (tabla 7).

Ilustración 6. Evolución de la colaboración internacional



Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

Tabla 7. Datos calculados de la evolución de la colaboración internacional

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	-7,87	-0,69	-2,70	-3,57	-1,75	-3,35
Universidad de Antioquia	1,88	-0,39	-0,20	-1,09	-0,32	-0,03
Universidad Pontificia Bolivariana				-6,01	-0,87	-3,47
Universidad de Chile	0,09	0,09	0,49	0,13	0,99	0,36
Pontificia Universidad Católica de Chile	-0,50	-0,25	2,59	3,06	3,34	1,64
Universidad de Santiago de Chile	-0,45	-0,15	-1,42	-2,36	-3,91	-1,67
Universidad Andrés Bello	4,90	4,50	11,07	7,90	4,60	6,56
Universidad Diego Portales			0,65	0,25	-0,32	0,19
Universidad del Desarrollo					-1,36	-1,36

i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4

Fuente: SCimago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

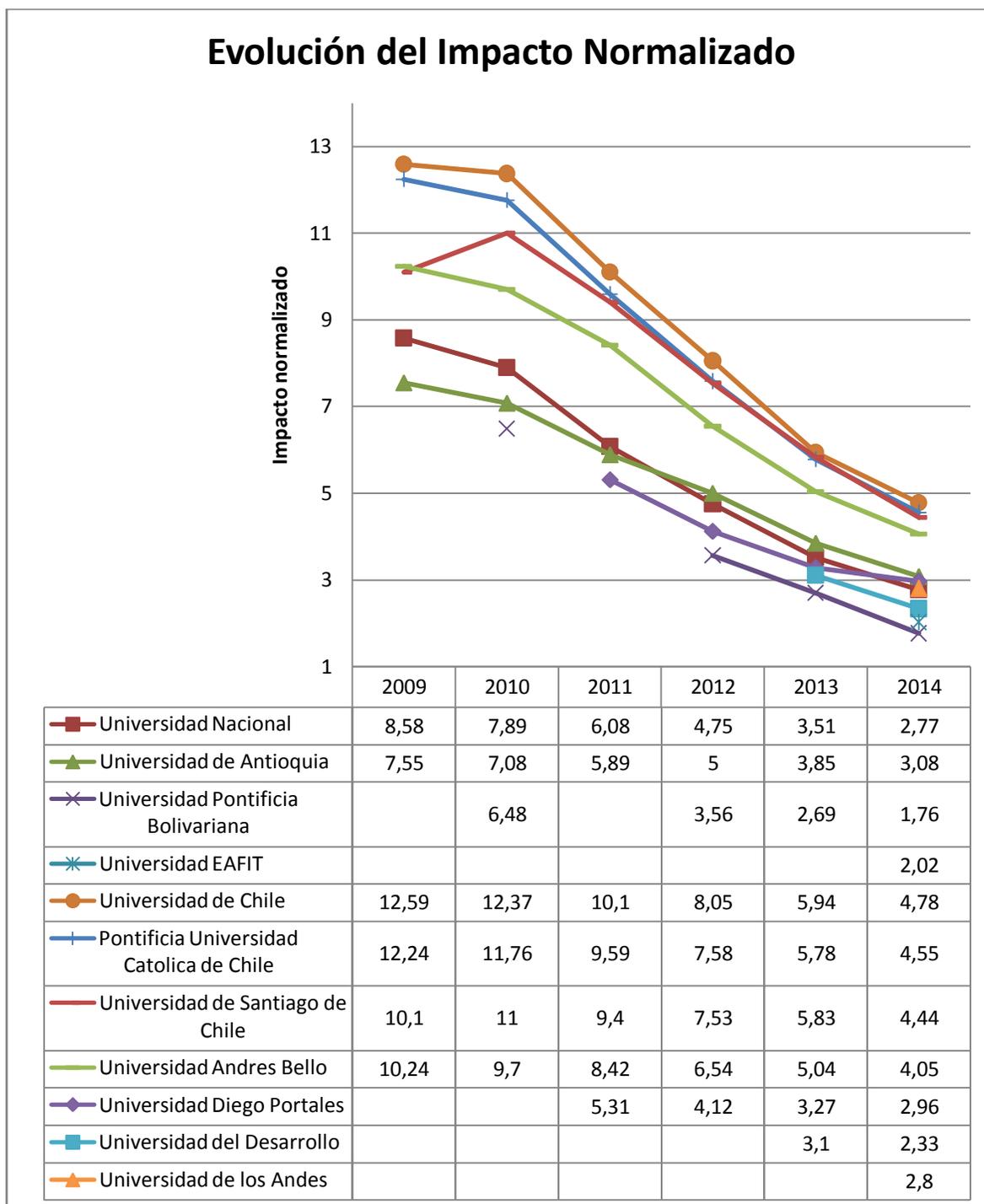
4.4.4 Evolución del impacto normalizado

El impacto normalizado de la producción liderada es usado para medir el impacto relativo de las publicaciones científicas y se calcula como el número promedio de citas por publicación dividido entre el promedio de las referencias por publicación en el campo objetivo de quien publica (Rehn et al., 2014). La normalización de los valores de la citación es hecha al nivel de un artículo individual, los valores (en números decimales) muestran la relación entre el promedio del impacto científico de las instituciones con respecto al promedio del mundo ajustado a una puntuación de 1 (Ilustración 6), como ejemplo una puntuación de impacto normalizado de 0,8 significa que la institución es citada 20% por debajo del promedio mundial y 1,3 significa que la institución es citada 30% por encima de ese promedio (Simagoir, 2015).

