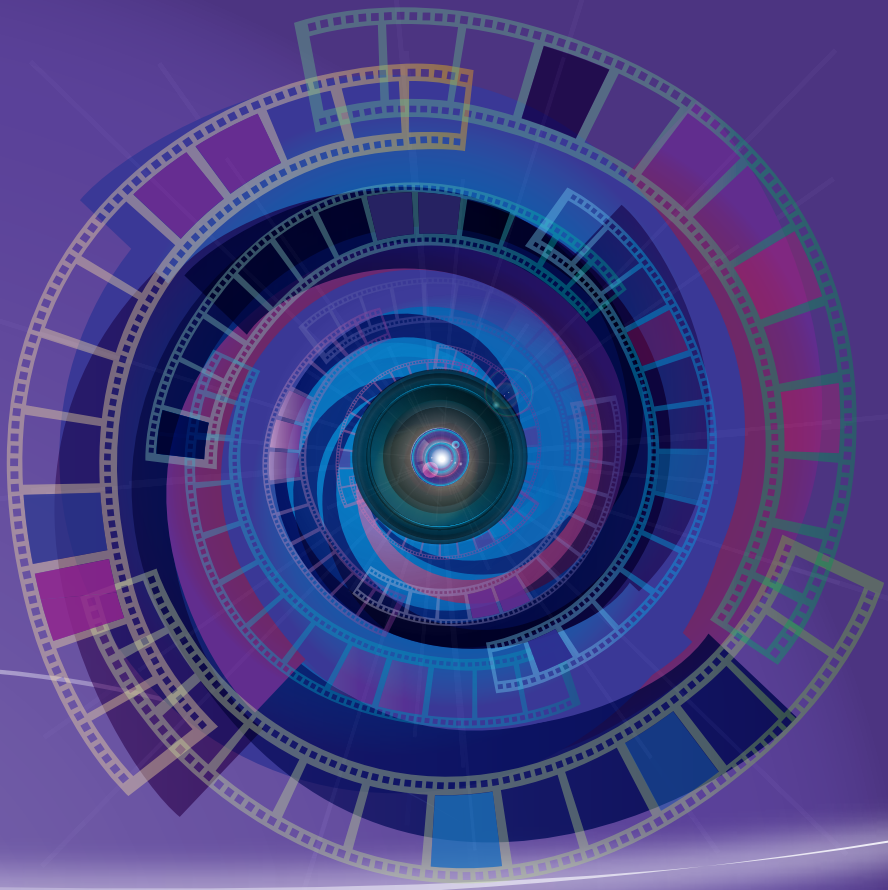


Observando el Sistema Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos

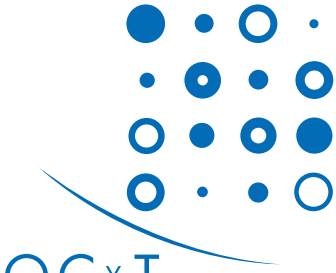
OCyT
OBSERVATORIO COLOMBIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Observando el Sistema Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos

Lucio, Jorge
Observando el Sistema Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos / autor editor Jorge Lucio. -- Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2013.
428 p.; 24 cm.
Incluye índices.
ISBN 978-958-57775-5-2
1. Desarrollo científico y tecnológico - Colombia 2. Política científica - Evaluación - Colombia 3. Investigación científica - Financiación - Colombia 4. Innovaciones tecnológicas - Colombia 5. Producción científica - Colombia 6. Ciencia y tecnología - Percepción pública - Colombia I. Tít.
303.483 cd 21 ed.
A1423553

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Observando el Sistema Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos



OCyT

OBSERVATORIO COLOMBIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Autores: Jorge Lucio, Diana Lucio-Arias, Mónica Salazar, Cristhian Ruiz, Edgar Bueno, Jose Montes, Juliana Velandia, Oscar Navarro, Dalila Henao, Sandra Carolina Rivera Torres, César Pallares, Jenny Cárdenas-Osorio, Marcela Galvis-Restrepo, Andrea Guevara, Luis Colorado, Erika Sánchez, Henry Mora, Nelson Fabián Villarreal, Clemencia Navarro, Sandra Daza-Caicedo, Edwin Bernal, Marcela Lozano-Borda, Gustavo Crespi, Lucas Figal Garone, Alessandro Maffioli, Marcela Meléndez, Claudia Jimena Cuervo y Laura López Fonseca.

Comité Editorial: Diana Lucio Arias, Sandra Daza Caicedo, Jorge Lucio Álvarez Mónica Salazar Acosta.

Asistente del Comité Editorial: Andrea Guevara

Correción de estilo: Azucena Martínez

Diseño de carátula: Adriana Ramírez Salgado

Diseño y diagramación: Juan Carlos Vera Garzón

Impresión: Ediciones Antropos LTDA
PBX (57-1) 433-7701

1ª Edición: Agosto de 2013, 1.000 ejemplares

© Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología

ISBN: 978-958-57775-5-2

Está permitida la reproducción total o parcial de esta obra y su difusión telemática siempre y cuando sea para uso personal de los lectores y no con fines comerciales.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
Cra 15 No 37- 59 Bogotá, Colombia
Conmutador (57-1) 323-5059
http://www.ocyt.org.co

Índice General

Presentación *11*

Capítulo 1

Colaboraciones en Colombia, un análisis de las coautorías en el Web of Science 2001 - 2010 ..... *15*

Introducción *17*

1.1. Metodología *19*

1.2. Resultados *22*

1.2.1. Indicadores descriptivos de colaboración *25*

1.2.2. Análisis de redes *31*

1.3. Reflexiones finales *38*

Capítulo 2

Análisis de la dinámica de producción de documentos científicos en los departamentos emergentes del país (2001 - 2010) *43*

Introducción *45*

2.1. La política nacional de CTI; el fomento regional y su relación con el desarrollo económico local *47*

2.2. Metodología *51*

2.3. Resultados y análisis *54*

2.3.1. Producción bibliográfica nacional y valores de densidad y centralidad *54*

2.3.2. Análisis de la producción de documentos científicos en los departamentos "emergentes" del país *59*

2.4. Conclusiones *63*

Capítulo 3

Capacidades regionales en investigación: balance 2008 - 2011 ..... *73*

Introducción *75*

3.1. Contextualización *76*

3.2. Metodología ... 78
3.2.1. Descripción de la información utilizada ... 79
3.2.2. Propuesta de agrupaciones ... 81
3.3. Resultados ... 82
3.3.1. Gasto en I+D ... 82
3.3.2. Capacidades en I+D: grupos e investigadores ... 85
3.3.3. Programas de doctorado ... 88
3.3.4. Revistas nacionales indexadas en Publindex ... 89
3.3.5. Producción bibliográfica indexada en Scopus ... 90
3.3.6. Producción técnica: patentes de invención y modelos de utilidad ... 91
3.4. Reflexiones finales ... 99
3.5. Algunas limitaciones ... 100

Capítulo 4

Análisis del recurso humano vinculado a grupos de investigación en universidades colombianas: una aproximación a los indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas ... 105
Introducción ... 107
4.1. Aspectos conceptuales y metodológicos ... 108
4.1.1. El Currículum Vitae (CV) como insumo para el cálculo de indicadores de recursos humanos ... 109
4.1.2. Iniciativa del manual de Buenos Aires para análisis de trayectorias de recursos humanos en CyT ... 111
4.2. Resultados asociados a la aplicación del Manual de Buenos Aires en el contexto colombiano: investigadores vinculados a universidades ... 115
4.2.1. Población de análisis: investigadores vinculados a grupos de investigación en universidades colombianas ... 116
4.2.2. Composición etaria de la población de investigadores activos vinculados a grupos avalados por universidades ... 121
4.2.3. Dedicación del recurso humano a actividades de I+D ... 125
4.2.4. Indicadores de diversidad en la trayectoria de los investigadores ... 126
4.2.5. Temporalidad ... 131
4.2.6. Movilidad en la formación de los investigadores vinculados a universidades quienes reportan título de doctorado ... 134
4.2.7. Colaboración en coautoría de artículos reportados por investigadores vinculados a grupos de investigación de universidades ... 136
4.3. Reflexiones finales ... 140

Capítulo 5

Análisis de los centros autónomos de I+DT desde las áreas de la ciencia y la tecnología 147
Introducción 149
5.1. Referentes teóricos 150
5.1.1. Los centros como productores de conocimiento 150
5.1.2. Los centros como organizaciones económicas 151
5.1.3. Los centros en los sistemas de innovación 153
5.1.4. Modelo lógico 154
5.2. Antecedentes 155
5.3. Metodología 159
5.4. Análisis y resultados 162
5.4.1. Caracterización general de los centros 162
5.4.1.1. Inversión 164
5.4.1.2. Personal en I+D 165
5.4.1.3. Grupos 165
5.4.1.4. Producción 165
5.4.1.5. Análisis general 167
5.4.2. Análisis por áreas de la ciencia 169
5.4.2.1. Ciencias naturales y exactas 170
5.4.2.2. Ingeniería y tecnología 172
5.4.2.3. Ciencias médicas y de la salud 174
5.4.2.4. Ciencias agrícolas 176
5.4.2.5. Ciencias sociales y humanidades 178
5.4.3. Análisis entre áreas de la ciencia 180
5.4.3.1. Comparaciones entre áreas de la ciencia 186
5.5. Conclusiones de los análisis 187

Capítulo 6

Estudio comparativo de los resultados de las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) en la industria manufacturera en Colombia desde una perspectiva sectorial 195
Introducción 197
6.1. Medición de la innovación 198
6.2. Innovación y diferencias sectoriales 201
6.3. Metodología 202

6.4. Resultados 204
6.4.1. Inversión en actividades conducentes a la innovación 206
6.4.2. Personal ocupado en las empresas encuestadas 212
6.4.3. Resultados de innovación 216
6.5. Conclusiones 220

Capítulo 7
Una mirada a la producción de software de la comunidad científica colombiana 225
Introducción 227
7.1. Aspectos generales sobre el software 229
7.1.1. La medición de los productos de software 230
7.1.2. Registro jurídico y legal 231
7.1.3. Criterios de calidad 232
7.2. Metodología 234
7.3. Resultados 240
7.3.1. Producción de software 240
7.3.2. Registros por entidad territorial 241
7.3.3. Características de la producción de software registrado por investigadores 243
7.3.4. Tipo de producto o subcategoría 243
7.3.5. Medio de divulgación 245
7.3.6. Idioma 246
7.3.7. Información sobre registro legal o jurídico del producto 246
7.3.8. Características de la producción de software registrada por grupos 247
7.3.9. Grupos de investigación que registraron productos de software 248
7.3.10. Numero de productos registrados por categoría de grupo 249
7.3.11. Registro de productos de software por área del grupo 250
7.3.12. Instituciones referenciadas en el registro de productos de software 252
7.4. Conclusiones 254

Capítulo 8
Percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia. Encuestas nacionales 1994, 2004 y 2012 263
Introducción 265

8.1. Encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología 266
8.2. Aspectos metodológicos de las tres encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia 268
8.3. Comparativo de resultados 270
8.3.1. Información sociodemográfica de los encuestados 270
8.3.2. Interés e información 272
8.3.3. Actitudes y valoración 277
8.3.4. Apropiación social de la ciencia y la tecnología 294
8.3.5. Políticas y participación ciudadana 298
8.4. Conclusiones 305

Capítulo 9

Una mirada a la medición de la apropiación social de la ciencia y la tecnología a la luz del programa Ondas 311
Introducción 313
9.1. Metodología 315
9.2. Una mirada al programa ondas a través de sus indicadores 316
9.2.1. Antecedentes 316
9.2.2. Estructura organizativa 319
9.2.2.1. Organización departamental y nacional 320
9.2.2.2. Los niños y los jóvenes de Ondas 322
9.2.2.3. Los maestros 327
9.2.2.4. Los facilitadores 328
9.2.3. Los recursos invertidos 330
9.3. Aportes a la medición de ondas a partir de los estudios de percepción de la ciencia: una reflexión desde la encuesta de jóvenes 333
9.4. Hacia la construcción de variables 337
9.5. Conclusiones 339

Capítulo 10

Apoyo público a la innovación: la experiencia de Colciencias en Colombia 345
Introducción 347
10.1. Antecedentes y marco institucional del programa Colciencias 350
10.2. La racionalidad de los programas de innovación en Colciencias 352
10.3. Evaluación de los fondos de Colciencias: preguntas de investigación 354
10.4. Descripción de los datos 355

10.5. Metodología ... 357
10.6. Resultados ... 358
10.6.1. Datos en panel: muestra completa ... 358
10.6.2. Muestra de soporte común ... 359
10.7. Conclusiones ... 362

Capítulo 11

Regalías para la ciencia, la tecnología y la innovación: el caso colombiano ... 369
Introducción ... 371
11.1. Revisión internacional sobre el uso de regalías para CTeI ... 372
11.1.1. Bajo desempeño latinoamericano en la inversión en CTeI ... 372
11.1.2. Caso Chile ... 374
11.1.3. Caso Brasil ... 377
11.1.4. Lecciones de estas experiencias ... 379
11.2. Regalías para la CTeI: caso colombiano ... 380
11.2.1. Marco normativo ... 381
11.2.2. Retos para la formulación y aprobación de programas y proyectos ... 385
11.2.3. Principales resultados 2012 ... 389
11.2.4. Lecciones ... 400
11.3. Retos para la inversión en CTeI a través de recursos de regalías ... 401
11.4. Conclusiones ... 404
Índice de tablas ... 409
Índice de gráficas ... 417
Índice de mapas ... 423

Anexo

Siglas y acrónimos ... 425

Presentación

Con esta publicación el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) inicia una nueva fase editorial. Desde 2007, en el informe anual *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia* venimos alternando una edición de bolsillo con una versión impresa ampliada, que incluye capítulos de análisis o asuntos metodológicos. A partir de este año (2013) estos se transforman en dos productos editoriales totalmente diferenciados.

Por un lado, mantendremos la edición anual de los indicadores de ciencia y tecnología en sus formatos impreso y digital, fortaleciendo este último y haciéndolo disponible para los diferentes dispositivos móviles. Por otro lado, estarán los análisis que se inauguran con el presente título: Observando el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos, en el cual se ofrece una mirada más profunda y desde diversas perspectivas —incluyendo aportes de investigadores invitados— a distintos aspectos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), y que permite acercarnos a las dinámicas de ciertos actores y a los resultados de sus actividades.

Esta obra constituye una muestra más de las capacidades de investigación, análisis y generación de valor agregado que tiene el OCyT, las cuales ciertamente trascienden la recolección e integración de información y el diseño y producción de indicadores. Como producto de investigación, ejemplifica la diversidad de trabajos que se realizan en este organismo, así como sus procesos informales de formación en los temas que le son propios, toda vez que en ella se incorporan resultados de los proyectos desarrollados por jóvenes investigadores.

En la presente edición se incluyen dos capítulos basados en información sobre la producción bibliográfica de autores afiliados a instituciones colombianas. En el primero (capítulo 1) Lucio-Arias hace un análisis de las coautorías con el propósito de evidenciar diferencias que, en materia de colaboración, se dan entre las distintas áreas de la ciencia; en el segundo Ruíz, Bueno, Montes, Velandia, Navarro y Henao dan una mirada nacional en la que se examinan las diferentes temáticas de investigación que predominan en las entidades territoriales.

Una de las capacidades que ha desarrollado el OCyT es el conocimiento y el manejo que hace de diversas fuentes de información, bien sean propias o de otras entidades nacionales o internacionales. En esta ocasión, dicho saber ha sido capitalizado en dos capítulos donde utilizamos como fuente primaria la información de la plataforma ScienTI administrada por Colciencias: en el que Rivera-Torres, Pallares, Cárdenas-Osorio y Galvis-Restrepo presentan una caracterización del recurso humano asociado a grupos de investigación en las universidades, a partir de la propuesta del Manual de Buenos Aires formulada por la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (capítulo 4); y Navarro, Daza-Caicedo y Bernal hacen un análisis de las carac-

terísticas y las problemáticas que existen al registrar información sobre la producción técnica, en particular la producción de software (capítulo 7).

En cuanto a los actores del SNCTI, también a partir de diferentes fuentes de información se hace una aproximación a los centros de investigación y desarrollo tecnológico, los ciudadanos, las empresas del sector manufacturero y los beneficiarios del programa Ondas. En primer lugar, Guevara, Bueno, Colorado, Salazar y Lucio basados en dos proyectos desarrollados por el OCyT —el diseño de un modelo de caracterización de los centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico y el cálculo anual de la inversión nacional en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI)— se analiza la inversión, los recursos humanos y la producción científico-técnica de dichos centros, desde la perspectiva de las áreas de la ciencia y la tecnología en la cual se inscriben (capítulo 5). En segundo lugar, Daza-Caicedo, Lozano-Borda y Bueno comparan los resultados de las encuestas sobre percepción pública de la ciencia y la tecnología (CyT) desarrolladas en Colombia (capítulo 8), incluidos los datos de la tercera Encuesta Nacional de Percepción Pública de la CyT, llevada a cabo por el OCyT, en la que se consultó a aproximadamente 6.000 ciudadanos con el propósito de identificar la opinión y actitudes de los colombianos sobre estos temas, y aportar insumos para mejorar los procesos de apropiación social del conocimiento y las políticas de CTI en el país. Un tercer actor clave en el SNCTI es el sector productivo. En este caso, Lucio-Arias, Sánchez, Mora y Villarreal comparan las cuatro últimas encuestas de desarrollo e innovación tecnológica (2003 - 2010) para detectar los cambios que se presentan en sus resultados a nivel sectorial y mostrar, de manera general, el rol de la actividad económica como determinante del comportamiento innovador de las empresas (capítulo 6). Un cuarto grupo de actores son los niños, niñas y jóvenes colombianos objeto del programa Ondas de Colciencias, el cual es analizado aquí por Lozano-Borda (capítulo 9) con el objeto de proponer nuevas variables que puedan orientar la construcción de indicadores con los cuales hacer seguimiento y monitoreo de otros procesos de apropiación social de la ciencia y la tecnología.