Todas las instituciones analizadas tienen una puntuación del impacto normalizado por encima del promedio mundial (ilustración 6). A partir del año 2010 la tendencia general fue a acercarse a 1 para todas las instituciones del rango aunque teniendo leves variaciones en las posiciones como es el caso de la Universidad Nacional, siendo superada en posición por la Universidad de Antioquia desde el año 2012 y la Universidad Católica de Chile que para el año 2013 tuvo un reporte del impacto normalizado menor que la Universidad Católica de Chile. La universidad de Santiago de Chile fue la única en reportar aumento en la calificación del impacto normalizado de 2009 a 2010.

Las universidades antioqueñas inician marcando las posiciones quinta y sexta para la Universidad Nacional y la Universidad de Antioquia respectivamente que son las últimas dos posiciones para el año 2009, las posiciones de la primera a la cuarta son ocupadas por universidades de Santiago de Chile.

Ilustración 7. Evolución del impacto normalizado



Fuente: SCImago Institutions Rankings y elaboración propia

Para el año 2010 se reportan más datos del Área Metropolitana de Medellín con resultados de la Universidad Pontificia Bolivariana que con un impacto normalizado de 6.48 entra en la séptima posición de las instituciones analizadas; la Universidad Diego Portales entra a ocupar esta posición en 2011 año en el que la Universidad Pontificia Bolivariana no reporta resultados en la base de datos. Para el año 2014 ya hay 11 instituciones, la Universidad EAFIT y la Universidad Pontificia Bolivariana ocupan las posiciones 10 y 11 respectivamente. La universidad de los Andes supera un puesto a la Universidad Nacional al iniciar reportes en la séptima posición y es seguida por la Universidad del Desarrollo en la octava posición.

Entre las instituciones que tienen como año de inicio el año 2009, la que más decreció fue la Universidad Nacional con una tasa negativa de 20,24% hasta el 2014 (Tabla 8). La institución que menos decreció en sus resultados del Impacto Normalizado fue la Universidad Santiago de Chile.

Tabla 8. Datos calculados de la evolución del impacto normalizado

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	-8,04	-22,94	-21,88	-26,11	-21,08	-20,24
Universidad de Antioquia	-6,23	-16,81	-15,11	-23,00	-20,00	-16,42
Universidad Pontificia Bolivariana				-24,44	-34,57	-29,69
Universidad de Chile	-1,75	-18,35	-20,30	-26,21	-19,53	-17,61
Pontificia Universidad Católica de Chile	-3,92	-18,45	-20,96	-23,75	-21,28	-17,96
Universidad de Santiago de Chile	8,91	-14,55	-19,89	-22,58	-23,84	-15,16
Universidad Andrés Bello	-5,27	-13,20	-22,33	-22,94	-19,64	-16,93
Universidad Diego Portales			-22,41	-20,63	-9,48	-17,70
Universidad del Desarrollo					-24,84	-24,84

i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4.

Fuente: SCImago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

4.4.5 Evolución del conocimiento innovativo

El conocimiento innovativo es la producción de publicaciones científicas de una institución citada en patentes. Esta información es obtenida de la base de datos PATSTAT (Simagoir, 2015).

Para este indicador la Universidad de Chile mantiene el primer puesto durante los seis años analizados y con una ventaja sobre el segundo puesto de casi el doble. La Universidad Nacional obtiene mejores resultados con respecto a la posición de los indicadores analizados anteriormente, manteniendo el tercer lugar del escalafón de 11 instituciones y el primero si se evalúan solo las instituciones del Área Metropolitana de Medellín. La Universidad de Santiago de Chile luego de mantener el cuarto puesto desde

2009 hasta 2014, pasa a ocupar el sexto lugar, superada por la Universidad de Antioquia y la Universidad Andrés Bello (ilustración 7).

La Universidad de Antioquia es superada por la Universidad Andrés Bello sólo durante el año 2012. La Universidad Pontificia Bolivariana inicia reportes en el año 2010, ubicándose en el último lugar, de 2011 no se reporta información y en 2012 ocupa el penúltimo lugar, superando a la Universidad Diego Portales, institución que ocupa el último lugar desde el año 2011 hasta el 2014.

La Universidad Andrés Bello fue la institución con mayor tasa de crecimiento del conocimiento innovativo, con una variación de sus resultados de 21,20% desde 2009. La Universidad Santiago de Chile fue la institución con mayor disminución de su conocimiento innovativo, con una tasa negativa de 9,96% (Tabla 9).

Tabla 9. Datos calculados de la evolución del conocimiento innovativo

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	19,35	0,00	10,81	1,22	-6,02	4,70
Universidad de Antioquia	20,83	10,34	-18,75	30,77	29,41	12,89
Universidad Pontificia Bolivariana				33,33	66,67	49,07
Universidad de Chile	4,76	-6,61	1,33	-10,04	-10,19	-4,34
Pontificia Universidad Católica de Chile	-1,64	-1,67	8,47	5,47	-9,63	0,00
Universidad de Santiago de Chile	4,08	0,00	-5,88	2,08	-40,82	-9,96
Universidad Andrés Bello	15,38	66,67	24,00	-9,68	21,43	21,20
Universidad Diego Portales			-40,00	-33,33	0,00	-26,32
Universidad del Desarrollo					-16,67	-16,67