Adicionalmente, se incluye un capítulo en el que Lucio, Montes y Lucio-Arias buscan caracterizar las dinámicas recientes (2008 - 2011) en investigación de los territorios colombianos. Utilizando el modelo insumo-producto, se hace un análisis de componentes principales para ver cómo se agrupan los departamentos del país según diversos grados de desarrollo (capítulo 3).

Otra novedad de esta obra es la inclusión de puntos de vista de autores externos al OCyT: la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre el análisis (evaluación de impacto) del programa de cofinanciamiento para la innovación de Colciencias (capítulo 10) de Crespi, Figal Garone, Maffioli y Meléndez, y la de Cuervo y López, de Colciencias, sobre la experiencia reciente de Colombia en cuanto al financiamiento de la CTI con recursos de regalías.

Por último, quisiera agradecer a los pares evaluadores externos que muy amablemente colaboraron con la preparación de este libro. Sus críticas y aportes ayudaron a hacer de esta publicación un producto de mejor calidad, pertinencia, relevancia, rigurosidad y confiabilidad, parámetros que distinguen la política editorial del OCyT.

Mónica Salazar Acosta
Directora
Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología

Capítulo 1

Colaboraciones en Colombia, un análisis de las coautorías en el Web of Science 2001 - 2010

Diana Lucio-Arias*

Resumen

En este capítulo presentamos un análisis sobre la producción bibliográfica colombiana, específicamente en lo concerniente a las colaboraciones científicas, operacionalizadas en este caso como la elaboración de documentos científicos entre dos autores o más. Nos limitamos a las publicaciones en revistas indexadas en el Web of Science (WoS) que tuvieran autores vinculados a alguna institución colombiana, clasificando las colaboraciones en nacionales, internacionales y locales de acuerdo a la afiliación de los autores. Los análisis e indicadores que presentamos están basados en una consulta realizada en WoS para el período 2001 – 2010; la clasificación cognitiva de documentos se hizo utilizando las áreas de la ciencia propuestas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Utilizamos el conteo entero para contar las colaboraciones de manera que no distinguimos entre un documento escrito por 2 o por n autores. Esto si bien facilita la visualización de las relaciones generadas entre los países y el posterior análisis de redes donde se puede observar la posición de otros países en la generación de conocimientos en Colombia, no es una metodología adecuada para realizar comparaciones del número de documentos al interior de cada una de las áreas de la ciencia. Esperamos que esta contribución anime algunas reflexiones sobre el rol de las colaboraciones en la producción de conocimientos científicos como mecanismo de transferencia de conocimiento y tecnologías pero también de agendas e intereses de investigación.

Palabras clave: Bibliometría, producción bibliográfica, coautorías, internacionalización, cooperación científica, colaboración.

* Investigadora en áreas de bibliometría e innovación, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. dlucio@ocyt.org.com
Las herramientas utilizadas para el manejo de datos bibliográficos pueden descargarse de http://www.leydesdorff.net/index.html

Abstract

Hereby we present an analysis of the collaborations established in the production of scientific documents in Colombia. We limit this study to the documents published in journals indexed in the Web of Science (WoS) which had at least one author affiliated to a Colombian institution. We classified the collaborations according to their type into national, international and local when the authors shared the same affiliation. The analysis and indicators presented in this chapter are based on information for 2001 - 2010. To classify the documents into cognitive categories we used the classification of fields of science proposed by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

We used whole number counting, instead of fractional counting, so that we consider the collaboration represented in one document written by 2 authors equally to the collaboration between n authors. This facilitates the analysis and visualization of the position of other countries in the production of scientific knowledge in Colombia, nevertheless, this is not an appropriate methodology to make comparisons. We expect to encourage some reflections on the role of collaborations in the production of scientific documents as mechanisms to transfer knowledge and technology as well as research agendas and research interests.

Keywords: Bibliometrics, bibliographic production, coauthorships, internationalization, scientific cooperation, Web of Science.

Introducción

La publicación de documentos científicos en bases de datos reconocidas se ha convertido en una manera popular de aproximarse a las capacidades científicas de un país, una institución o una región. De hecho, indicadores basados en esta información son utilizados para construir muchos de los rankings cienciométricos que se han vuelto base de comparación y en ocasiones de información para la formulación de políticas o la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología. Por esta razón, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) ha publicado, consistentemente, un capítulo sobre producción bibliográfica colombiana en cada una de sus ocho publicaciones sobre indicadores de ciencia y tecnología (OCyT, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012). En estos capítulos se han presentado indicadores descriptivos generados a partir de los resultados de las consultas de los distintos índices y bases de datos bibliográficas, principalmente Web of Science (WoS), Scopus y Publindex, aunque en la edición más reciente hace referencia a algunos de los resultados de la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc). En este capítulo abordamos con una mayor profundidad el tema de las colaboraciones que se dan en la producción de documentos, enfatizando en aquellos publicados en revistas indexadas en el WoS.

Derek Jhon de Solla Price, pionero de los estudios bibliométricos, notaba un cambio de paradigma en las prácticas científicas, en el que asociaba el incremento de documentos científicos producidos en coautoría con una transición hacia una ciencia de naturaleza altamente colaborativa (Price, 1963). Después de esto, las prácticas colaborativas entre científicos han sido reconocidas como un insumo importante en la producción de conocimientos científicos; en la difusión de conceptos, teorías y metodologías y como alternativa para el progreso científico de los países en desarrollo. Este reconocimiento ha motivado que en muchas ocasiones se busque fomentar las colaboraciones a través de la política científica. En Colombia, por ejemplo, la modalidad de cofinanciación de los proyectos de investigación o desarrollo tecnológico que hace Colciencias, exige como uno de los requisitos que exista al menos una institución ejecutora (normalmente una universidad o centro de investigación) y una institución beneficiaria (por lo general una empresa) o el financiamiento a centros de excelencia para fomentar la "articulación-colaboración entre diversos grupos de investigación y la interdisciplinariedad entre ellos" (Jaramillo Salazar, 2009). Otro ejemplo fuera de la región se da en España, donde en la década de los 90 la cooperación era inducida al financiar principal y primordialmente los proyectos respaldados por varios científicos e instituciones, al punto de hacer irónicamente la referencia a cooperación forzada (Bordons, Gómez, Fernández, Zuleta & Méndez, 1996).

Actualmente, la cooperación científica es considerada una característica inherente a la evolución de la ciencia, evolución que en ocasiones requiere de la articulación de esfuerzos —financieros, de infraestructura, humanos— que trascienden posibilidades nacionales. Este es el caso del Gran Colisionador de Hadrones, cuya infraestructura física es equivalente a la organización humana articulada en el proyecto: solo uno de sus experimentos combina 1.800 físicos trabajando en 140 institutos de investigación de 34 países del mundo (Birnholz, 2006). Proyectos como este hacen

que algunas veces se califique las colaboraciones internacionales como transnacionales ya que su propósito "trasciende intereses nacionales" (Wagner, 2004).

Desde mediados del siglo xx, cuando las colaboraciones eran esencialmente entre instituciones de un mismo país, se ha venido dando una transición en las prácticas que caracterizaban el quehacer científico hacia el incremento de la colaboración entre autores en distintos países (Beaver, 2001; Price, 1963), lo cual puede ser comprobado con la revisión de la producción científica contenida en revistas incluidas en los distintos servicios de indexación y resumen (SIR), (por ejemplo, Wagner & Leydesdorff, 2005). El incremento de estas colaboraciones tiene implicaciones importantes para países en desarrollo donde pueden, además de representar una transición hacia la ciencia global, entenderse como medio de transferencia de metodologías y conocimientos.

Es importante reconocer, sin embargo, que las colaboraciones tienen una serie de alcances, situaciones y condiciones que dependen de ciertas características específicas de las temáticas de investigación. En general, se ha encontrado que las prácticas de publicación, citación y colaboración difieren según categorías cognitivas, áreas o disciplinas científicas. Se habla de un rango de prácticas de colaboración definido por el nivel de formalidad de los medios de intercambio y divulgación de resultados, de acuerdo con los cuales las ciencias naturales y exactas estarían en un extremo y las ciencias sociales y las humanidades en el otro extremo del rango (Nederhof, Zwaan, Debruin & Dekker, 1989). En tanto las ciencias médicas y de la salud así como la ingeniería y la tecnología podrían acercarse a las prácticas de las ciencias naturales y exactas en el rango, las ciencias agrícolas se posicionarían en algún lugar en el medio. En general, se cree que mientras que las prácticas de las ciencias naturales y exactas tienen un nivel de formalidad muy establecido, donde las comunicaciones se encuentras dirigidas primordialmente a pares académicos, en las ciencias sociales y en las humanidades los medios de intercambio y divulgación de resultados son mucho más amplios respondiendo a diversidad de intereses y de audiencias (Whitley, 2000, p. 234 - 235).

Con este capítulo buscamos contribuir al análisis de las prácticas de colaboración en la producción de conocimientos científicos colombianos, específicamente aquella que resulta en documentos publicados en revistas indexadas en las bases de datos del WoS. Ya en el 2010 en el OCyT se hizo un análisis sobre las prácticas de colaboración y publicación al interior del país, lo que permitió distinguir las entidades territoriales de acuerdo con el grado de desarrollo de sus capacidades para articularse y trabajar en colaboración (Ruiz, Pardo, Usgame & Usgame, 2010). Aquí buscamos dar una mirada más nacional, distinguiendo entre prácticas de colaboración como respuesta a diferenciaciones disciplinarias o cognitivas. Este capítulo está organizado en tres secciones: a esta introducción le sigue la presentación de la metodología utilizada en el análisis que mostraremos en la sección de resultados; en los resultados presentaremos las prácticas de colaboración para todos los documentos publicados por autores asociados a instituciones colombianas y luego las colaboraciones distinguiendo entre las áreas de la ciencia y la tecnología definidas por la Organización

para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE); la tercera sección cierra el capítulo con algunas reflexiones sobre los resultados encontrados.

1.1. Metodología

El crecimiento de la ciencia en países en desarrollo se ha venido midiendo a través de datos bibliométricos compilados por los SIR. Aun a pesar de los problemas de sesgos y parcialidad por idioma y región que tiene el WoS, este ha sido reconocido como una de las autoridades en información sobre publicaciones en revistas científicas de calidad. Los análisis e indicadores de este capítulo se derivan de una consulta a dicho índice realizada en noviembre del 2011, en la que buscamos todos aquellos documentos que tuvieran autores afiliados a alguna institución colombiana en la opción de búsqueda país[1].

En bibliometría, para hacer estudios, construir indicadores y análisis cuantitativos y relacionales las colaboraciones son frecuentemente operacionalizadas con las coautorías. Estas coautorías se toman como representación de la comunicación, la cooperación y la colaboración que se da entre distintos autores para la generación de nuevos conocimientos. En el WoS las afiliaciones institucionales se dan por cada autor de un artículo. En este capítulo, nuestro objeto de investigación son precisamente los países en que se encuentran las instituciones asociadas a cada autor.

Existen distintas maneras de contar las coautorías cuando se está trabajando con colaboraciones. Entre las más utilizadas se encuentra el conteo fraccional que atribuye el crédito de autoría de manera proporcional a la cantidad total de autores que participan en un documento específico, y el conteo entero en el que cada colaboración tiene el mismo peso sin diferenciar entre la cantidad de coautores del documento. Dado que el interés de este capítulo es demostrar las relaciones que se dan entre los países y no jerarquizar ni realizar comparaciones cuantitativas (en cuyo caso se recomienda el uso de conteos fraccionarios) se utilizó la segunda opción.

Para facilitar ciertos análisis, clasificamos las colaboraciones de acuerdo con las instituciones participantes. Estas podían ser internacionales (si participaba al menos un autor afiliado a una institución internacional), nacionales (si todos los autores estaban afiliados a instituciones colombianas) y locales (si todos los autores pertenecían a la misma institución). Si, por ejemplo, un documento estaba firmado por distintos autores afiliados a varias direcciones nacionales y una internacional, este se consideró como colaboración internacional a pesar de que la mayoría de los autores fueran de instituciones nacionales.

1 En la opción de búsqueda avanzada del Web of Science usamos cu = Colombia. La fecha de la consulta es muy importante ya que los datos pueden variar de acuerdo con el momento en que se hace la consulta. Normalmente, para los tres años anteriores a la consulta el número de registros puede aumentar a medida que se indexan las revistas, pero puede suceder también que disminuyan por algunos errores en la atribución de la dirección o que cambien sustancialmente por la indexación retrospectiva de las revistas. No existe una política editorial clara del Thomson Reuters respecto a estos cambios.

Los resultados de colaboraciones de la producción científica colombiana en revistas indexadas en el WoS los presentamos como un todo; las desagregaciones de dicha producción se hizo de acuerdo con la división de áreas de la ciencia utilizada por la OCDE —ciencias naturales y exactas, ingeniería y tecnología, ciencias médicas y de la salud, ciencias agrícolas, ciencias sociales y humanidades— para establecer diferencias que se dan en las colaboraciones según particularidades disciplinarias. Un análisis más detallado de las causas de las diferencias disciplinarias en las prácticas de comunicación puede encontrarse en Whitley (2000). En la primera parte del análisis presentamos indicadores descriptivos con el propósito de contextualizar los indicadores de colaboración y las redes sociales que exponemos al final de la sección de resultados. Como se mencionó anteriormente, tomamos las redes sociales emergentes de las prácticas de coautoría de los autores para analizar las colaboraciones, y de esta manera posicionar otros países en el quehacer científico colombiano.

El archivo de texto obtenido de la consulta al WoS se convirtió en una base de datos relacional utilizando el programa ISI.exe disponible en http://www.leydesdorff.net/software/isi/index.htm. Las consultas a esta base permitieron la construcción de los indicadores descriptivos que presentamos en este capítulo. Iniciamos con una matriz asimétrica relacionando todos los artículos en las filas y los países participantes en las columnas. El número de cada celda corresponde al número total de direcciones únicas de determinado país para cada artículo; de esta manera se logró medir las colaboraciones. Para el análisis de redes convertimos la matriz asimétrica en una matriz simétrica de co-ocurrencias entre países, que visualizamos en forma de red social con la ayuda del programa Pajek. Para facilitar la comparación entre los enlaces utilizamos una normalización basada en el coseno (fórmula 1), la cual permite equiparar los vínculos al normalizar sus valores entre cero y uno, permitiendo optimizar las operaciones que se realizan en la red.

$$c\,(\text{coseno})\,\frac{1}{\sqrt{w_1 2 + w_2 2 + \cdots + w_n{}^2}} \qquad (1)$$

donde w_1, w_2, …wn, representan el peso de la relación bilateral entre dos países.

Para realizar la clasificación de los documentos de acuerdo con las áreas OCDE utilizamos las *subject categories* que se manejan en el WoS. Desafortunadamente, estas categorías son establecidas por los administradores de la base de datos de acuerdo con los lineamientos de la revista y no dan información a nivel de documento. Todos los documentos publicados en una revista tienen asignadas las mismas *subject categories* (una revista puede tener tantas *subject categories* como se considere necesario) sin tener en cuenta las particularidades del documento. Para distribuir los documentos asimilamos las *subject categories* a segundo y tercer nivel de la clasificación de disciplinas y áreas utilizadas por la OCDE. Aunque con poca frecuencia, es posible que un documento quede clasificado en más de una de las cinco grandes áreas OCDE y en estas ocasiones consideramos las diversas clasificaciones.

Vale la pena mencionar que la cobertura del WoS no es homogénea en las diferentes disciplinas. Para las ciencias naturales y exactas, por ejemplo, es considerada satisfactoria, en parte como respuesta al carácter global de este tipo de contribuciones (Lucio-Arias & Leydesdorff, 2009). Adicionalmente, el WoS ha sido criticado por bajos niveles de cobertura para países en vías de desarrollo, y por un sesgo hacia las publicaciones en inglés que conlleva a una sobrerrepresentación en sus bases de revistas en este idioma (Leeuwen, Moed, Tijssen, Visser & Van Raan, 2001). Las prácticas en la comunicación de resultados en las ciencias sociales y las humanidades favorecen el desarrollo de temas y semánticas específicas de carácter local, codificadas en los idiomas nacionales (Archambault, Vignola-Gagné, Côté, Larivière & Gingras, 2006), lo que condiciona su inclusión en las bases del WoS y, a su vez, conlleva que las revistas en estas áreas puedan estar subrepresentadas en el SIR.

En cuanto a las diferentes prácticas entre las distintas áreas de la ciencia, vale la pena mencionar las siguientes, por cuanto representan una limitación para nuestra investigación:

1. Frecuentemente, los objetos de las ciencias sociales y las humanidades tienen una índole local; como consecuencia, los resultados, por tener audiencias más locales, no circulan a través de revistas internacionales.

2. Los académicos e investigadores en las ciencias sociales y las humanidades tienden a publicar en su idioma materno.

3. Otros tipos de publicación (libros, monografías, documentos de trabajo) tienen un mayor peso en las ciencias sociales y las humanidades que en otras áreas de la ciencia.

4. En general, hay una mayor cantidad de paradigmas y teorías coexistiendo en las ciencias sociales y las humanidades. Esto hace más difícil el establecimiento de un núcleo de revistas científicas autoritativas en sus respectivos campos (Larivière, 2006).

Estas características tienen ciertas implicaciones para los métodos bibliométricos que utilizamos, los cuales han demostrado ser muy efectivos para medir la diseminación del conocimiento en las ciencias naturales y exactas pero no así para las ciencias aplicadas como las ingenierías, las ciencias agrícolas, las ciencias sociales y las humanidades (Van Raan, 2003). Esto quiere decir que no es apropiado utilizar el WoS como única fuente para estimar diferencias en las tasas de publicación por áreas de la ciencia o para construir indicadores sobre el impacto de las publicaciones, sin considerar diferencias disciplinarias. En otras palabras, es de esperarse que los indicadores construidos a partir de la información obtenida del WoS permitan observar algunas diferencias que, en materia de colaboración, se dan entre las áreas. Sin embargo, la importancia que se le reconoce a esta base ha influido a la hora de determinar la "calidad" de los artículos y ha incrementado el interés de los investigadores por publicar sus resultados en revistas indexadas en este índice.