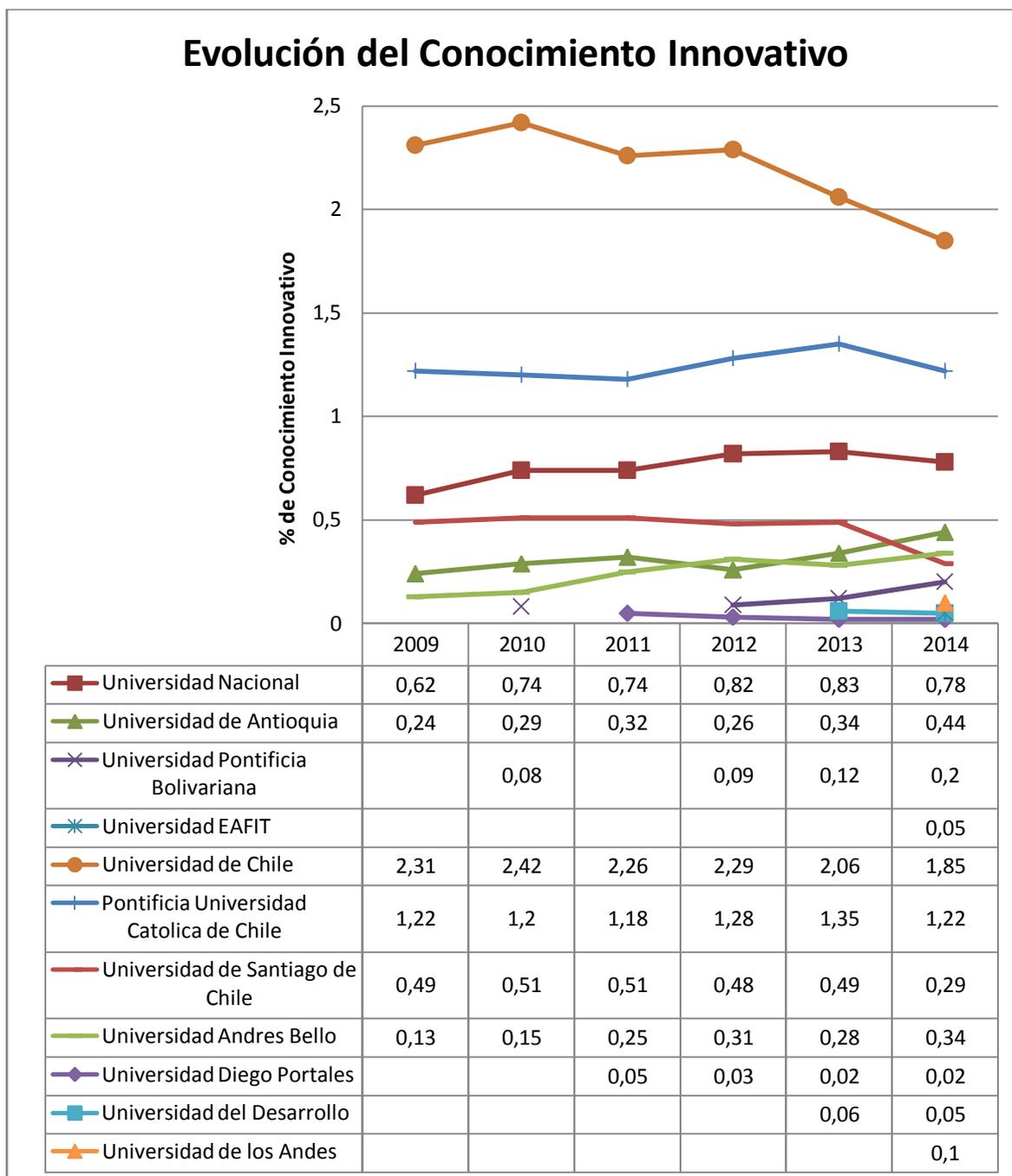
i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4.

Fuente: SCimago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

Ilustración 8. Evolución del conocimiento innovativo



Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

4.4.6 Evolución del Impacto Tecnológico

El impacto tecnológico es el porcentaje de la producción de publicaciones científicas citado en patentes donde las áreas son la agricultura y ciencias biológicas; bioquímica,

genética y biología molecular; ciencia computacional; ciencias planetarias y de la tierra; energía; Ingeniería; ciencia del medio ambiente; profesiones de la salud; inmunología y microbiología; ciencia de los materiales; matemáticas; medicina; neurociencias; enfermería; farmacología, toxicología y farmacéutica; física y astronomía; ciencias sociales; veterinaria. Este indicador está basado en PATSTAT (Simagoir, 2015).

La tendencia de las instituciones fue a decrecer su impacto tecnológico, con excepción de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Diego Portales. La Universidad Andrés Bello alcanzó los mejores resultados entre todas las instituciones en el año 2011 y fue decreciendo su rendimiento gradualmente hasta finalizar 2014 en el segundo lugar (ilustración 8).

La Universidad Nacional tiene una disminución en su impacto tecnológico casi constante durante los seis años analizados, hasta llegar a una disminución del 20,34% en sus resultados siendo la segunda institución con mayor pérdida luego de la Universidad de Santiago de Chile con una pérdida de 22,74% en sus resultados (tabla 10).

Tabla 10. Datos calculados de la evolución del impacto tecnológico

Universidad	Tasa de variación anual					Tasa de crecimiento
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	i-2014
Universidad Nacional	-12,66	-15,51	-19,08	-21,79	-31,30	-20,34
Universidad de Antioquia	-3,99	-5,75	-34,92	-2,60	-6,95	-11,80
Universidad Pontificia Bolivariana				-0,63	13,89	6,39
Universidad de Chile	-7,89	-6,10	-12,46	-23,05	-28,91	-16,16
Pontificia Universidad Católica de Chile	-15,56	-3,07	-9,28	-14,21	-32,27	-15,47
Universidad de Santiago de Chile	-5,80	0,56	-21,84	-18,51	-54,37	-22,74
Universidad Andrés Bello	-7,50	32,27	-8,32	-34,96	-21,10	-10,46
Universidad Diego Portales			-6,19	1,10	14,13	2,68
Universidad del Desarrollo					-47,75	-47,75

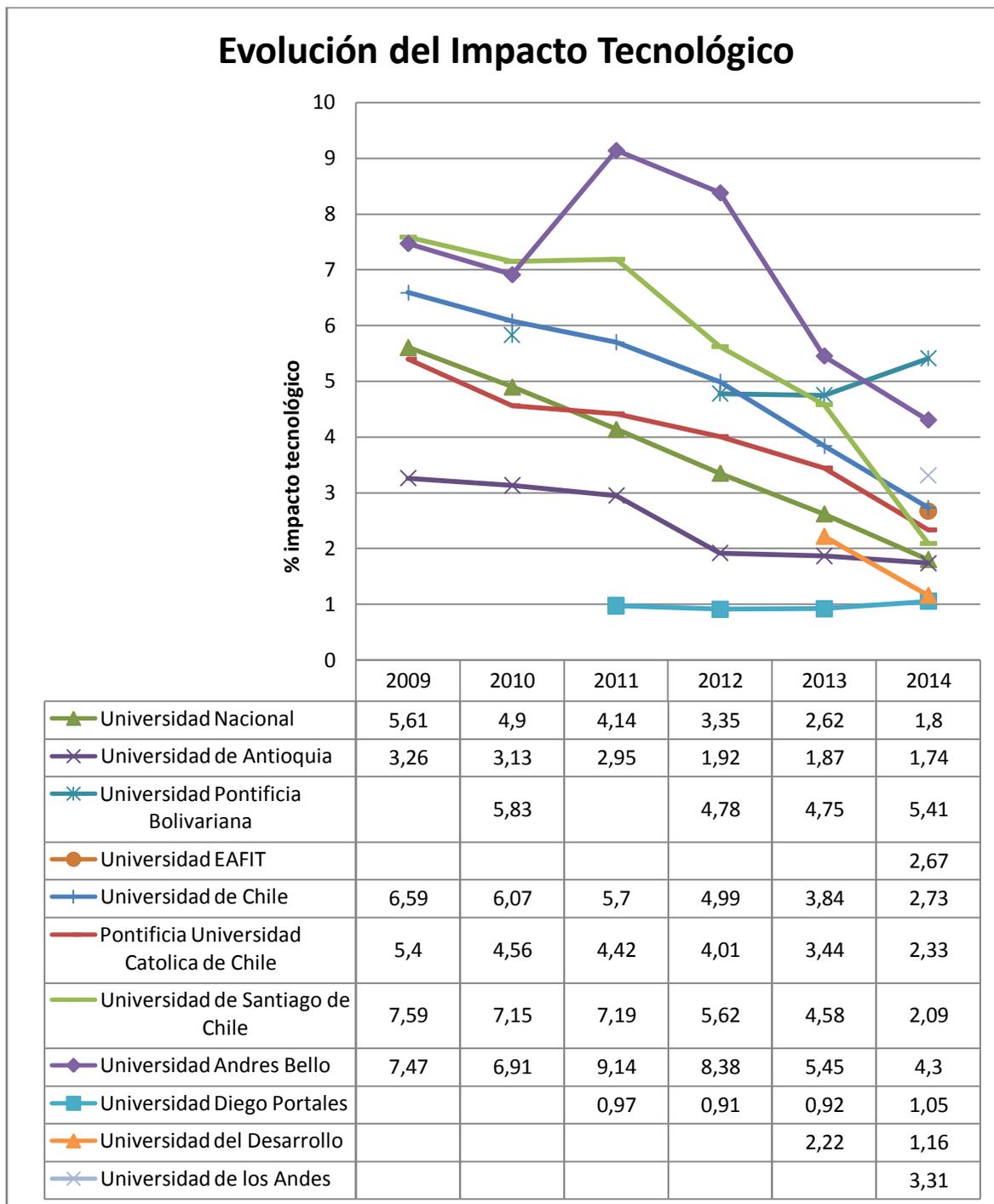
i=primer año del que se cuenta con información

Valores en porcentaje. Calculado con datos de la tabla 4.

Fuente: SCimago Institutions Rankings

Cálculos: elaboración propia

Ilustración 9. Evolución del impacto tecnológico



Fuente: SCimago Institutions Rankings y elaboración propia

5 CONCLUSIONES

Se consultaron fuentes de información del orden local, regional, nacional e internacional disponibles en la web para la búsqueda de los indicadores y su evolución, relacionados con los objetivos del presente trabajo. A partir de estas consultas se describieron indicadores cuantitativos sobre ciencia, tecnología e innovación de España, Estados Unidos y Chile para años recientes. La búsqueda de información de otros países evidenció que algunas publicaciones sobre indicadores de CTi no son de libre acceso o necesitan una vigilancia tecnológica más exhaustiva.

Los indicadores que reporta cada país sobre CTi tienen diferencias en cuanto a su medición, toma de datos y reporte de información. Los indicadores de CTi de Estados Unidos están relacionados con la educación en todas sus etapas y con la fuerza de trabajo luego de terminar ciclos educativos. Los indicadores cuantitativos de España se relacionan con su gasto en CTi; con su comercio de productos de alta tecnología y con la relación entre estos dos campos. Los indicadores cuantitativos de Chile están enfocados a los rankings publicados por Scimago Institutions.

En la base de datos de Scimago Institutions Ranking hay indicadores complementarios a los existentes para Medellín y Antioquia. Se seleccionaron los de instituciones que publican trabajos sobre CTi: el *indicador de excelencia*, *excelencia liderada*, *colaboración internacional*, *impacto normalizado*, *conocimiento innovativo*, y finalmente, *impacto tecnológico*.