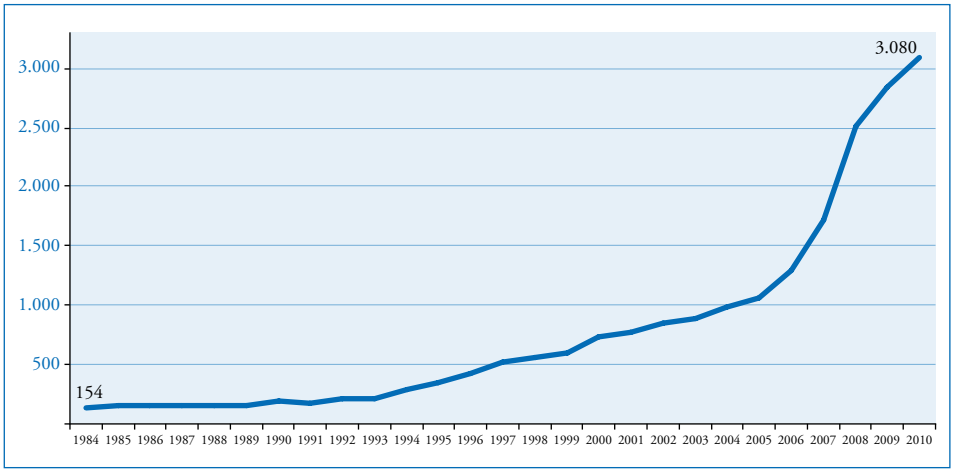
Adicionalmente, se ha estimado que la tasa de colaboración y coautoría en los libros es menor que en los artículos (Moody, 2004), razón por la cual los documentos publicados en revistas científicas indexadas en el WoS tienen una importancia informativa mayor, para efecto de analizar las colaboraciones como publicaciones conjuntas y diferenciar patrones entre áreas.

1.2. Resultados

A través de la consulta realizada al WoS en noviembre del 2011 identificamos 16.023 documentos de autores asociados a instituciones colombianas para el periodo 2001 - 2010. Estos documentos correspondieron a artículos; artículos en conferencia; resúmenes de conferencia; reseñas de libro, de capítulos de libro, de programas de radio o televisión o de software; material editorial; cartas; correcciones; artículo biográfico; capítulo de libro; ficción y prosa creativa. De todos estos, el 75,30% son artículos científicos. La predominancia del inglés que se mencionó en las limitaciones de este estudio se comprueba con un 80% de documentos publicados en este idioma frente al 19% en español. Un poco menos del 1% de los artículos se encuentran en portugués, francés, alemán, italiano, chino o croata.

En la gráfica 1.1 presentamos el crecimiento de la producción bibliográfica colombiana indexada en el WoS para el periodo 1984 - 2010, el cual, como se ve, fue significativo a partir de la década de los noventa y aún más a partir del año 2006.

Gráfica 1.1. Producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, 1984 - 2010



Fuentes: 1984 - 2000, SCI Expanded (OCyT, 2005). 2001 - 2010, Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

La gráfica 1.1 muestra un incremento importante en la cantidad de documentos de autores afiliados a instituciones colombianas, publicados en las revistas indexadas en el WoS durante el periodo 1984 - 2010. La participación de estos documentos dentro del total de la producción bibliográfica contenida en el índice creció un 976%, a una tasa anual de 20,84%. Solo en el periodo que consideramos para este estudio, 2001 - 2010, la producción colombiana en revistas indexadas creció en casi un 139% respecto al periodo 1984 - 2001 (OCyT, 2005; Web of Science, consulta noviembre 2011).

El WoS estuvo antecedido por el *Genetics Citation Index* y el *Science Citation Index* a principios de la década de los 60. Estos fueron concebidos en un principio como herramientas dirigidas a apoyar la labor académica, específicamente en lo relacionado con el acceso y búsqueda de información relevante (Wouters, 1999) y con una orientación disciplinar hacia las "ciencias duras", circunstancia que aún hoy influye en la mayor cobertura de ciertas áreas, a pesar de la inclusión dentro del WoS del *Social Science Citation Index* desde 1973 y el *Arts and Humanities Citation Index* desde 1978.

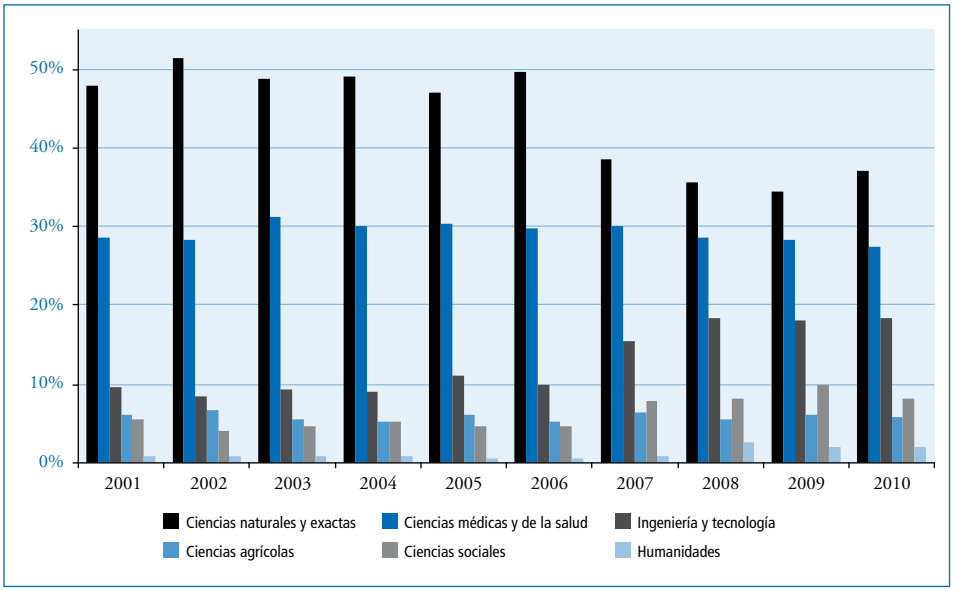
Para este estudio tuvimos en cuenta todos los documentos publicados en revistas incluidas en los tres índices[2]. De los 16.023 documentos, 40,96% se encontraban en revistas clasificadas como de ciencias naturales y exactas, el 28,88% en ciencias médicas y de la salud, 14,71% en ingeniería y tecnología, 7,13% en ciencias sociales, 1,47% en humanidades y 0,38% en revistas clasificadas como multidisciplinarias[3].

Como explicamos anteriormente, los problemas de cobertura de la base si bien pueden afectar los estudios bibliométricos en los que se comparen los resultados de investigadores sin considerar las particularidades y prácticas de publicación propias de sus disciplinas, estos no deberían ser un impedimento para la realización de análisis de colaboraciones. El WoS sigue siendo no solo una fuente de información valiosa, sino una representación confiable de las colaboraciones que se dan entre autores al utilizar el artículo como unidad básica de información.

La gráfica 1.2 nos permite visualizar cómo, a pesar de la importancia de las "ciencias duras" en el WoS, a partir del año 2007 hay un incremento en la participación de áreas diferentes a las ciencias naturales y exactas. Esta transición, si bien puede ser el resultado de una política de promoción a la publicación en revistas internacionales de alta visibilidad que se ha venido dando en el país, responde también a los esfuerzos administrativos que se han realizado con el propósito de que el índice sea más inclusivo en términos geográficos y cognitivos.

2 Un documento puede pertenecer a más de un índice.
3 A esta categoría corresponden, tanto la revista Science como Nature.

Gráfica 1.2. Distribución de la producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en el Web of Science, según área OCDE y año, 2001 - 2010



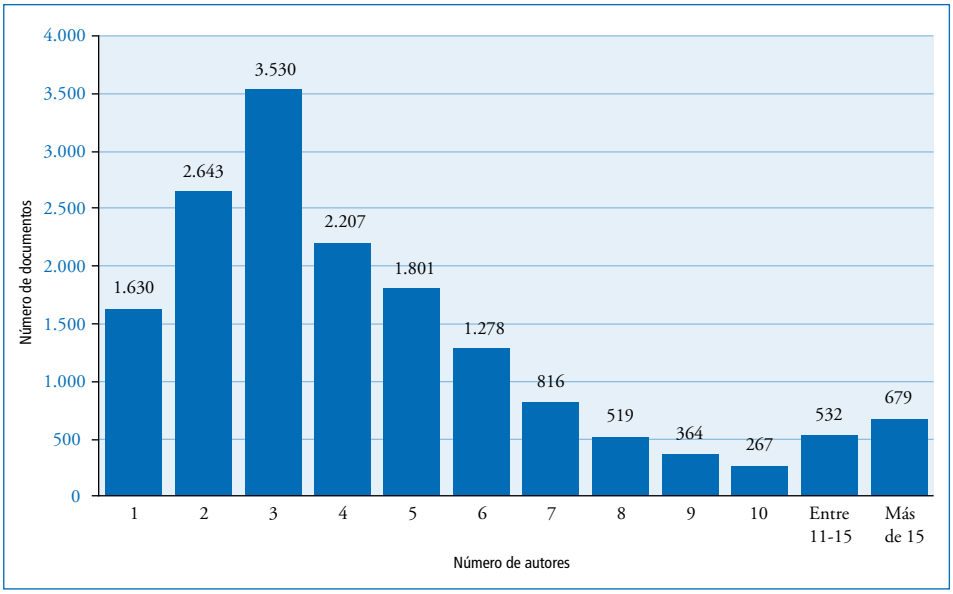
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Es interesante el caso de las ciencias médicas y agrícolas que tienen una participación estable. Particularmente, en el caso de las ciencias médicas, el análisis sobre los centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico, incluido en el capítulo 5 de este libro, destaca la eficiencia de los centros de salud medida como la relación entre su inversión y sus resultados (Guevara, Bueno, Colorado, Salazar & Lucio, 2013).

Adicionalmente se ha venido presentando un incremento importante en la participación de documentos del área de ingeniería y tecnología, acorde con un aumento de las capacidades del país en esta área: la tasa de crecimiento anual compuesto para el mismo periodo (2001 - 2010), de estudiantes graduados de programas nacionales de doctorado en ingeniería y tecnología es la más alta (34,43%) en relación con programas nacionales pertenecientes a otras áreas (OCyT, 2010, 2011)[4].

4 Le siguen las ciencias médicas y de la salud con un crecimiento de graduados de programas nacionales de doctorado de 30,20% para el periodo; ciencias sociales y humanidades 25,47%; ciencias naturales y exactas 14,41% y ciencias agrícolas 8,45%.

Gráfica 1.3. Distribución de la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, según el número de autores, 2001 - 2010



Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

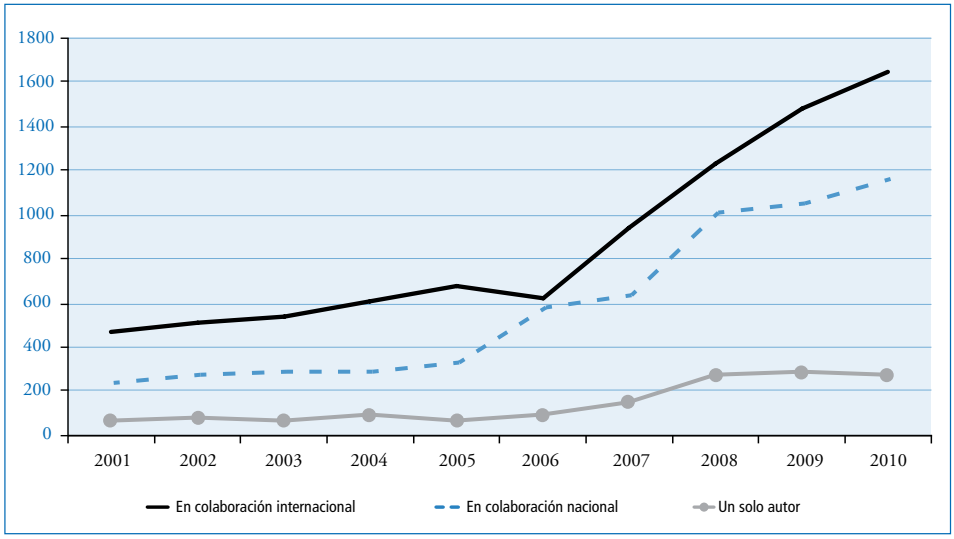
1.2.1. Indicadores descriptivos de colaboración

Iniciamos esta sección presentando algunos indicadores descriptivos que informan sobre los procesos de colaboración que se dan en el país, para enfocarnos luego en las diferencias que se presentan entre las áreas. De los 16.023 documentos identificados en el periodo, 14.932 fueron producto de la colaboración entre dos o más autores, es decir, un poco más del 93% son producidos en coautoría.

Como se aprecia, para el periodo en estudio la tasa de crecimiento de documentos producidos en colaboración es mayor que para aquellos producidos por un solo autor. Los documentos producidos por tres autores crecieron a un mayor ritmo (89%), seguidos por los producidos por dos autores (79%), cuatro autores (77%), cinco autores (73%) y en quinto lugar los de un solo autor, que tienen una tasa de crecimiento anual de 72%.

De los documentos publicados en coautoría, 8.722 involucran al menos un autor afiliado a instituciones extranjeras. Esto representa más del 58% del total de documentos producidos en colaboración. La gráfica 1.4 muestra que la producción bibliográfica nacional indexada en el WoS, entre el 2001 y el 2010, creció a una tasa mayor en artículos elaborados por más de un autor y esta se incrementa aún más para los realizados con la colaboración de al menos un autor internacional. Como mencionamos en nuestra introducción, las colaboraciones en países en desarrollo

Gráfica 1.4. Crecimiento de distintos tipos de producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, según el tipo de colaboración, 2001 - 2010



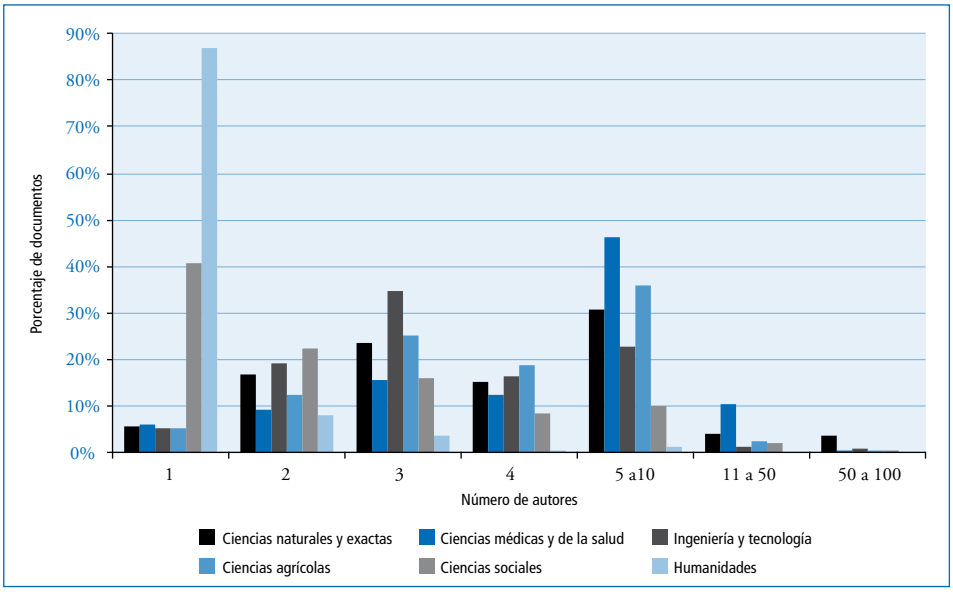
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

han sido asociadas a mecanismos de transmisión de conocimientos, métodos y metodologías; sin embargo, el incremento significativo de los artículos en colaboración con autores internacionales puede estar evidenciando un crecimiento de las capacidades nacionales y una mayor inserción de los procesos de investigación nacionales en la ciencia global. En otras palabras, el incremento de colaboraciones con otros países puede estar asociado con un desarrollo de nuestras capacidades internas, que permiten el uso y la comprensión de los conocimientos adquiridos a través de investigaciones que trascienden las fronteras nacionales (Okubo, Miguel, Frigoletto & Dore, 1992).

Como ya lo hemos mencionado, estos patrones varían de acuerdo con las prácticas particulares de las distintas áreas de la ciencia. En el libro *Indicadores de ciencia y tecnología 2011, Colombia*, se alude a estas diferencias usando la media y la mediana del número de autores por área de la ciencia en las publicaciones indexadas en el WoS. Encontramos entonces que, mientras en las ciencias sociales la distribución normal de la producción indicaba una media de dos y una mediana de 2,87 autores por documento, la anormalidad de la distribución en las ciencias naturales y exactas indicaba la magnitud de las diferencias, que incluso podía exceder los 1.000 autores (OCyT, 2011, p. 130 - 131).

En la gráfica 1.5 reproducimos la distribución de la producción bibliográfica por número de autores de acuerdo con las distintas áreas de la ciencia, lo cual nos permite evidenciar algunas diferencias entre ellas y corroborar parte de los elementos que

Gráfica 1.5. Distribución de la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, por área OCDE y número de autores, 2001 - 2010



Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

introdujimos en secciones anteriores. Mientras que las ciencias naturales y exactas, ciencias médicas y de la salud, ingeniería y tecnología y las ciencias agrícolas coinciden en que la mayoría de los documentos son publicados por un esfuerzo conjunto de 3 a 6 autores, en ciencias sociales, y sobre todo en humanidades, son más frecuentes las publicaciones de un solo autor.