Se realizó un análisis comparativo entre la evolución de los indicadores seleccionados para las áreas metropolitanas de Medellín y Santiago de Chile. De 11 instituciones analizadas, cuatro eran instituciones de Área Metropolitana de Medellín y las siete restantes de Santiago de Chile. Se evidenció la superioridad de los indicadores de las instituciones de Santiago de Chile con respecto a la de las instituciones Antioqueñas.

No se pudo calcular la tasa de crecimiento de la Universidad EAFIT y la Universidad de los Andes debido a que tenían un solo dato para todos los indicadores. Sin embargo, se ubicaron en los gráficos donde se enseñó su posición con respecto a las otras instituciones.

Las publicaciones sobre indicadores de CTi de la Gobernación de Antioquia, sirvieron como referente contextual. SCimago Institutions Ranking sirvió como fuente de consulta para obtener indicadores cuantitativos comparables entre las áreas metropolitanas de Medellín y Santiago de Chile; esta fuente fue la que mejor se ajustó a las necesidades de la investigación, debido a que tenía la misma forma de medir los indicadores y los mismos periodos de tiempo en sus publicaciones para las dos regiones estudiadas. Otras fuentes

consultadas para hallar indicadores de las regiones estudiadas no proporcionaron suficientes datos para seleccionar indicadores comparables, estas fuentes fueron, por mencionar algunas, Colciencias, el OCyT, el Ministerio de Educación, el DANE, la RICYT, el CYTED, la FECYT, la INE, Madrid+d, la OMPI, la CEPAL, el OST y la EUROSTAT.

La Gobernación de Antioquia ha promovido los estudios sobre los indicadores cuantitativos para el Departamento en los últimos diez años.

6 ANEXOS

Tabla 11. Indicadores de Antioquia en el Plan Departamental de CTi ACTIVANTIOQUIA

Concepto	Unidad de Medida	
Recursos aplicados a I+D	Inversión en I+D respecto al PIB	
	Inversión en I+D por habitante	
	Inversión en I+D por actividad	Básica
		Aplicada
		Experimental
Inversión por tipo de agente	Empresa	
	Estado	
Proyectos en Sistema General de Regalías (SRG)	Proyectos presentados a SRG	
	Proyectos aprobados en SRG	
	Áreas de conocimiento con proyecto aprobado en SRG	
	Agentes del Sistema Departamental de CT+i (SDCT+i)	
	Recursos obtenido en s del SGR para proyectos del SDCT+i	
Personal dedicado a I+D	Investigadores	
	Apoyo a la investigación	
	Administrativos	
Densidad empresarial innovadora	Total empresas activas	
	No innovadoras	
	Potencialmente innovadoras	
	Innovadoras en sentido amplio	
	Innovadoras en sentido estricto	

Fuente: Gobernación de Antioquia, 2011. Plan Departamental de CTi ACTIVANTIOQUIA

La Universidad Nacional de Colombia con sede en Medellín, realizó en 2013 un informe llamado Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia, esta investigación fue encomendada por la Gobernación de Antioquia a esta Universidad. El informe plantea una metodología de construcción de indicadores; define indicadores de CTi para Antioquia y Medellín; realiza las fichas de los indicadores; plantea el presupuesto para la segunda fase del proyecto y culmina con las conclusiones y recomendaciones.

Para la realización del informe de indicadores de CTI para Medellín y Antioquia también participaron la Universidad Pontificia Bolivariana y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

La propuesta del trabajo es una batería de indicadores con el objetivo de monitorear el estado de la actividad en ciencia, tecnología e innovación (ACTI) para el departamento de Antioquia y el Municipio de Medellín. Para la construcción de los indicadores, se utilizó como referente la Metodología de Línea Base en CTI del OCyT, que a su vez, se basa en la Metodología de Construcción de Línea Base del DANE (Robledo et al., 2012a).

El trabajo colaborativo de las instituciones recientemente mencionadas permitió la formulación del proyecto “indicadores de CTI para Antioquia y Medellín”; las fases que componen su estructura son:

Fase 1: definición de los indicadores a construir.

Fase 2: construcción de indicadores de línea base (a 2011) y actualización (a 2012).

Fase 3: actualización de los indicadores al 2013.

Fase 4: actualización de los indicadores al 2014 y 2015 (para el último año, indicadores parciales o proyectados).

El informe Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia, reporta el proceso de caracterización del primer conjunto de indicadores pertinentes. El informe también trata la metodología de construcción de indicadores, luego del balance inicial, se identificaron y se caracterizaron las fuentes de información, además, obtiene el diseño básico de la estructura de indicadores.

El informe presenta una matriz de indicadores priorizados, con 11 categorías temáticas obtenidas a partir de los análisis previos. Luego se presenta la caracterización de cada indicador en fichas compilatorias de la información básica obtenida del indicador, como información general, metodología de cálculo y fuentes de información. Finalmente se presenta una estimación de costos de cálculo de la línea base de indicadores descritos al año 2011, que se tratan en la fase 2 del proyecto (Robledo et al, 2012b).

La tabla 12 enseña los indicadores que se analizaron de la política municipal con base en el plan estratégico de CTi de Medellín y las necesidades de indicadores expresadas por Ruta-n (Robledo et al, 2012).

Tabla 12. Indicadores de Ruta-N

Categoría	Indicador
Indicadores de Inversión en CTi	Inversión en CTi
	Inversión en I+D
	Inversión en servicios científicos y tecnológicos
	Incentivos tributarios
	Investigación en servicios científicos y tecnológicos
Indicadores de innovación empresarial	proyectos de innovación empresarial
	inversión en innovación empresarial
	demografía de empresas innovadoras
	personal ocupado en actividades de innovación empresarial
Indicadores de capacidades de C Ti	proyectos de I+D
	Grupos de investigación
	Personal en I+D
	Proyectos de CTi
	Proyectos de extensión universitaria
Indicadores de emprendimiento innovador y de base tecnológica	Demografía de emprendimiento empresarial
	Inversión en emprendimiento empresarial
	Demografía y perfil de los emprendedores
	Capital de riesgo invertido en emprendimiento
	Número de empresas de base tecnológica generadas desde universidades y centros de investigación (spin-off)
Indicadores de colaboración y redes	Caracterización de redes
	Alianzas estratégicas
	Flujos internacionales de conocimiento
	Convenios de cooperación internacional
	proyectos colaborativos
	Financiación de la cooperación internacional
	demografía de empresas innovadoras (que cooperan)
Indicadores de educación superior	Estudiantes graduados de programas de educación superior
	Instituciones y programas de educación superior
	Matricula en instituciones de educación superior

Continuación de la Tabla 13. Indicadores de Ruta-N

Categoría	Indicador
Indicadores económicos	Indicadores de competitividad
	Indicadores económicos (crecimiento, acceso a mercados, empleo)
	inversión extranjera directa
	Exportaciones de mediana y alta tecnología
	Venta de productos de alta tecnología
Indicadores de producción científica y tecnológica	patentes de residentes
	producción científica (indefinida)
Indicadores de apropiación social de la C Ti	Indicadores de apropiación social de la CTi
Indicadores de la sociedad de la información	Ninguno
índices agregados de innovación y emprendimiento	Ninguno
indicadores de innovación social	Ninguno
indicadores ambientales	Ninguno

Fuente: Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Fase I, Universidad Nacional, 2013

Los 30 indicadores definidos por el informe Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia se presentan en la tabla 13 con sus respectivas categorías temáticas (Robledo et al, 2014).

Tabla 14. Indicadores para Medellín y Antioquia año 2013.

Categoría temática	Indicador
inversión en ciencia, tecnología e innovación	Inversión en ACTi como % del PIB en Medellín
	Inversión en I+D como % del PIB en Antioquia
	Inversión en I+D como % del PIB en Medellín
	Inversión en ACTi como % del PIB en Antioquia
	Incentivos tributarios otorgados por actividades de CTi a entidades asentadas en Medellín
Educación superior	Número de becas de educación superior en Antioquia
	Número de graduados de IES en Antioquia
	Número de graduados de IES en Medellín
	Número de IES en Antioquia
Capacidades en ciencia, tecnología e innovación	Número de grupos de investigación reconocidos por Colciencias avalados al menos por una institución en Antioquia
	Número de grupos de investigación reconocidos por Colciencias avalados al menos por una institución en Medellín
	Personal de I+D en Antioquia (investigadores vinculados a grupos)
	Personal de I+D en Medellín (investigadores vinculados a grupos)
Producción bibliográfica y títulos de propiedad industrial	Número de artículos publicados en revistas indexadas de autores afiliados a instituciones en Antioquia
	Número de artículos publicados en revistas indexadas de autores afiliados a instituciones en Medellín
	Número de patentes solicitadas por residentes en Antioquia
	Número de patentes solicitadas por residentes en Medellín

Continuación de la Tabla 15. Indicadores para Medellín y Antioquia año 2013.

Categoría temática	Indicador
Innovación empresarial	Número de empresas por grado de innovación en Antioquia
	Número de empresas por grado de innovación en Medellín
	Inversión en actividades conducentes a la innovación empresarial en Antioquia
	Inversión en actividades conducentes a la innovación empresarial en Medellín
	Personal ocupado en las empresas que participa en actividades de innovación en Antioquia
Emprendimiento innovador y de base tecnológica	Capital de riesgo invertido en emprendimiento en Medellín
Vinculación y redes	Condiciones de la red, para Medellín y Antioquia
	Eficacia de la red, para Medellín y Antioquia
Apropiación social de la CTi	Inversión departamental en iniciativas de apropiación social de la C Ti
	Inversión de la Alcaldía de Medellín en iniciativas de apropiación social de la C Ti
Sociedad de la información	Uso de TIC en hogares
Ambiente	Huella ecológica
Económicos	Exportaciones de mediana y alta tecnología de Medellín

Fuente: Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Fase I, Universidad Nacional, 2013

La fase 2 del proyecto tiene dos entregas; una es un informe impreso y la otra es un boletín electrónico de menor extensión que el informe impreso. Las dos publicaciones son llamadas “Indicadores de Ciencia, Tecnología e innovación para el Departamento de Antioquia” donde se muestra el cálculo de 13 indicadores de ciencia tecnología e innovación que fueron clasificados como de complejidad baja y media en estudios anteriores (Manrique et al, 2014).

En el informe impreso se describe la contratación celebrada entre la Universidad Pontificia Bolivariana y la Gobernación de Antioquia, además se reportan las fichas técnicas de los indicadores calculados teniendo 2011 como año base y publicando información de 2012 para los indicadores que cuenten con esta información mientras se ejecuta el proyecto.

Tabla 16. Indicadores de CTI en Antioquia año 2014.

Categoría temática	Indicador
Inversión en ciencia, tecnología e innovación	Inversión en ACTI como % del PIB en Antioquia
	Inversión en I+D como % del PIB en Antioquia
	Proyectos aprobados en el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTel) del Sistema General de Regalías (SGR)
Capacidades en ciencia, tecnología e innovación	Número de grupos de investigación reconocidos por Colciencias avalados al menos por una institución en Antioquia
	Personal de I+D en Antioquia (Investigadores vinculados a grupos)
Producción bibliográfica y títulos de propiedad industrial	Número de artículos publicados en revistas indexadas de autores afiliados a instituciones en Antioquia
	Número de patentes solicitadas por residentes en Antioquia
Innovación empresarial	Número de empresas por grado de innovación en Antioquia
	Inversión en actividades conducentes a la innovación empresarial en Antioquia
Educación Superior	Número de IES en Antioquia
	Número de graduados de IES en Antioquia
	Número de becas de educación superior en Antioquia
Sociedad de la información	Uso de TIC en Antioquia

Fuente: Informe Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación para el departamento de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, 2014.