En la tabla 1.1 mostramos, para el periodo, los distintos patrones que se dan entre las áreas. De los 16.023 documentos identificados, 97 no registraba *Subject Categories* por lo que no pudieron ser clasificados por área de la ciencia. Adicionalmente, 187 documentos no están clasificados por área OCDE, dado que pertenecían a revistas con una orientación multidisciplinaria.

Tanto la gráfica 1.5 como la tabla 1.1 nos permiten constatar, para el caso de Colombia, aquellas diferencias entre las distintas disciplinas que mencionamos brevemente en la introducción. Adicionalmente a las diferencias en la distribución de número de autores por documento, también es posible distinguir entre la importancia de las coautorías internacionales y las nacionales en la colaboración que se presenta en los distintos campos científicos. La característica de una aproximación a la investigación desde un enfoque de un solo investigador (Nederhof, 2006; Small & Griffith, 1974) se comprueba en los patrones de colaboración en la producción colombiana en el área de humanidades, donde el 86,76% de los documentos publi-

Tabla 1.1. Patrones de colaboración en la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, por tipo de colaboración, 2001 - 2010

Áreas OCDE[1]	Docs únicos	%Documentos de un solo autor	% Colaboración nacional	% Colaboración Internacional
Ciencias naturales y exactas	7.602	5,80%	15,44%	78,76%
Ciencias medicas y de la salud	5.347	5,84%	15,50%	78,66%
Ingeniería y tecnología	2.740	5,15%	23,03%	71,82%
Ciencias agrícolas	1.107	5,15%	17,16%	77,69%
Ciencias sociales	1.320	40,53%	13,86%	45,61%
Humanidades	272	86,76%	4,78%	8,46%
Sin clasificar	284	13,73%	7,75%	44,37%

Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT
1 Un documento puede pertenecer a más de una de las áreas OCDE, por esta razón, la suma de los documentos únicos por área de la ciencia es mayor que los 16.023 documentos asociados a autores vinculados a instituciones colombianas.

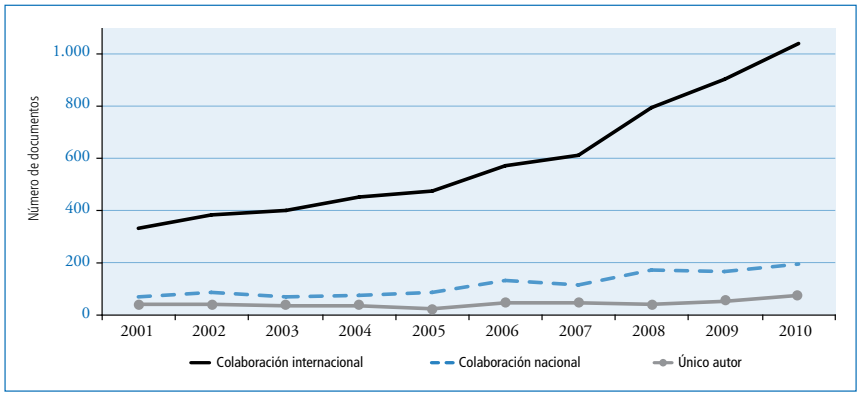
cados durante el periodo corresponden a esfuerzos de un investigador. Vale la pena mencionar que los documentos publicados en revistas que corresponden a historia o arqueología se encuentran clasificados en humanidades[5]. Aunque en ciencias sociales no predomina la publicación de autores individuales, el porcentaje con respecto al resto de las áreas evidencia que sí es frecuente.

Las gráficas 1.6 a 1.11 buscan mostrar la evolución de las publicaciones por área de la ciencia y en coautoría, distinguiendo entre colaboración nacional, internacional y único autor o en solitario.

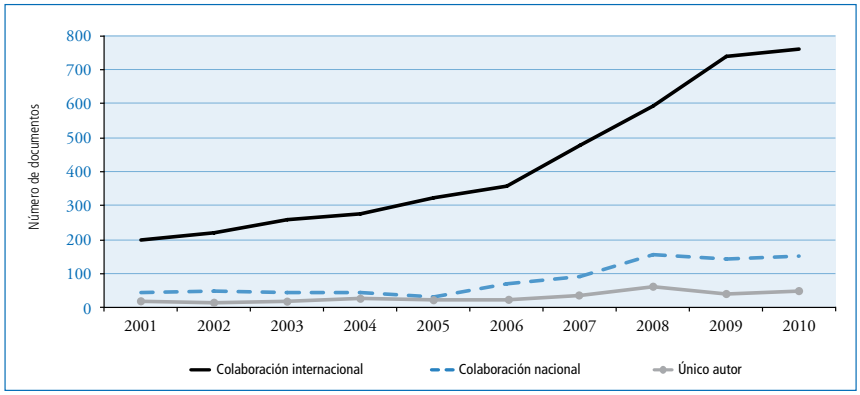
Estas gráficas nos permiten constatar que en todas las áreas, a excepción de las humanidades, el crecimiento de las colaboraciones internacionales ha sido significativo, especialmente desde el año 2006. Vale la pena notar el caso de las ciencias sociales, donde las colaboraciones nacionales caracterizan el menor número de documentos a lo largo del tiempo. Era de esperarse que características locales del conocimiento en ciencias sociales privilegiara las colaboraciones nacionales sobre las internacionales, sin embargo, esto no se dio ni siquiera en la producción bibliográfica en humanidades donde también son mayores las colaboraciones internacionales. Es posible que la orientación internacional del WoS afecte los resultados, de ser así estos podrían variar si los datos se obtienen de algún SIR más local como Publindex (Usgame & Usgame, 2010) o regional como Redalyc (Salazar-Acosta, Lucio-Arias, López-López & Aguado-López, 2010) y Scielo.

5 La clasificación propuesta por la OCDE para las áreas de la ciencia y la tecnología puede ser consultada en http://www.uis.unesco.org/ScienceTechnology/Documents/38235147.pdf

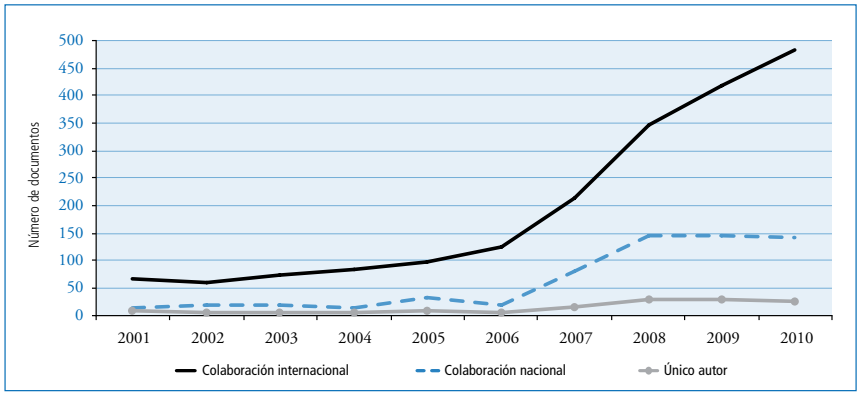
Gráfica 1.6. Producción bibliográfica en ciencias naturales y exactas por tipo de colaboración, 2001 - 2010



Gráfica 1.7. Producción bibliográfica en ciencias médicas y de la salud por tipo de colaboración, 2001 - 2010

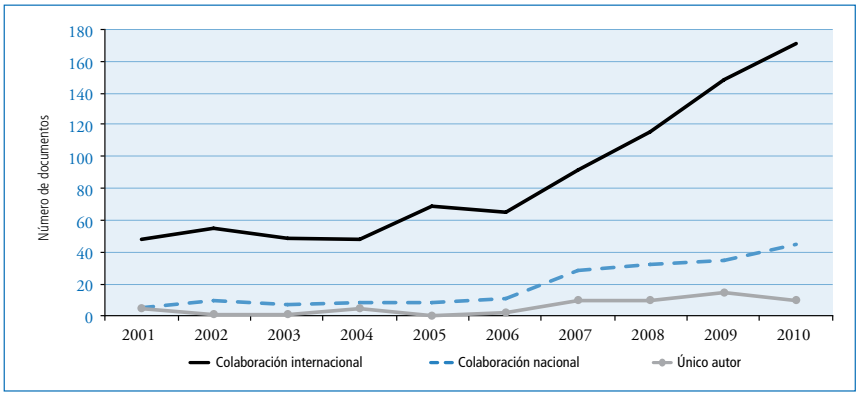


Gráfica 1.8. Producción bibliográfica en ingeniería y tecnología por tipo de colaboración, 2001 - 2010

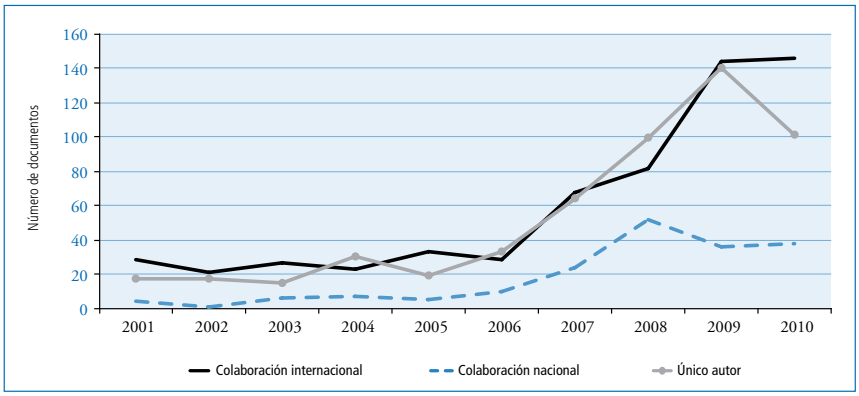


Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

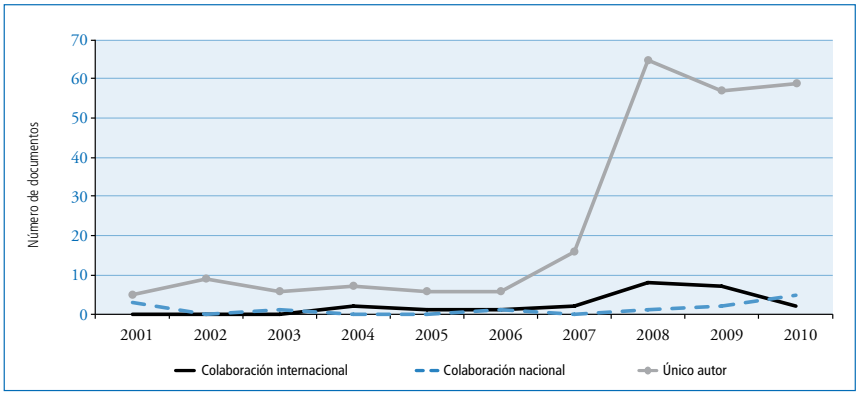
Gráfica 1.9. Producción bibliográfica en ciencias agrícolas por tipo de colaboración, 2001 - 2010



Gráfica 1.10. Producción bibliográfica en ciencias sociales por tipo de colaboración, 2001 - 2010



Gráfica 1.11. Producción bibliográfica en humanidades por tipo de colaboración, 2001 - 2010



Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

1.2.2. Análisis de redes

Si bien el uso de indicadores descriptivos en la sección anterior nos permitió una mirada general a las posibles diferencias en las prácticas de colaboración según disciplinas, las redes sociales proveen una herramienta mucho más útil para realizar este tipo de análisis destacando la posición de otros países en la producción de conocimientos científicos en Colombia.

La densidad de la red que emerge de las coautorías de los documentos publicados en revistas relacionadas con las ciencias naturales y exactas (gráfica 1.12) es consecuente con dos elementos que hemos mencionado a lo largo de este capítulo: uno, la orientación hacia este tipo de publicaciones propia del WoS, lo cual contribuye a que la mayoría de los documentos correspondan a esta disciplina; dos, la importancia de las colaboraciones en las ciencias naturales y exactas donde la magnitud de las investigaciones, en términos de infraestructura y necesidad de recursos, algunas veces resulta en la articulación de un número grande de investigadores en ocasiones distribuidos en varias instituciones de distintos países. El 78,76% de los documentos de ciencias naturales donde participan autores asociados a instituciones colombianas son producidos en colaboración con investigadores de otros países. Es importante recordar que en esta área se observa la mayor dispersión en el número de autores por documento (OCyT, 2011, p. 130).

A pesar de eliminar los vínculos[6] con un peso inferior a 0,25, aún es notable un núcleo denso de países al que se encuentra conectado Colombia. Las colaboraciones con investigadores de países como Cuba, Venezuela y Perú se mantienen en la periferia, y en la red aparecen marginales del núcleo sugiriendo que la cooperación que se realiza con estos países no es sólida o recurrente.

En ciencias médicas y de la salud la red de colaboraciones presenta una menor densidad que la de ciencias naturales y exactas. Esto, de nuevo eliminando los vínculos con un peso menor a 0,25, indica que en Colombia las colaboraciones que se dan en la producción de conocimientos médicos y de la salud presenta una mayor variabilidad.

Es interesante notar que Colombia pierde centralidad desde el punto de vista de la red de coautorías cuando utilizamos el umbral del coseno de 0,25 y eliminamos los vínculos con un peso menor. Si bien el tamaño del nodo responde a que en todos los documentos considerados participa al menos un autor colombiano, la desconexión en la grafica 1.13 sugiere que las prácticas de colaboración que realiza el país en este tipo de investigaciones no permanecen en el tiempo y tienen una tendencia esporádica.

En las áreas de ingeniería y tecnología encontramos de nuevo un núcleo denso de países colaborando, donde el vínculo de Colombia con el núcleo se mantiene por

6 Los vínculos entre países tienen un peso entre 0 y 1 como se explicó en la metodología, eliminar vínculos debajo de cierto umbral facilita la claridad de la visualización y permite identificar las relaciones más fuertes y estables entre elementos (en este caso, países).

la estabilidad de las colaboraciones que, en la materia, se realizan con España. Interesante llamar la atención sobre otros países de la región como Argentina, Ecuador, Chile y Venezuela que también se encuentran marginales al núcleo. Hay que recordar que la posición de estos países corresponde únicamente a su participación en la producción de documentos colombianos y que su centralidad cambia drásticamente si el objeto de estudio es otro.

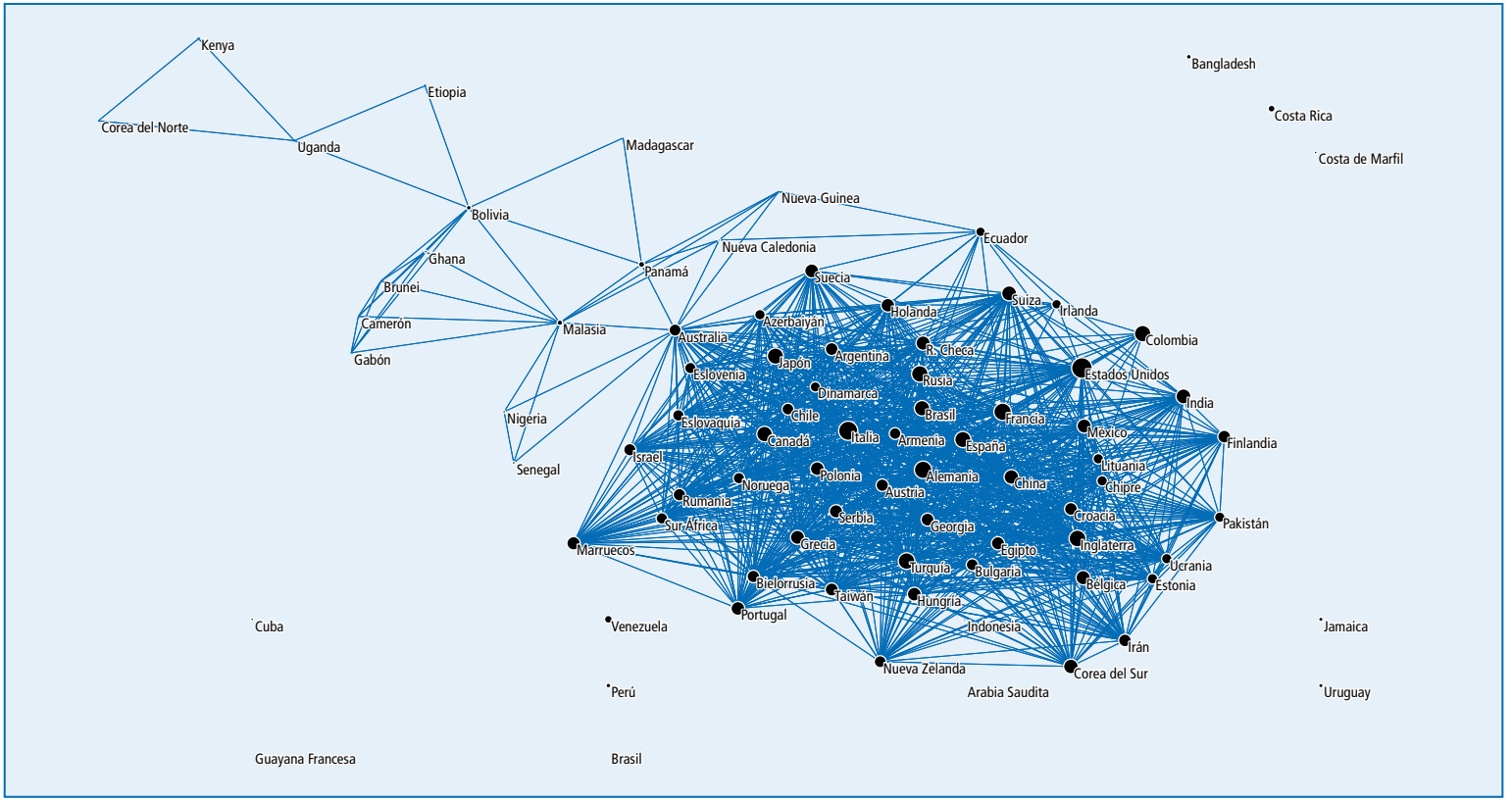
El tamaño de los nodos corresponde a la cantidad de documentos con participación de un determinado país. La gráfica 1.14 identifica a Estados Unidos, España, Italia, Brasil y Alemania como los países con los cuales ingenieros colombianos establecen más alianzas para la producción de conocimientos publicables.