BIBLIOGRAFÍA

- Aud, S., Hussar, W., Planty, M., Snyder, T., Bianco, K., Fox, M., ... Drake, L. (2010). *The Condition of Education: 2010* (p. 28). Washington: National Center for Education Statistics (NCES).
- BOLAÑOS, V. (2013, Noviembre 14). El gasto en I+D sigue descendiendo en España, con un 5,6% menos en 2012 respecto a 2011. Obtenido en Noviembre 10, 2014, desde <http://www.rtve.es/noticias/20131114/gasto-id-sigue-descendiendo-espana-56-menos-2012-respecto-2011/791621.shtml>
- CEPAL. (2015). CEPAL - Página. Obtenido en Marzo 25, 2015, desde <http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/comercio/noticias/paginas/1/34401/P34401.xml&xsl=/comercio/tpl/p18f.xsl&base=/comercio/tpl/top-bottom.xsl>
- Chabbal, R. (1990a). *Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data*. (OCDE, Ed.) (p. 10). París.
- Chabbal, R. (1990b). *Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data*. (OCDE, Ed.) (p. 2).
- COLCIENCIAS. (2013). Sobre COLCIENCIAS. Obtenido en Noviembre 06, 2013, desde http://www.colciencias.gov.co/sobre_colciencias
- Contreras, J. (2000). *Diseño de Un Sistema de Indicadores de Innovación Tecnológica para Antioquia*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Cotec. (2014a). *Informe Cotec 2014: Tecnología e Innovación en España* (p. 40). Madrid.
- Cotec. (2014b). *Informe Cotec 2014: Tecnología e Innovación en España* (p. 21). Madrid.
- Cotec. (2014c). *Informe Cotec 2014: Tecnología e Innovación en España* (pp. 34–35). Madrid.
- CYTED. (2013). Presentación. Obtenido en Noviembre 11, 2013, desde http://www.cytcd.org/cytcd_informacion/es/presentacion.php?nocache=1384214445

- El Mundo, & EuropaPress. (2014, Marzo 24). La inversión española en I+D cae un 7% desde el inicio de la crisis | Innovadores | EL MUNDO. Obtenido desde <http://www.elmundo.es/economia/2014/03/24/53306d1bca474135348b457a.html>
- Espinoza, C. (2015). Gobierno anuncia comisión para crear futuro ministerio de ciencia. Obtenido en Febrero 21, 2015, desde <http://www.latercera.com/noticia/tendencias/2015/01/659-614358-9-gobierno-anuncia-comision-para-crear-futuro-ministerio-de-ciencia.shtml>
- Fagerberg. (2007). Why some countries Prosper While Others Fall Behind. The Competitiveness of Nations. *The Competitiveness of Nations*, 1595 – 1620.
- Fajardo, S. (2012). Plan de Desarrollo de Antioquia: Presentación. Retrieved March 24, 2015, from http://www.antioquia.gov.co/Plan_de_desarrollo_2012_2015/PDD_FINAL/PDD_FINAL/2_Presentacion.pdf
- FECYT. (2014). FECYT. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Obtenido en Octubre 11, 2014, desde http://www.fecyt.es/fecyt/seleccionarMenu1.do?strRutaNivel1=;la32fundaci243n&tc=gobierno_consejos
- Gurry, F., BERNARD, A., DUTTA, S., ESCALONA, R., LANVIN, B., & WUNSCH, S. (2014). *The Global Innovation Index 2014: The Human Factor in Innovation* (p. xviii). Geneva. Obtenido desde http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/en/economics/gii/gii_2014.pdf
- INE. (2014a). INE. Obtenido en Septiembre 12, 2014, desde http://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=Page&cid=1254735910183&p=1254735910183&pagename=INE/INELayout
- INE. (2014b). INE. Obtenido en Septiembre 12, 2014, desde http://www.ine.es/inebmenu/mnu_imasd.htm
- Madrid+d. (2014). Indicadores de Ciencia y Tecnología. Obtenido en Septiembre 12, 2014, desde <http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/indicadores/>
- Manrique, J. (2012). *El uso energético y la innovación en la industria colombiana a partir de encuestas oficiales*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Manrique, J. (2014a). *Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Departamento de Antioquia. Informe Final impreso Fase 2* (p. 2). Medellín.
- Manrique, J. (2014b). *Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Departamento de Antioquia. Informe Final impreso Fase 2* (pp. 5–28). Medellín.

- Manrique, J., Et, & Al. (2014). *Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Departamento de Antioquia. Informe Final impreso Fase 2* (p. 119). Medellín.
- NSB. (2014a). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–7). Arlington VA.
- NSB. (2014b). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–12). Arlington VA.
- NSB. (2014c). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–13). Arlington VA.
- NSB. (2014d). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–27). Arlington VA.
- NSB. (2014e). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–29). Arlington VA.
- NSB. (2014f). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 2–31). Arlington VA.
- NSB. (2014g). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 3–7, 3–8, 3–9). Arlington VA.
- NSB. (2014h). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 4–9, 4–10, 4–11). Arlington VA.
- NSB. (2014i). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 4–31 4–32). Arlington VA.
- NSB. (2014j). *Science and Engineering Indicators 2014* (pp. 5–8 hasta 5–23). Arlington VA.
- OCDE. (1995). *The Measurement Of Scientific And Technological Activities. Manual Of The Measurement Of Human Resources Devoted To S&T “Canberra Manual”* (pp. 2, 8). París.
- OCDE. (2002). *Manual de Frascati Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. (FECYT, Ed.) (p. 3). París.
- OCDE. (2005). *Manual de OSLO Guía para la Recogida e Interpretación de Datos Sobre Innovación* (pp. 56–57). París.
- OCDE. (2009). *Manual de Estadísticas de Patentes de la OCDE* (p. 14 y 148). París.
- OCDE, & EUROSTAT. (2005). *Manual de OSLO Guía para la Recogida e Interpretación de Datos Sobre Innovación* (p. 20). París.
- OCyT. (2014). OCyT Información institucional. Obtenido en August 22, 2014, desde <http://ocyt.org.co/es-es/informacion-institucional>
- OCDE. (2005). *OSLO MANUAL The Measurement of scientific and technological activities. proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data*. (O. Publications, Ed.). París.

- OCDE. (2014). About the OCDE. Obtenido en August 22, 2014, desde <http://www.OCDE.org/about/>
- OMPI. (2014). La OMPI por dentro. Obtenido en Septiembre 23, 2014, desde <http://www.wipo.int/about-wipo/es/>
- ONU. (2013). Naciones Unidas: Comisiones regionales. Obtenido en Septiembre 08, 2014, desde <http://www.un.org/es/development/desa/regions.shtml>
- OST. (2014). Observatoire des Sciences et des Techniques. Obtenido en Octubre 07, 2014, desde <http://www.obs-ost.fr/page/presentation>
- OVTT. (2014). OCDE | OVTT. Obtenido en Septiembre 24, 2014, desde <http://www.ovtt.org/ocde>
- Pinnell, D. (2015). What is Title IV? Obtenido en Febrero 02, 2015, desde <http://www.dpinnell.com/TitleIVAgencies.htm>
- Pulso. (2013). Chile será el país OCDE con mayor crecimiento económico durante 2014 y 2015. Obtenido en Febrero 21, 2015, desde <http://www.pulso.cl/noticia/economia/economia/2013/11/7-33544-9-chile-sera-el-pais-ocde-con-mayor-crecimiento-economico-durante-2014.shtml>
- Ramos, L. A., Valderrama, M., Rendon, J., & Uribe, A. (2011a). *Activa Antioquia. Plan Departamental de CT+i* (p. 5). Medellín.
- Ramos, L. A., Valderrama, M., Rendon, J., & Uribe, A. (2011b). *Activa Antioquia. Plan Departamental de CT+i* (pp. 115–118). Medellín.
- Rehn, C., Wadskog, D., Gornitzki, C., & Larsson, A. (2014). Bibliometric Indicators - Definitions and Usage at Karolinska Institutet. Obtenido en May 20, 2015, desde http://kib.ki.se/sites/default/files/bildarkiv/Dokument/bibliometric_indicators_2014.pdf
- RICYT. (2013a). Calculados. Obtenido en Noviembre 11, 2013, desde <http://db.ricyt.org/query/CO/1990,2010/calculados>
- RICYT. (2013b). Objetivos. Obtenido en Noviembre 11, 2013, desde http://www.ricyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=10
- Robledo, J. (2012a). *Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Informe Final Fase 1* (pp. 26–27). Medellín.
- Robledo, J. (2012b). *Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Informe Final Fase 1* (pp. 65–101). Medellín.
- Robledo, J. (2014). *Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Informe Final Fase 1* (pp. 45–64). Medellín.

- Robledo, J., Et, & Al. (2012a). *Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Informe Final Fase 1* (p. 124). Medellín.
- Robledo, J., Et, & Al. (2012b). *Indicadores de CTi para Medellín y Antioquia Informe Final Fase 1* (pp. 4–5). Medellín.
- Roman, L., & Bowie, A. (2010). *Propuesta de una metodología para la evaluación de proyectos de I+D+i en convocatorias de proyectos de innovación*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Sampieri, R., & Collado, C. (1997). *Metodología dela investigación* (p. 69).
- SCimago. (2015a). Scimago Institutions Rankings. Obtenido en June 18, 2015, desde <http://www.scimagoir.com/index.php>
- SCimago. (2015b). SJR - About Us. Obtenido en May 27, 2015, desde <http://www.scimagojr.com/aboutus.php>
- SCIMAGO, & CONICYT. (2013a). *Principales indicadores cientiométricos de la actividad científica chilena 2011* (p. 42 43). Valparaiso: SCimago Lab.
- SCIMAGO, & CONICYT. (2013b). *Principales indicadores cientiométricos de la actividad científica chilena 2011* (p. 79). Valparaiso: SCimago Lab.
- SCIMAGO, & CONICYT. (2013c). *Principales indicadores cientiométricos de la actividad científica chilena 2011* (p. 87). Valparaiso: SCimago Lab.
- Simagoir. (2015). SIR Methodology. Obtenido en May 14, 2015, desde <http://www.scimagoir.com/methodology.php>
- SINERGIA-DNP. (2012). *Guía para la construcción de indicadores* (p. 15). Bogotá.
- Tanaka, N. (2006). Manual de Oslo. Obtenido en Noviembre 05, 2013, desde http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OCDEOsloManual05_spa.pdf
- UIS-UNESCO. (2001). Manual de Bogotá. Obtenido en Noviembre 06, 2013, desde http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/Bogota Manual_Spa.pdf
- UN. (2013). ACERCA DE LA CEPAL. Obtenido en Septiembre 08, 2014, desde <http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/noticias/paginas/3/43023/P43023.xml&xsl=/tpl/p18f-st.xsl&base=/tpl/top-bottom.xsl>
- UVa. (2015). Tasas de Variación: Variación Relativa. Obtenido en Marzo 25, 2015, desde <http://www.eco.uva.es/estadmed/datos/series/series5.htm>