En la producción de conocimientos agrícolas es interesante ver que de nuevo, al incrementar el umbral del coseno a 0,25, Colombia pierde centralidad en el núcleo principal y queda ligado a él por la estabilidad de su relación, en esta ocasión con Brasil. Estados Unidos, Brasil, México, España y Venezuela son los países que más participan en las publicaciones colombianas sobre ciencias agrícolas.

En el caso de ciencias sociales no fue necesario incrementar el umbral del coseno para obtener mayor claridad en la visualización, dada la dispersión que se presenta en las colaboraciones. Aunque en las ciencias sociales la producción de documentos en coautoría con investigadores de otros países es mayor que con investigadores nacionales, en esta área se registra la mayor participación de coautorías con investigadores nacionales (ver tabla 1.1); esto explica, en parte, la centralidad del país en la red. Estados Unidos y España son los países que concentran el mayor número de colaboraciones en ciencias sociales.

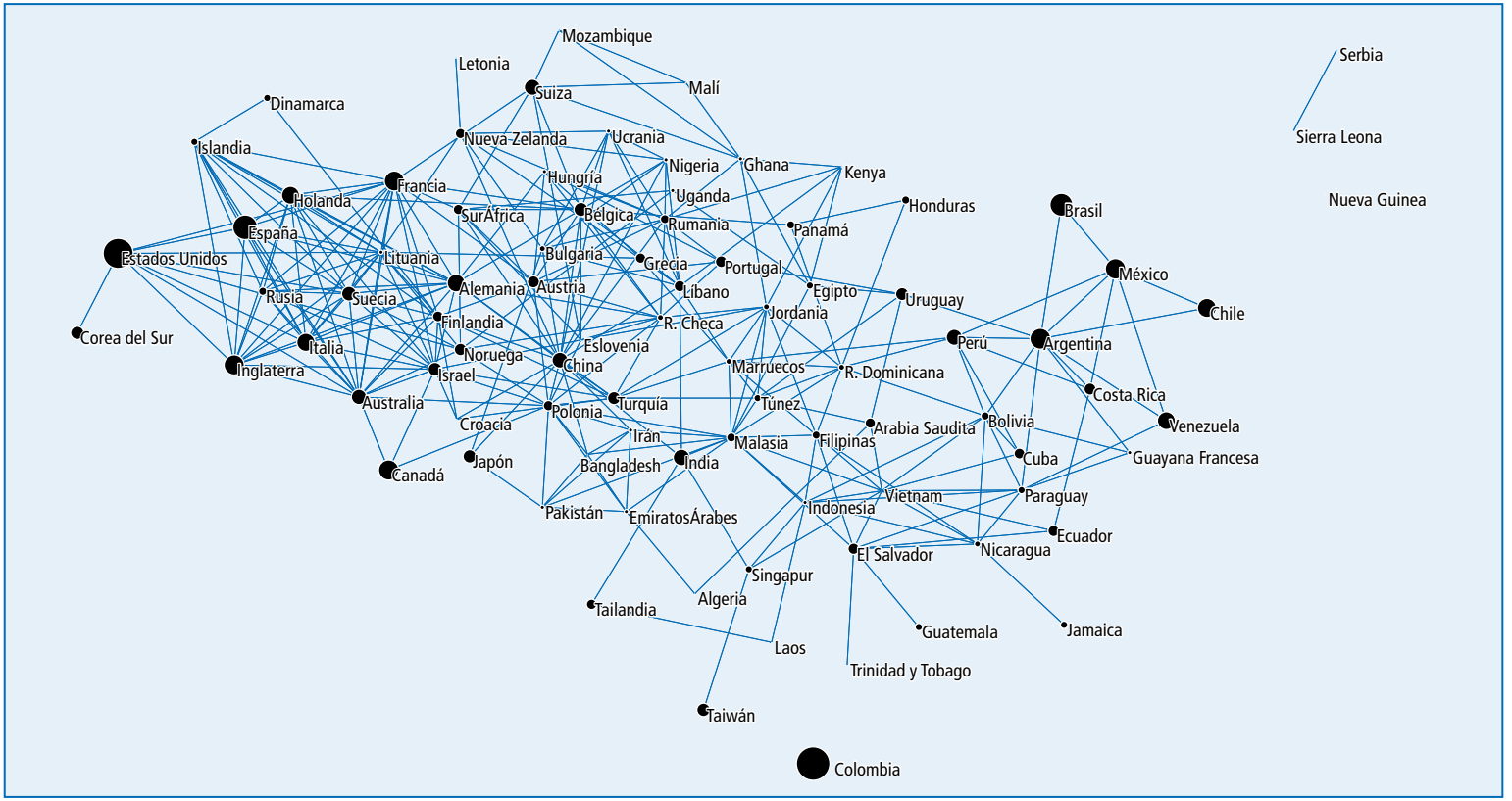
Al igual que con las ciencias sociales, para las humanidades (gráfica 1.17) no fue necesario aplicar un umbral del coseno para mejorar la visualización. Tanto la tabla 1.1 como la gráfica 1.11 mostraron que en humanidades la colaboración no es la norma y que predominaban los documentos asociados a un único autor. Únicamente en humanidades Estados Unidos pierde su importancia como actor relevante en la producción de conocimientos científicos; esto, acompañado de la trascendencia de España, Argentina y Brasil puede estar confirmando la significación de la cultura, la localidad y el idioma en la producción de este tipo de documentos.

Gráfica 1.12. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias naturales y exactas



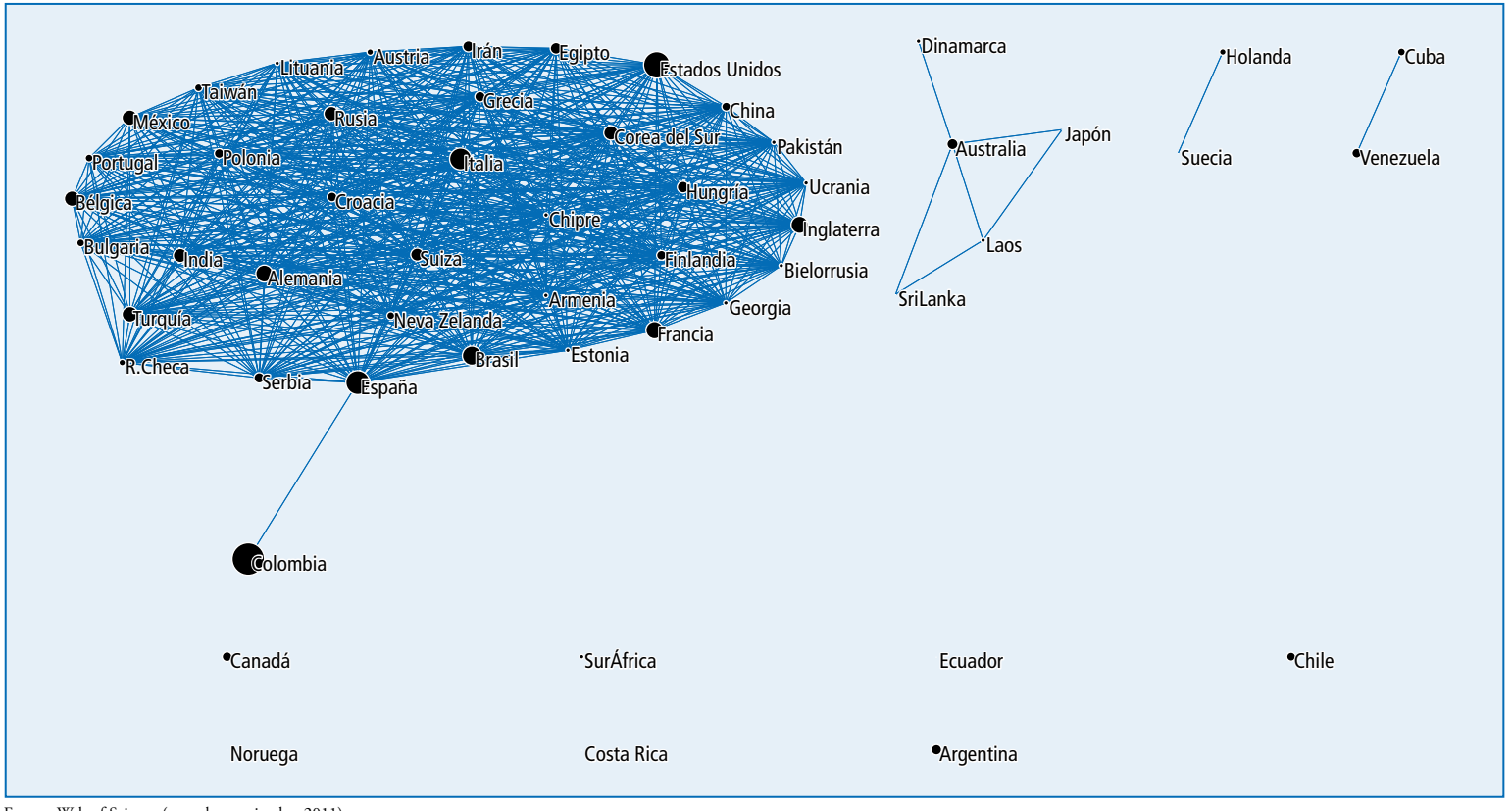
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Gráfica 1.13. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias médicas y de la salud



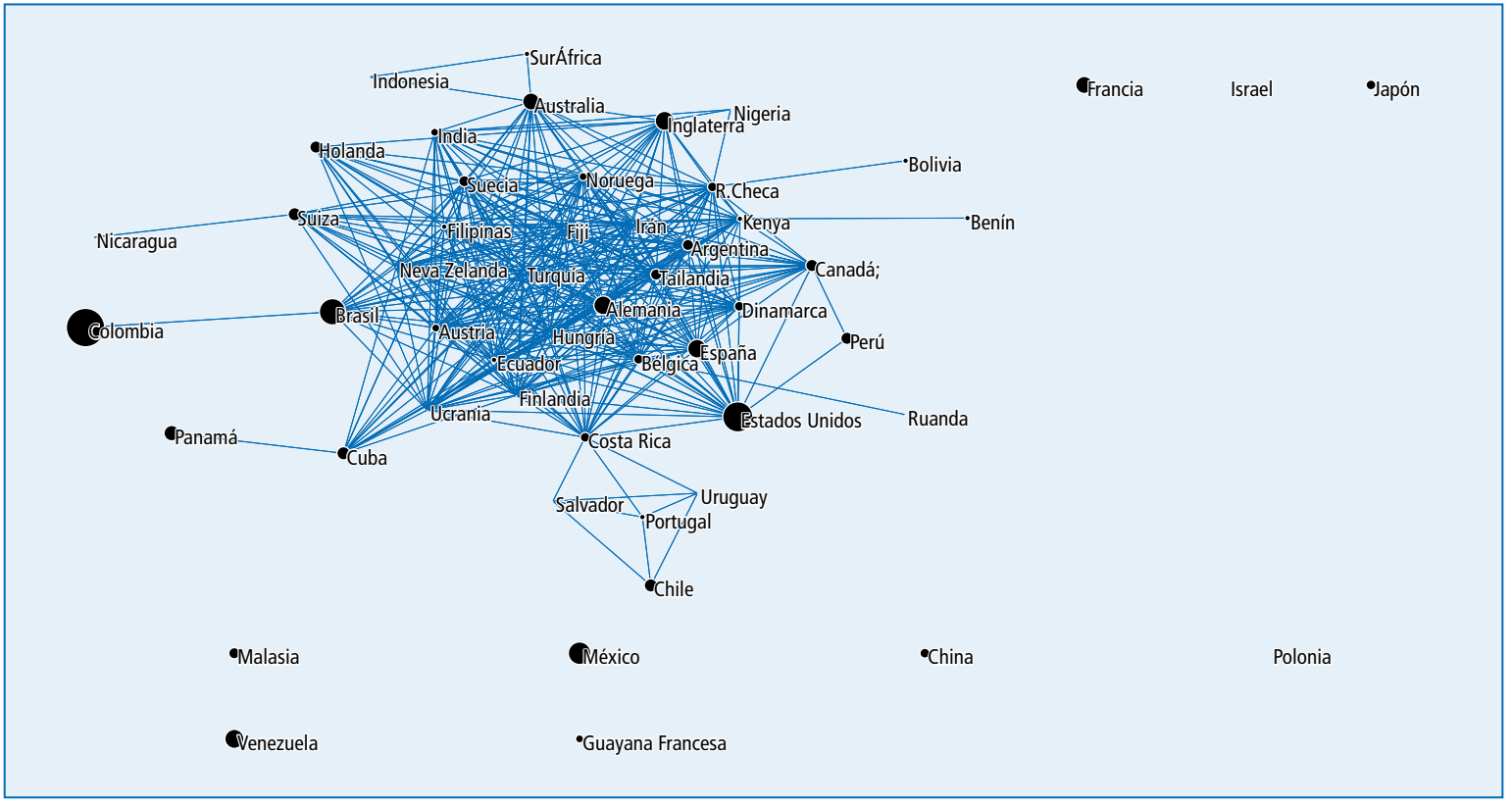
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Gráfica 1.14. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ingeniería y tecnología



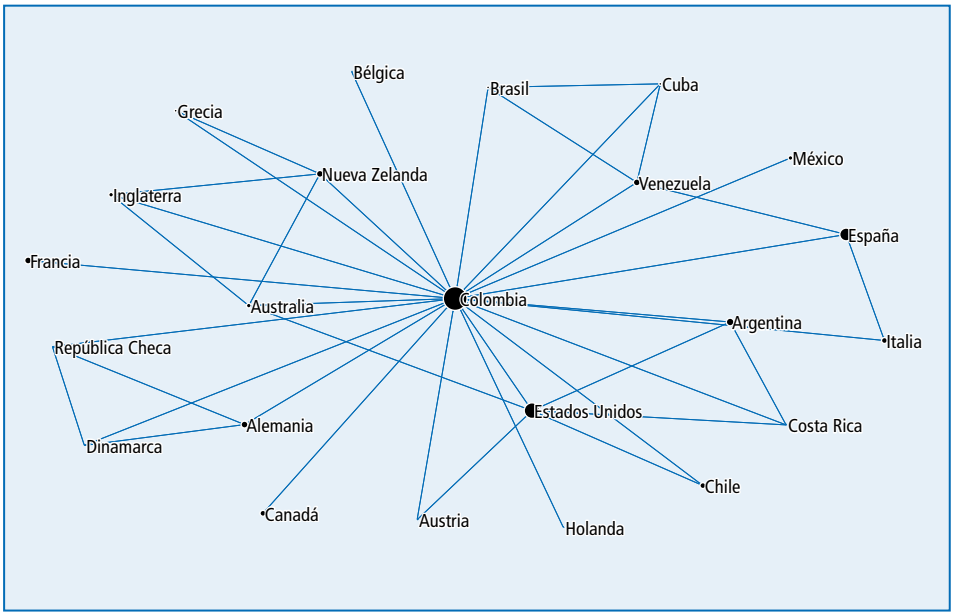
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Gráfica 1.15. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias agrícolas



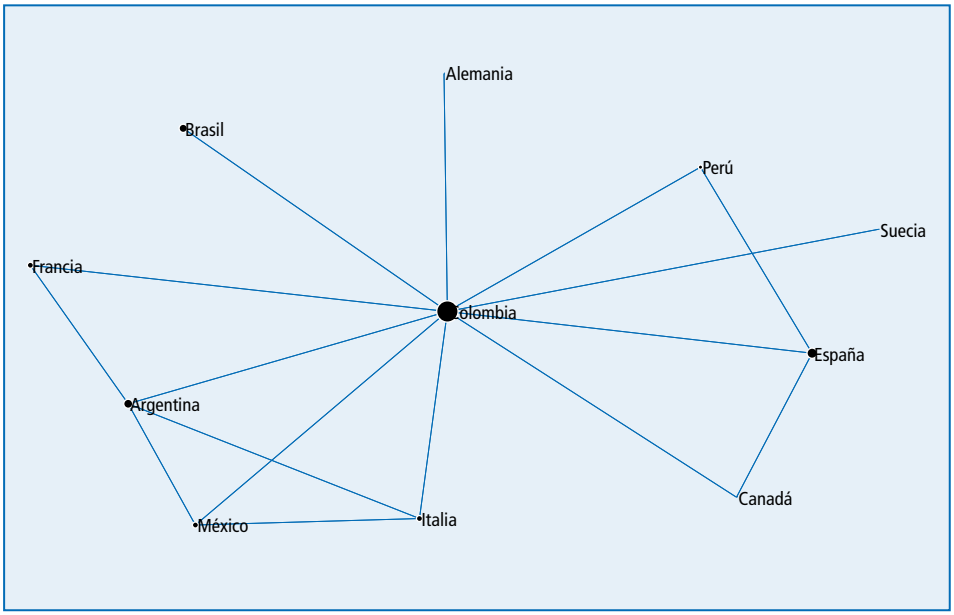
Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Gráfica 1.16. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias sociales



Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

Gráfica 1.17. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en humanidades



Fuente: Web of Science (consulta: noviembre 2011)
Cálculos: OCyT

1.3. Reflexiones finales

Los resultados presentados en este texto responden a información consultada en el WoS, que se utilizó como base para un análisis de coautorías y colaboraciones. En este sentido, vale la pena contextualizar alguno de los resultados en las particularidades de las bases que expusimos en las limitaciones metodológicas. Elementos tales como (i) la predominancia de documentos publicados en conjunto con autores internacionales en todas las áreas de la ciencia, en contraposición a las colaboraciones nacionales, (ii) la centralidad de Estados Unidos en la producción científica y (iii) la densidad que presenta la red de coautorías en ciencias sociales y humanidades en contraposición a la de otras áreas OCDE, debe interpretarse reflexivamente en el marco de las condiciones particulares del WoS. Las características propias de las ciencias sociales y las humanidades implican que, para estas, el análisis de las colaboraciones a través de servicios de indexación y resumen que tengan un carácter más local o regional, como Redalyc y Publindex, es fundamental para contrastar los resultados aquí presentados y obtener una mayor precisión en la representación.

La internacionalización de la ciencia ofrece oportunidades y plantea desafíos para los países en desarrollo. Algunos autores resaltan la importancia de las colaboraciones internacionales como medio para "liberar" a los investigadores de restricciones locales, por ejemplo, las condiciones de financiamiento público y los contextos sociales (Wagner & Leydesdorff, 2005), y para transferir conocimientos y metodologías. Sin embargo, la presión por incrementar la visibilidad de los resultados científicos nacionales en el ámbito internacional, predominante en distintos países de América Latina, puede llevar a que se priorice la publicación en revistas "internacionales" a costa del apoyo que requieren las revistas científicas nacionales (Gómez, 2005).

La posible pérdida de soberanía en la definición de agendas nacionales de ciencia y tecnología, que puede resultar de la urgencia por la internacionalización de la ciencia en los países de la región (Kreimer, 2006), amerita que las directrices orientadas a estimular la publicación internacional como método de fortalecimiento de las capacidades científicas estén siempre acompañadas de políticas de estímulo a las revistas nacionales. El apremio por ser más visibles internacionalmente ha conllevado una transición gradual de temas de investigación relevantes para los países de la región y con cierto grado de aplicabilidad hacia otros que se desarrollan en laboratorios, ajenos a una realidad social específica pero más integrados a las corrientes de investigación internacional (Arellano Hernández, Arvanitis & Vinck, 2012). En esta contribución quisimos resaltar que las prácticas de comunicación científica se encuentran condicionadas por tradiciones y culturas disciplinarias y que favorecer un tipo cualquiera de ellas va en contravía de esta diversidad.

Las reflexiones finales que este texto inspire deberán hacerse con las precauciones anteriormente mencionadas, pero reconociendo también la creciente movilidad de investigadores nacionales (Rivera-Torres, García-Cárdenas & Ruiz, 2010), la cual se refleja en un incremento en las capacidades de articulación de los investigadores colombianos con pares extranjeros en la producción de conocimientos científicos.

La necesidad de una mirada más detallada sobre las colaboraciones en cuanto a temáticas abordadas y preguntas de investigación movilizadas permitiría deshomogeneizar y caracterizar más precisamente las situaciones que subyacen a las prácticas de colaboración en el país.

Referencias

Arellano Hernández, A., Arvanitis, R. & Vinck, D. (2012). Global connexity and circulation of knowledge: Aspects of Anthropology of Knowledge in Latin America. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 6(2), a-aa.

Archambault, É., Vignola-Gagné, É., Côté, G., Larivière, V., & Gingras, Y. (2006). Benchmarking scientific output in the social sciences and humanities: The limits of existing databases. *Scientometrics*, 68(3), 329 - 342.

Beaver, D. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): Past, present, and future. *Scientometrics*, 52(3): 365 - 377.

Birnholz, J. P. (2006). What does it mean to be an author? The intersection of credit, contribution, and collaboration in science. *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, 57(13), 1758 - 1770.

Bordons, M. I., Gómez, I., Fernández, M. T, Zulueta, M. A., Méndez, A. (1996). Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research. *Scientometrics*, 37(2), 279 - 295.

Gómez, Y. J. (2005). Política científica colombiana y bibliometría: usos. *Nómadas*, 22, 241 - 254.

Guevara, A., Bueno, E., Colorado, L. A., Salazar, M. & Lucio, J. (2013). Los centros autónomos de I+DT: un análisis de su inversión, recurso humano y producción, desde las áreas de la ciencia y la tecnología. En este libro.

Jaramillo Salazar, H. (2009). La formación de posgrado en Colombia: maestrías y doctorados. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad* [en línea], 5(13), 131 - 155. Recuperado el 10 de septiembre de 2012 desde: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-01320090002000008&lng=es&nrm=iso

Kreimer, P. (2006). Dependientes o integrados. La ciencia latinoamericana y la división internacional del trabajo. *Nómadas-CLACSO*, 24, 199 - 212.

Larivière, V., Gingras, Y., Archambault, É. (2006). Canadian collaboration networks: A comparative analysis of the natural sciences, social sciences and the humanities. *Scientometrics*, 68(3): 519 - 533.

Lucio-Arias, D. & Leydesdorff, L. (2009). An indicator of research front activity: Measuring intelectual organization as uncertainty reduction in a document set. *Journal of the American Society for Information Science and Technology,* 60(12), 2488 - 2499.

Moody, J. (2004). The Structure of a Social Science Collaboration Network. *American Sociological Review*, 69: 213 - 238.

Nederhof, A. J., Zwaan, R. A., Debruin, R. E., Dekker, P. J. (1989). Assessing the Usefulness of Bibliometric Indicators for the Humanities and the Social and Behavioral Sciences: A Comparative Study. *Scientometrics*, 15, 5 - 6, 423 - 435.24.

Nederhof, A. J. (2006). Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: a review. *Scientometrics*, 66(1), 81 - 100.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2005). *Indicadores de ciencia y tecnología*, Colombia. Bogotá: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2010). *Indicadores de ciencia y tecnología*, Colombia. Bogotá: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011). *Indicadores de Ciencia y Tecnología*, Colombia. Bogotá: OCyT.

Okubo, Y., Miquel, J. F, Frigoletto, L. & Dore, J. C. (1992). Structure of international collaboration in science: typology of countries through multivariate techniques using a link indicator. *Scientometrics*, 25(2), 321–51.

Price, D. J. de Solla. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.

Rivera-Torres, S. C., García-Cárdenas, M. L. & Ruiz, C. (2010). Caracterización del capital humano con formación doctoral en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. En *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia* (183 - 215). Bogotá: OCyT.

Ruiz, C., Pardo, M., Usgame, D. & Usgame, G. (2010). Caracterización de las capacidades departamentales de investigación. Una mirada a través de los grupos de investigación. En *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia* (215 - 247). Bogotá: OCyT.

Salazar-Acosta, M., Lucio-Arias, D., López-López, W. & Aguado-López, E. (2013). Informe sobre la producción científica de Colombia en revistas iberoamericanas de acceso abierto en redalyc.org, 2005 - 2011. Colombia: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Small, H. G. & Griffith, B. C. (1974). The structure of scientific literatures, I: Identifying and graphing specialties. *Science Studies*, 4, 17 - 40.

Usgame, D. & Usgame, G. (2010). Sistema colombiano de indexación de revistas científicas y tecnológicas –Publindex. Hacía la construcción de un balance, 2001 - 2009. En *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia* (249 - 277). Bogotá: OCyT.

Van Leeuwen, T. N., Moed, H. F., Tijssen, R. J. W., Visser, M. S. & Van Raan, A. F. J. (2001). Language biases in the coverage of the Science Citation Index and its consequences for international comparisons of national research performance. *Scientometrics*, 51(1), 335 - 346.

Van Raan, A. F. J. (2003). The use of bibliometric analysis in research performance assessment and monitoring of interdisciplinary scientific developments. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*, 1: 20 - 29.

Wagner, C. S. & Leydesdorff, L. (2005). Network structure, self-organization and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34: 1608 - 1618.

Wagner, C. S. (2004). *International Collaboration in Science: A New Dynamic for Knowledge Creation*. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Amsterdam, Amsterdam.

Whitley, R. (2000). *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*. Oxford: Clarendon Press.

Wouters, P. (1999). *The Citation Culture*. Amsterdam: Unpublished Ph.D. Thesis, University of Amsterdam.

Capítulo 2

Análisis de la dinámica de producción de documentos científicos en los departamentos emergentes del país (2001 - 2010)

Cristhian Ruiz[*], Edgar Bueno[†], José Montes[‡], Juliana Velandia[§], Óscar Navarro[¶] y Dalila Henao[**]

Resumen

En el presente capítulo realizamos un análisis de la producción científica de los investigadores vinculados a instituciones en los 32 departamentos del país y el Distrito Capital. Para ello identificamos la producción colombiana registrada en el ISI Web of Science y Scopus, en una ventana de observación de 10 años (2001 - 2010), y a partir de la afiliación institucional informada por el autor asociamos la producción al territorio. Posteriormente, distinguimos las temáticas que presentan un mayor nivel de desarrollo en términos de su densidad y de su centralidad, y las comparamos con los temas de política que se definen en las agendas regionales de competitividad, para avanzar en la pregunta sobre el grado de alineación entre las apuestas declaradas en los documentos de política y la producción científica, brindando elementos para posteriores discusiones.

Palabras clave: Producción científica, análisis lexicométrico, política pública, ciencia, tecnología, innovación.

Abstract

In this chapter we make an analysis of the scientific production of researchers from institutions in the 32 departments and the capital district. To this we identify Colombian production recorded in the ISI Web of Science and Scopus, in an observation window of 10 years (2001 - 2010), and from institutional affiliation reported by the author we associate the scientific production to the territory. Subsequently, we distinguish the themes that have a higher level of development in terms of its density

[*] Líder del área de regiones del OCyT hasta marzo de 2013. Director de la Unidad de Estrategia - R&R Conocimiento e Innovación SAS. gerenciaestrategica@rringenieria.com
[†] Investigador y estadístico del OCyT hasta febrero de 2013. [redacted]
[‡] Joven investigador del OCyT. jmontes@ocyt.org.co
[§] Asistente de investigación del OCyT. [redacted]
[¶] Asistente de investigación OCyT hasta febrero de 2013. [redacted]
[**] Investigadora del OCyT hasta febrero de 2013. Directora de la Unidad de Planificación y Desarrollo - R&R Conocimiento e Innovación SAS. [redacted]

and its centrality, and compare them with the policy issues that are defined in the regional agendas of competitiveness, to advance in the question about the degree of alignment between bets declared in the policy documents and scientific production, providing elements for further discussion.

Keywords: Scientific production, lexicometric analysis, public policy, science, technology, innovation.

Introducción

El gobierno nacional en el documento Conpes 3582 (Departamento Nacional de Planeación, 2009, p. 6) plantea que "la situación actual del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –SNCTI– se puede calificar como el resultado de un desarrollo sostenido, que ha conducido a la construcción de un entramado institucional, el cual ha mostrado continuidad y avances importantes". Sostiene, además, que algunos de dichos avances en los últimos quince años han sido: el aumento de recurso humano altamente capacitado, el reconocimiento internacional de algunos grupos de investigación[1] gracias a su tradición, las alianzas empresa-universidad-Estado para incrementar la competitividad en esos sectores, el incremento en el número de empresas que son apoyadas en materia de innovación[2] y desarrollo tecnológico.

No obstante, a pesar de los avances, el proceso ha sido lento e insuficiente para las necesidades y las demandas del desarrollo productivo y competitivo del país, dado que se reconoce que "la dinámica empresarial colombiana sigue estando a la zaga de otros países de la región" (Departamento Nacional de Planeación, 2009, p. 6). En adición, el SNCTI tiene grandes limitantes como las mencionadas en el Conpes 3582, que van desde los bajos niveles de innovación de las empresas, débil institucionalidad del sistema y escasez de recurso humano para realizar investigación e innovación, hasta los pocos grados de aplicabilidad de la política en los sectores estratégicos y una escasa apropiación social del conocimiento[3]. Como uno de los mecanismos para superar estas limitantes, se hace necesario que la producción científica esté direccionada hacia las áreas estratégicas que se ha trazado el país, con el fin de hacer un uso más efectivo de los recursos y concentrar los esfuerzos en proyectos y programas que generen un impacto mayor en el progreso nacional en materia social, económica y ambiental, a través de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI)[4] (Departamento Nacional de Planeación, 2010).

La política nacional de fomento a la investigación y la innovación "Colombia Construye y Siembra Futuro", señala que:

> Las dimensiones locales y regionales son fundamentales en la estrategia de insertar la economía del país en un mundo globalizado, pues son ellas los actores por excelencia en la globalización. En este sentido, las estrategias de transformación productiva, competitividad y regionalización, deben estar coordinadas para hacer de las regiones en general, y de las ciudades en particular, territorios competitivos a nivel mundial (Colciencias, 2008a, p. 112).

1 Se define grupo de investigación científica o tecnológica como el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión. Un grupo existe siempre y cuando demuestre producción de resultados tangibles y verificables fruto de proyectos y de otras actividades de investigación convenientemente expresadas en un plan de acción (proyectos) debidamente formalizado (Colciencias, 2008b, p. 16).

2 Es el proceso mediante el cual las ideas son transformadas, a través de actividades económicas, en resultados creadores de valores sostenibles (Livingstone, 2000).

3 Es el conjunto de actividades que contribuyen a la consolidación de una cultura científica y tecnológica en el país, es decir, que la comunidad en general se apropie del conocimiento y desarrolle una mayor capacidad de análisis crítico sobre la ciencia, la tecnología y sus relaciones con la sociedad y la naturaleza (Colciencias, 2006).

4 Es la sumatoria de la inversión en: I+D, formación avanzada, servicios científicos y tecnológicos, e innovación; actividades, todas, que contribuyen al desarrollo científico y tecnológico (Colciencias, 2008a, p. 20).

Este enfoque regional se acentúa en la Ley 1286 de 2009 sobre ciencia y tecnología, que resalta nuevamente la importancia de fortalecer el desarrollo regional a través de políticas integrales de descentralización de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, y la creación de nuevos instrumentos de apoyo para tal fin. Con ello se busca procurar el desarrollo armónico de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) con el crecimiento económico y la consolidación de las comunidades científicas en los territorios.

Este escenario propone nuevos retos frente al análisis e interpretación de información estadística sobre la producción científica, en la medida de que dicha información proporciona elementos precisos para el proceso de toma de decisiones respecto al desarrollo económico de las entidades territoriales[5]. Como lo señala Sancho (2001), los esfuerzos de estadísticos, investigadores, científicos y políticos tendrán que seguirse concentrando en las dificultades conceptuales y metodológicas emergentes, así como en mejorar los sistemas de recopilación de datos y normalización de estos. Por tanto, para el fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación, se requieren indicadores que permitan valorar las capacidades locales de CTI, dado que las regiones son vistas como unidades estadísticas importantes, que deben ser consideradas en el análisis (Archibugi & Coco, 2005).

Es por ello que en el presente capítulo nos proponemos identificar los temas de mayor interés, comúnmente trabajados por los investigadores de las instituciones en los departamentos, que alcanzan un nivel de desarrollo que los visibiliza en comunidades científicas internacionales. Este ejercicio es la continuación del planteado por Ruiz, Pardo, Usgame & Usgame. (2010) en el que se sugiere realizar análisis a otras fuentes de información que, además, "den cuenta no solamente de la producción en términos de volumen sino que hagan posible identificar las áreas en que se desarrollan" (Ruiz, Pardo, Usgame & Usgame, 2010, p. 246).

Para esto, realizamos primero una síntesis de las políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación con el fin de identificar el vínculo existente entre estas, el fomento de la CTI a nivel local y la generación de mejores capacidades para el desarrollo y la transformación productiva de los territorios. Posteriormente consultamos las bases de datos e identificamos los artículos por entidad territorial y las temáticas desarrolladas a través del análisis de contenido de los resúmenes o *abstract*. A partir de las medidas de centralidad y densidad de esas temáticas identificamos las de mayor desarrollo y mostramos los resultados, en detalle, para los departamentos señalados como emergentes en el estudio de Ruiz et al., (2010)[6]. Finalmente hacemos un análisis de dichas temáticas a la luz de las que habían sido definidas en la *Agenda*

5 En el ordenamiento jurídico colombiano se entiende por entidad o ente territorial "la división político administrativa del Estado, con autonomía política, fiscal y administrativa" (artículo 1, Ley 136 de 1994).

6 La escogencia de los departamentos "emergentes" obedece a que, para una ventana de observación de ocho años (2001 a 2008), se constató que existen tasas positivas de crecimiento anual en el número de investigadores activos y producción de artículos, esta última con una baja variabilidad (Ruiz et al., p. 245); lo que interpretamos como un proceso de consolidación de capacidades científicas y tecnológicas en marcha, donde las instituciones departamentales comparten intereses comunes en términos de desarrollo territorial y plantean objetivos claros a mediano y largo plazo.

interna para la productividad y la competitividad de cada uno de los departamentos seleccionados.

2.1. La política nacional de CTI, el fomento regional y su relación con el desarrollo económico local

El marco de política de ciencia y tecnología se fortaleció a partir de las misiones de ciencia y tecnología de los años 1990 y 1993, cuando se revisaron, entre otros insumos, diversos documentos elaborados por Colciencias, como los planes de los programas nacionales de CyT desarrollados en los años 80. Con base en las recomendaciones de esos informes se formuló el primer documento Conpes de Ciencia y Tecnología (el 2739 de 1994) en el que "se plantea la política que el gobierno seguirá en lo referente al fomento del desarrollo científico y tecnológico, como elemento clave de la política de internacionalización de la economía y del salto social" y más concretamente la Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994 - 1996. Posteriormente se desarrollaron otros documentos que han contribuido a la construcción del marco de política, relacionados con la planeación y la identificación de una visión de mediano y largo plazo, tales como la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación "Colombia construye y siembra futuro", los planes nacionales de desarrollo y la Visión 2019 de ciencia, tecnología e innovación.

En 2009, mediante la Ley 1286 se propone que el SNCTI, coordinado por el *Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)*, sea el encargado de "Fortalecer el desarrollo regional a través de los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación y políticas integrales, novedosas y de alto impacto positivo para la descentralización de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, integrado a las dinámicas internacionales".

Es así como Colciencias formula e implementa la política de regionalización de la CTI, en la que los departamentos se configuran como instancias administrativas y territoriales que, según la Constitución, tienen las funciones de coordinación y fomento del desarrollo científico y tecnológico[7]. Esta estrategia busca "*Contribuir en el ámbito regional al logro de un Sistema de Gestión de conocimiento e innovación que le permita a las regiones de Colombia acceder al conocimiento o emprender la investigación e innovación que requieran, a fin de fomentar la construcción de región como elemento estructurante de la nación"*[8] y es consecuente con la Ley 1286 de 2009 que establece que la política de CTI debe "Promover el desarrollo de estrategias regionales para el impulso de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, aprovechando las potencialidades en materia de recursos naturales, lo que reciban por su explotación, el talento humano y la biodiversidad, para alcanzar una mayor equidad entre las regiones del país en competitividad y productividad".

7 Se define como "el proceso social, cultural y económico, de naturaleza endógena sistémica, acumulativa, sostenida y de largo plazo para el desarrollo de capacidades de la respectiva sociedad para generar, incorporar, asimilar, adaptar, apropiar y aplicar conocimientos y sus correspondientes" (Presidencia de la República, DNP, Colciencias, 2006).

8 Ver: http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/regionalizaci-n-de-la-cti. Septiembre 3 de 2012.

Estas políticas buscan responder al problema de disparidad científica y tecnológica que tienen las regiones del país, mediante: (1) Fomentar la innovación en los sistemas productivos, (2) Consolidar la institucionalidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, (3) Fortalecer la formación del recurso humano para la investigación y la innovación, (4) Promover la apropiación social del conocimiento, (5) Focalizar la acción pública en áreas estratégicas, (6) Desarrollar y fortalecer capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación (Departamento Nacional de Planeación, 2009, p. 7).

Es de resaltar que entre el 2000 y el 2010 los documentos de política de CTI tuvieron una marcada orientación hacia el vínculo entre su fortalecimiento o promoción y el desarrollo económico y productivo de las regiones del país. La Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación "Colombia construye y siembra futuro", publicada en el 2008, consecuente con esta tendencia dispone potenciar territorios competitivos a nivel mundial y el Conpes 3582 afirma que "la disparidad que caracteriza la localización de las capacidades científicas y tecnológicas tiene un efecto negativo sobre la capacidad para generar valor agregado en la actividad económica que se lleva a cabo en distintas regiones, contribuyendo a profundizar las brechas de ingresos entre regiones y de capacidades para generar riqueza a sus habitantes" (el subrayado es nuestro). (Departamento Nacional de Planeación, 2009, p. 52).

Paralelamente con el fortalecimiento del SNCTI se fueron expidiendo documentos de política relacionados con el desarrollo productivo y competitivo del país, como el Conpes 3484 de 2007 (Política nacional para la transformación productiva y la promoción de las micro, pequeñas y medianas empresas: un esfuerzo público-privado), el Conpes 3527 de 2008 (Política nacional de competitividad y productividad) y el Conpes 3678 de 2010 (Política de transformación productiva: un modelo de desarrollo sectorial para Colombia), los cuales ponen de manifiesto la importancia que tiene para Colombia "la definición de un programa de transformación productiva (PTP) de largo plazo, que se constituya en el nuevo modelo de desarrollo económico sectorial y promueva el crecimiento sostenido de la economía" (Departamento Nacional de Planeación, 2010a, p. 5), basando dicho progreso económico en la inserción exitosa en la economía global de los productos colombianos con un mayor valor agregado, a través de la investigación y el desarrollo (I+D).

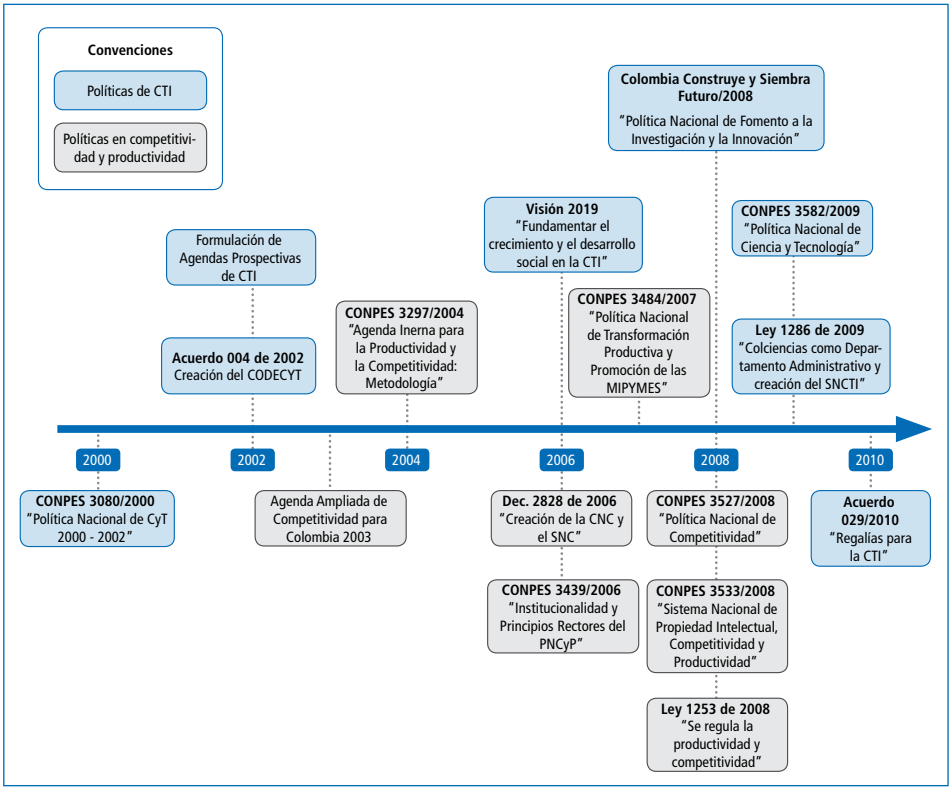
A su vez, la integralidad y complementariedad entre las políticas en CTI y las políticas en competitividad y productividad a nivel regional se expresa claramente en el artículo 4 de la Ley 1253 de 2008 que establece: "Corresponde a las entidades territoriales señalar los objetivos, metas, prioridades, políticas y estrategias dirigidas a lograr el aumento de la productividad y mejoramiento de la competitividad en armonía con la Ley de Ciencia, y Tecnología e Innovación y la Política Nacional de Productividad y Competitividad incorporada al Plan Nacional de Desarrollo" (el subrayado es nuestro).

Los lineamientos en materia de CTI propuestos por el Conpes 3527 sugieren las siguientes acciones: mejorar la innovación tecnológica en los sistemas de producción

agropecuarios haciendo énfasis en los sectores de clase mundial; promover la productividad y la competitividad teniendo como base la CTI; contribuir a la inclusión social y la competitividad del país a través de estrategias que mejoren el uso y la apropiación de las TIC; soportar e incentivar la creación de conocimiento e investigación aplicada en campos como la biotecnología; entre otros.

La gráfica 2.1 permite visualizar las principales políticas de CTI, competitividad y productividad promulgadas por el Estado en el periodo 2000 - 2010.

Gráfica 2.1. Políticas nacionales de CTI, competitividad y productividad 2000 - 2010



Fuente: elaboración propia

Podemos afirmar que en los últimos años el país ha realizado importantes esfuerzos para la identificación de sus necesidades en CTI, de sus sectores y recursos económicos de carácter estratégico y de las temáticas que deben ser priorizadas para permitir un desarrollo económico basado en el conocimiento, como consta en las agendas prospectivas en ciencia y tecnología, las agendas internas de productividad y competitividad y la formulación explícita de normas que regulan la construcción de los planes de desarrollo territorial, todos en la línea de incentivar la integración de la CTI como pilar de la transformación productiva (ver tabla 2.1).

Tabla 2.1. Sectores o apuestas productivas declaradas en los documentos de política nacional

Sectores estratégicos o apuestas productivas
Documentos de política nacional revisados
Conpes 3527 de 2008 "Política nacional de competitividad y productividad".
Política nacional de fomento a la investigación y la innovación "Colombia construye y siembra futuro".
Conpes 3678 de 2010 "Política de transformación productiva: un modelo de desarrollo sectorial para Colombia".
Plan de Desarrollo 2006 - 2010 "Estado comunitario: desarrollo para todos".
Plan de Desarrollo 2010 - 2014 "Prosperidad para todos".
Visión Colombia II centenario: 2019.
Productos tradicionales exportables: café, flores y banano.
Productos emergentes: biocombustibles, acuicultura, leche, frutas (bananito, tomate de árbol, uchuva, mora y pitahaya, entre otros), hortalizas (lechuga, brócoli, alcachofa, entre otros), caucho, madera, carne de praderas naturales, endulzantes alternativos, miel de abeja, azúcar, aceite de palma, cacao y productos tropicales de tardío rendimiento, al igual que productos, bienes y servicios de biotecnología, entre otros.
Agroindustria: frutas y hortalizas, forestales, tabaco, algodón, papa amarilla, cárnicos bovinos y lácteos, acuicultura, cafés especiales, caña de azúcar, flores, plátano y banano, y/o biocombustibles.
Artesanías
Energía eléctrica
Minería: carbón, coque, ferroníquel, esmeraldas, cemento, creta, derivados de la arcilla y platino.
Energías alternativas
Servicios profesionales: asesorías en diseño, arquitectura, publicidad, ingeniería, tecnología, servicios médicos, empresariales, contables y legales, entre otros.
Manufacturas: textil, algodón, fibra y confecciones; cuero, manufacturas y calzado y joyería.
Sectores de talla mundial: (1) Tercerización de procesos de negocios (BPO & O), (2) Software y tecnologías de la información, (3) Cosméticos y artículos de aseo, (4) Turismo de salud, (5) Industria de la comunicación gráfica, (6) Textiles, confecciones, diseño y moda, (7) Energía eléctrica y sus bienes y servicios conexos, (8) Industria de autopartes y vehículos, (9) Chocolatería, confitería y sus materias primas, (10) Carne, bovina, (11) Palma, aceites y grasas vegetales, y (12) Camaronicultura.
Sectores emergentes basados en la innovación: turismo, aplicaciones civiles de desarrollo, industrias creativas y culturales, TIC, materiales y electrónica, logística, diseño, biotecnología, energía y recursos naturales, salud.

Fuente: elaboración propia

A guisa de conclusión de esta revisión, diremos que las políticas mencionadas anteriormente procuran fomentar núcleos de investigación (articulación de diferentes instituciones y grupos de investigación) en áreas que se consideran estratégicas para el país, ya que una de las acciones que se proponen para la consolidación de capacidades en CTI y cerrar la brecha entre las regiones del país en este aspecto es apoyar las alianzas entre grupos de investigación consolidados y grupos incipientes (Departamento Nacional de Planeación, 2009). Es decir, las alianzas sobre propuestas concretas de investigación entre grupos con tradición y aquellos que inician su labor, debe ser una estrategia de fortalecimiento de las capacidades de investigación, que se afiance en las comunidades científicas colombianas (Colciencias, 2008a, p. 36). Sin embargo, se hace necesario que estas alianzas giren en torno al establecimiento de un objetivo común: "lograr mayor progreso económico, social y ambiental para toda la población" (Departamento Nacional de Planeación, 2006, p. 1).

2.2. Metodología

La medición de las actividades científicas y tecnológicas se inició con la construcción de categorías científicas para el desarrollo de estadísticas, a finales del siglo XIX, actividad que abrió paso a la cienciometría como herramienta para la toma de decisiones (Latour, 2005). Esta aparece como campo de estudio sistemático para la construcción de teorías, desde los trabajos de Alfred James Lotka (1926) quien definió una ley en la que se distribuye la producción científica de los autores de artículos, hasta los aportes de Derek de Solla Price, considerado el padre de la bibliometría moderna por sus análisis de la comunicación científica y el enunciado de una ley para el crecimiento de las publicaciones. También fueron fundamentales los aportes de Eugene Garfield, fundador del Institute for Scientific Information (ISI), hoy Web of Science (WoS) Thomson Reuters[9], y quien inició el análisis sistemático de las citaciones y el impacto bibliométrico, así como los de Jacob Schmookler, precursor de la tecnometría por la construcción e interpretación de estadísticas de patentes.

Los análisis de Price y Schmookler despertaron, en especial, la atención de las universidades por estudiar el comportamiento de su producción científica (Godin, 2005). En la literatura se encuentra evidencia de que los sistemas de evaluación de la investigación (RES, por sus siglas en inglés[10]) implementados por los países han permitido una mejor representación de la ciencia como proceso acumulativo, así como la posibilidad para que las organizaciones gubernamentales y privadas dirijan la investigación en la forma deseada (Whitley, 2007, p. 4; Godin, 2007). Algunos de estos sistemas también han mejorado la competitividad de las universidades, como lo muestra Gläser (2007, p. 254).

En la actualidad, en Colombia se plantea un escenario de mayor descentralización de recursos para la CTI, por lo tanto resulta prioritario adelantar acciones que permitan hacer seguimiento y evaluar los esfuerzos que en este aspecto se realizan a nivel subnacional (departamental), dado el creciente interés por la región[11] como escala de organización económica e intervención política. Esta información es requerida por los hacedores de política científica como apoyo para la toma de decisiones y por los propios investigadores para conocer la actividad investigativa que realiza su área científica. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico –OCDE: "Knowledge in all its forms plays today a crucial role in economic processes. Intangible investment is growing much more rapidly than physical investment. Firms with more knowledge are winners on markets. Nations endowed with more knowledge are more competitive." (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1995, p. 12). En este sentido, contar con información desagregada de la producción científica a nivel departamental será un gran aporte para la toma de decisiones a nivel local.

9 Ver http://science.thomsonreuters.com/

10 Siguiendo la definición de Research Evaluation System propuesta por Whitley (2007, p. 6): "Research evaluation systems (henceforth RES) are organized sets of procedures for assessing the merits of research undertaken in publicly-funded organizations that are implemented on a regular basis, usually by state or state-delegated agencies".

11 En este contexto, se entiende por regiones aquellas entidades territoriales que formulan políticas claramente definidas por las fronteras administrativas en los diferentes países (Uyarra, Koschatzky & Héreaud, 2007).

En la tabla 2.2 presentamos el protocolo seguido en el manejo de la información recolectada de *ISI Web of Science* y *Scopus* para identificar las temáticas trabajadas por los investigadores de las instituciones departamentales: consulta a las bases de datos internacionales de producción científica, identificación de la institución y el territorio de la publicación, identificación de artículos únicos por entidad territorial, construcción de la matriz de incidencias término-documento y ejecución del método de palabras asociadas (MPA).

Tabla 2.2. Protocolo para la aplicación del método de palabras asociadas (MPA)*

Actividad	Descripción	Aclaración
Recolección de información de bases internacionales	Consulta de los productos registrados por instituciones colombianas en las bases bibliográficas *ISI Web of Science (WoS)* y *Scopus* durante el periodo 2001 - 2010.	Existe producción científica del país que no está registrada en las bases bibliográficas o no es posible identificarla. Una misma institución suele reportarse de diferentes formas, por lo que fue necesario llevar a cabo un proceso de normalización que permitió reducir al máximo el efecto de este evento, esto es, identificar las diferentes formas en que puede citarse una misma institución.
Identificación de la institución y el departamento	Asociación de las publicaciones a cada institución colombiana registrada en el campo de afiliación institucional (*Address* del WoS y *affiliation* de Scopus), de forma que cada producto pudiera vincularse al menos a una entidad territorial.	Para productos asociados a instituciones con sede en diferentes territorios, identificamos el departamento de la sede y el producto fue asignado a la entidad territorial de ubicación de la sede. En los casos que no se logró esta identificación, se asignó a la sede principal de la institución. En el caso de productos elaborados por investigadores de instituciones diferentes, si las instituciones están ubicadas en el mismo territorio, consideramos el producto una sola vez. Por el contrario, si las instituciones se encuentran ubicadas en departamentos diferentes, el producto se cuentó en cada una de las entidades territoriales.
Reconocimiento de artículos únicos por entidad territorial	Algunos productos pueden estar registrados simultáneamente en *WoS* y en *Scopus* o incluso repetidos dentro de una misma base, por lo tanto la base resultante no puede ser simplemente la "adición" de las dos bases originales, sino que es necesario llevar a cabo un proceso de identificación de productos repetidos.	Mediante una comparación exacta de los títulos y el año de publicación, identificamos los artículos registrados más de una vez y procedimos a eliminar las repeticiones encontradas al interior de cada base y entre estas. En el caso de los productos registrados en las dos bases, se conservó únicamente la referencia asociada a Scopus.
Construcción de la matriz de incidencias término-documento	Para la depuración de los resúmenes asociados identificamos primero un conjunto de símbolos y otro de palabras *(stopwords)* que eliminamos de la base de resúmenes.	Se establecieron criterios para depurar el listado de palabras que aparecen en la matriz de incidencias término-documento. La tabla 2.3 presenta los criterios utilizados. Un criterio se aplica únicamente cuando la palabra aparezca tanto con la terminación original como con la terminación modificada.
Ejecución del método de las palabras asociadas	El MPA propuesto por Jean Pierre Courtial (1990) se basa en la idea de que aquellas palabras con un alto número de coocurrencias dentro de los documentos estudiados pueden ser agrupadas en un mismo conglomerado y dar una idea de las temáticas que se tratan en dichos documentos.	Para la ejecución de este método se modificó la librería MPA (Rodríguez & Pardo, 2011) de R con el fin de hacer más eficientes los procesos computacionales. Nuestra aplicación al método consistió en construir conglomerados de palabras para cada entidad territorial. Cada uno de estos grupos se identifica por aquella palabra que presente una mayor correlación con las demás dentro de su conglomerado.

Fuente: elaboración propia

* Se tomó como unidad de análisis los 32 departamentos y el Distrito Capital, es decir, Cundinamarca no contiene la información de Bogotá D. C.

Tabla 2.3. Normalización de términos para la aplicación del método MPA

Terminación original	Terminación modificada	Ejemplo original	Ejemplo modificada
s	-	dogs	dog
es	-	mixes	mix
ies	y	carries	carry
ves	fe	knives	knife
ing	-	talking	talk
ing	e	dating	date
ning	-	running	run
ting	-	putting	put
ly	-	mentally	mental
y	e	simply	simple
d	-	dated	date
ed	-	locked	lock
ied	y	studied	study
ment	-	requirement	requite

Fuente: elaboración propia

La aplicación del método de palabras asociadas nos permitió: a) establecer conglomerados de palabras para cada departamento y el Distrito Capital; b) identificar en cada conglomerado la palabra que presentaba mayor correlación con las demás; c) determinar dos indicadores para cada conglomerado: el indicador de densidad y el de centralidad.

a. La densidad se define como el promedio de los índices de asociación entre las palabras del conglomerado y es un indicador de la diversidad de la producción. Una alta densidad evidencia un fenómeno de especialización, mientras que una baja densidad refiere a un fenómeno de diversificación.

b. La centralidad se define como el promedio de los índices de asociación entre las palabras del grupo con aquellas que no están en él y es un indicador de qué tanto se relaciona ese conglomerado con los demás identificados.

Para aproximarnos a la discusión sobre la pregunta por la relación entre las orientaciones o apuestas declaradas en las políticas públicas y la producción científica local tomamos una muestra de departamentos. Esta muestra se seleccionó teniendo en cuenta las tasas de producción científica y su variabilidad en el tiempo, así como otras características relacionadas con la colaboración científica. A partir de esto y tomando como base el estudio de Ruiz et al., (2010), las entidades territoriales se organizaron tal como aparece en la tabla 2.4.

Optamos por estudiar los emergentes tipo A y B, dado que en los últimos diez años estos grupos de departamentos, si bien muestran aún volúmenes de producción inferiores al del grupo de consolidados, arrojan tasas de crecimiento positivas con rangos medios de variabilidad, lo que nos permite inferir un camino hacia la

consolidación de la actividad científica de sus instituciones, con patrones de producción más claros y políticas de incentivos mejor definidas.

Tabla 2.4. Agrupamiento de los entes territoriales según sus características de producción bibliográfica

Clasificación de los departamentos	Entes territoriales	Descripción
Consolidados	Antioquia, Bogotá D. C. y Valle del Cauca	Departamentos con mayores volúmenes de producción y tasas de crecimiento constantes en el tiempo.
Emergentes tipo A	Atlántico, Caldas, Risaralda y Santander	Este grupo de departamentos muestra tasas positivas de crecimiento en investigadores y producción, y variabilidad baja. Además, coautorías en producción de artículos científicos publicados en revistas indexadas en los principales SIR internacionales; mayores vínculos con departamentos "consolidados", mediante avales institucionales de los grupos de investigación y coautorías en el *Web of Science*. Esto puede reflejar una estrategia de generación de capacidades, dado que les permite desarrollar procesos de investigación a partir del conocimiento adquirido por los "consolidados".
Emergentes tipo B	Bolívar, Boyacá, Cauca y Cundinamarca	Grupo de departamentos que presentan niveles de producción similares, en orden de magnitud, a los del grupo de "emergentes tipo A" pero con una variabilidad mayor. Este grupo pareciera inclinarse por una estrategia en la que predominan las redes con sus similares sobre las redes con departamentos más consolidados.

Adaptado de Ruiz et al., 2010, p. 245

2.3. Resultados y análisis

A continuación presentamos, en la primera parte, la producción bibliográfica nacional desagregada por entidad territorial, esto es, el número de productos que han sido publicados en cada departamento y el Distrito Capital, así como un diagrama en el que se exponen los resultados para cada territorio en función de las medidas de densidad y centralidad de las palabras analizadas en los documentos científicos. La segunda parte, expone el análisis detallado para el grupo de departamentos emergentes tipo A. Para ello exhibimos una síntesis de las apuestas productivas de los departamentos y una breve descripción de la temática de mayor relevancia, a partir del análisis realizado a los resúmenes de los documentos por entidad territorial. Es preciso reconocer que esta definición de la temática es aún preliminar, puesto que requiere de un ejercicio más amplio de consulta a expertos.

2.3.1. Producción bibliográfica nacional y valores de densidad y centralidad

En la tabla 2.5 presentamos el número de publicaciones en ISI y Scopus reportadas por las 33 entidades territoriales, en el período comprendido entre 2001 y 2010. La Región corresponde a la distribución definida por el Departamento Nacional de Planeación en el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 "Prosperidad para Todos".

La gráfica 2.2 se construyó con base en los resultados obtenidos para cada departamento. Tomamos el grupo de palabras que en cada territorio alcanzó el valor máximo de centralidad y densidad. En el cuadrante I (superior derecho) aparecen los

Tabla 2.5. Producción bibliográfica por departamentos, 2001 - 2010

Región	Departamento	WoS	Scopus	Documentos únicos
Caribe	Atlántico	240	444	444
	Bolívar	224	314	317
	Cesar	8	44	44
	Córdoba	147	243	243
	La Guajira	6	10	12
	Magdalena	171	207	222
	San Andrés, Providencia y Santa Catalina	19	27	27
	Sucre	38	59	62
Centro-Oriente	Boyacá	115	179	195
	Cundinamarca	141	358	358
	Norte de Santander	92	184	184
	Santander	1.050	1.670	1.679
	Bogotá D. C.	6.950	8.687	9.694
Eje Cafetero	Antioquia	3.884	4.983	5.569
	Caldas	503	782	800
	Quindío	102	175	177
	Risaralda	139	252	256
Pacífico	Cauca	169	324	329
	Chocó	29	31	34
	Nariño	112	135	155
	Valle del Cauca	2.535	3.314	3.759
Centro-Sur	Amazonas	33	43	44
	Caquetá	9	21	23
	Huila	30	60	60
	Putumayo	4	6	6
	Tolima	106	146	155
Llano	Arauca	0	4	4
	Casanare	3	4	4
	Guainía	0	0	0
	Guaviare	1	1	1
	Meta	50	68	74
	Vaupés	3	4	4
	Vichada	0	1	1

Fuentes: Web of Science y Scopus (consulta: 20 de noviembre de 2011)
Cálculos: propios

departamentos con los grupos de palabras con más alto índice de centralidad[12] y densidad, esto es, territorios con alta especialización en su producción y con conglomerados de palabras que están altamente relacionados con los demás identificados para el departamento. En el cuadrante II (superior izquierdo) se encuentran los departamentos con alta especialización pero poco índice de centralidad, es decir, que el conglomerado identificado no influye significativamente en los demás grupos de palabras establecidos para ese territorio. En el cuadrante III (inferior izquierdo) se hallan las entidades territoriales con grupos de palabras que muestran valores de centralidad y densidad menores, o sea, territorios con alta diversidad en su producción científica y donde el conglomerado que se destaca no influye en un alto grado en los demás grupos de palabras identificados para el departamento. Finalmente, en el cuadrante IV (inferior derecho) se ubican los departamentos con grupos de palabras altamente centrales pero con baja densidad.

Es preciso mencionar que los departamentos con mayor producción tienen una alta probabilidad de ser diversos, lo que implica que a mayor producción bibliográfica los resultados para un conglomerado no sean significativamente diferentes a los de los demás. Así mismo, es de esperar que las publicaciones de los departamentos con baja producción sean obra de unos pocos grupos con líneas de investigación muy específicas, lo cual conlleva a que el conglomerado de palabras que surja influencie en mayor medida a los restantes.

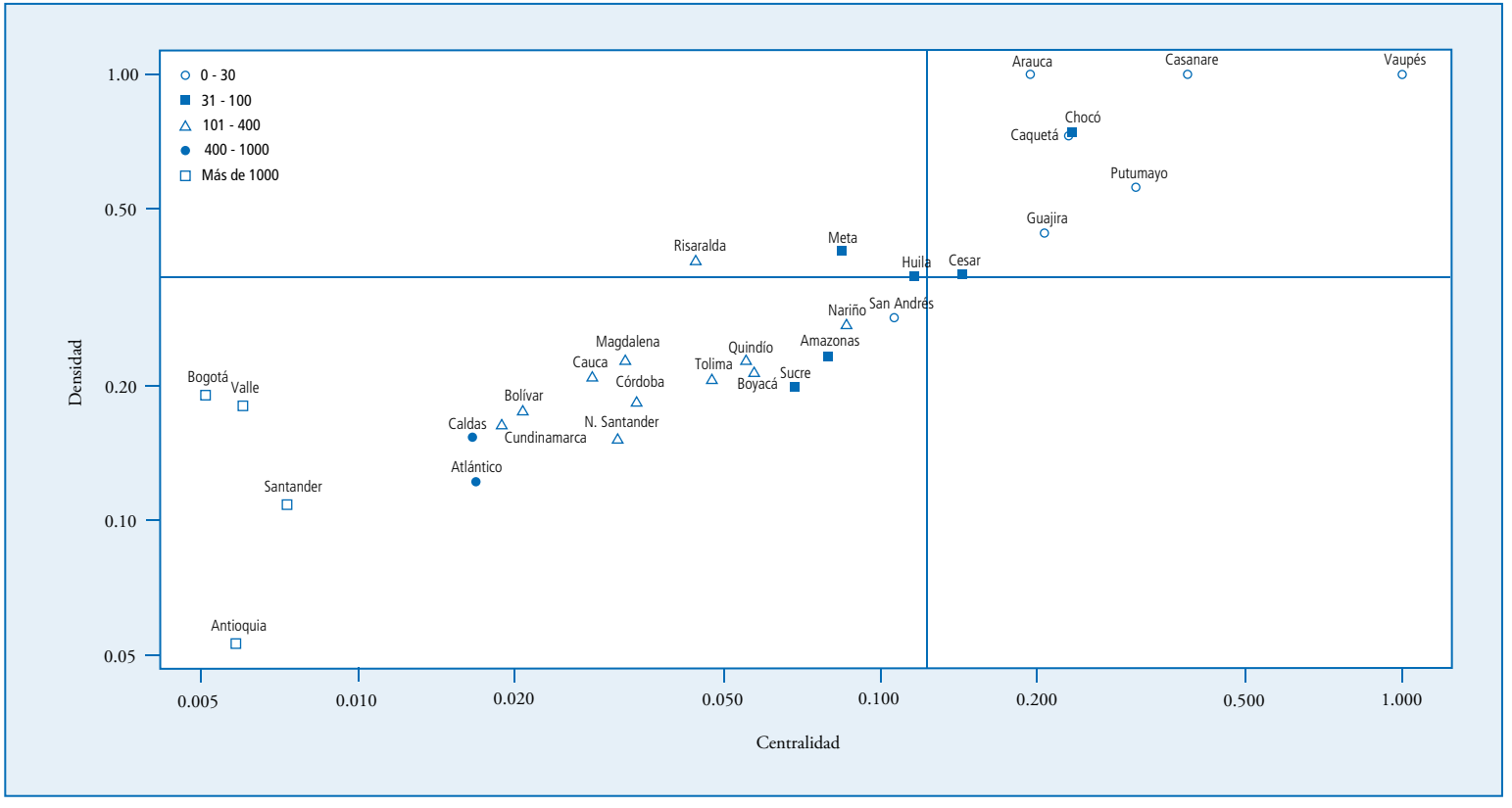
En la tabla 2.6 presentamos los tres grupos de palabras o conglomerados con mayores índices de centralidad y densidad por entidad territorial. La palabra con el valor más alto tiene asociadas, en la fila de debajo, las tres palabras clave13 representativas de cada conglomerado. A partir de estas palabras el lector puede inferir, en algunos casos, las temáticas más desarrolladas en cada ente territorial, ya que son las que poseen mayor relación con las demás (Rodríguez, 2007, p. 8).

A manera de ejemplo: Amazonas cuenta con un conglomerado representado por la palabra *Carbon* y tiene asociadas palabras clave *average, fertility y soil*, que por tener los mayores índices de asociación son las representativas de este departamento.

12 En este cuadrante figuran los grupos cuyas palabras constitutivas aparecen con alta frecuencia de forma simultánea en diferentes documentos. Debido a que la centralidad mide el nivel de relación de un grupo con los demás, muestra la importancia de la temática en general, por ello si un conglomerado tiene un índice de centralidad alto, significa que la temática representada por este tiene un alto impacto sobre las demás temáticas (Rodríguez, 2007, p. 3).

13 Para efectos de este capítulo se toman, para cada conglomerado, las tres palabras clave con mayores índices de asociación. También se escogen por cada entidad territorial los tres clúster con mayores valores de densidad y centralidad.

Gráfica 2.2. Ubicación de los departamentos, según densidad y centralidad de los conglomerados de palabras



Cálculos: elaboración propia

Tabla 2.6. Palabras con mayor densidad y centralidad (conglomerados desarrollados y centrales)

Región	Departamento	Palabras con mayor densidad y centralidad		
Caribe	Atlántico	Wurtzite	Multicast	Transfer
		Lapw, linearized, plane	Split, tree, traffic	Fluid, heat, interface
	Bolívar	IgE	Atom	Age
		Tropicalis, blomia, mite	Descriptor, dft, lyp	Study, confidence, Cartagena
	Cesar	Cryptographic		
		Decryption, encryption, random		
	Córdoba	Heritability	Unimolecular	
		Orejinegro, contemporary, trait	Log, mol, elimination	
	La Guajira	Circuiting		
		Hydraulic, pathway, rhodamine		
	Magdalena	Quantum	Excavate	Biol
		Donor, electron, ground	Encrust, cliona, tenuis	Permanent, national, tayrona
	San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Resource	Coral	Caribbean
		LTD, management, local, archipielago	Reef, major, marine	Measure, related, dry, mangrove
	Sucre	Gomezi	Size	
		Lutzomyia, dubitans, evansi	Mitochondrial, RNA, gene	
Centro-Oriente	Boyacá	Catalyst	Chemisorption	
		Hydrogenation, hydrogen, selectivity	Heptane, tpr, tem	
	Cundinamarca	Mental	Aphid	Student
		Composite, disorder, international	Glycines, soybean, cotton	Computer, flight, universidad
	Norte de Santander	Construction	Certification	
		Cycle, warming, environmental	Mobile, protocol, public	
	Santander	Diet	Cruzi	Colombia
		Rice, basal, Fe	Disease, patient, chagas	Study, regression, population
	Bogotá D. C.	Tevatron	Patient	Boson
		Fermilav, TEV, collider	Clinical, study, age	Quark, Higgs, top
Eje Cafetero	Antioquia	Lupus	Age	Polymorphism
		Erythematosus, patient, clinical	Risk, déficit, children	Allele, gene, polymerase
	Caldas	Film	Cathode	Hampei
		Ray, arc, substrate	Electrode,target, anode	Borer, berry, hypothenemus
	Quindío	Fin	GaSb	
		Anal, lateral, dorsal	Photoreflectance, semiconductor, epitaxy	
	Risaralda	Bond	Ferromagnetic	Location
		Laser, graphite, deposited	Magnetic, superconductor, plasma	Opportune, fault, impedance
Pacífico	Cauca	XRD	Susceptibility	ISO
		Powder, ceramic, electron	Genotype, gstm, smoke	harmonization, organization, IEC
	Chocó	Conversion		
		Diet, fattening, libitum		
	Nariño	Link	Stacking	Gastric
		Bond, hydrogen, adopt	Chain, interaction arene	Pylori, helicobacter, cáncer
	Valle del Cauca	Hydrogen	Alloy	Corporaci
		Bond, link, crystallography	Hyperfine, Bcc, paramagnetic	Dica, editora, Valle, specie, population

Región	Departamento	Palabras con mayor densidad y centralidad		
Centro-Sur	Amazonas	Carbon		
		Average, fertility, soil		
	Caquetá	BiMnO	Film	
		Hysteresis, loops, magnetron	Substrate, diffraction, ray	
	Huila	Reservoir	Slope	Characterize
		Pressure, flow, derivative	Plot, intercept, tiab	Mention, paper, systems
	Putumayo	Female		
		Species, vector, adult		
	Tolima	Rhodnius	Biopsy	
		Rangeli, cruzi, colombiensis	Gastric, Helicobacter pylori, genotype	
Llano	Arauca	Benefit		
		Control, design, receiving		
	Casanare	Degree		
		Insect, species		
	Meta	Gill	Cryopreserved	Antibody
		Hyperplasia, histopathological, proliferative	Dimethyl, fertility, fresh	ELISA, sectional, population
	Vaupés	Conditions	Amerindian	
		Disease, patients, person	Children, clinical, community	

Fuente: elaboración propia

2.3.2. Análisis de la producción de documentos científicos en los departamentos "emergentes" del país

La nueva economía global, que está basada en el conocimiento, ha puesto de manifiesto la necesidad de adaptar las estructuras productivas locales y nacionales con miras a afrontar la competencia generada por el crecimiento de las economías emergentes (grupo BRICS)[14] o más destacadas en los años recientes. El común denominador de estas ha sido la identificación de sus potencialidades, el fortalecimiento de sus modelos educativos, la flexibilización de estructuras arancelarias y tributarias, la subvención y el acompañamiento a actividades económicas innovadoras que le generen a sus nacionales un mayor ingreso. Esto les ha permitido ofrecer bienes y servicios de mayor valor agregado y procesos de escalamiento dentro de las cadenas globales de valor, mediante programas de largo plazo.

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2011), "la generación de nuevo conocimiento, el progreso tecnológico y la innovación son factores determinantes en el crecimiento de una economía". Estos factores se encuentran estrechamente ligados al territorio y habitualmente se originan en el ámbito local. Dicha conexión hace que las acciones encaminadas a potenciar los procesos de innovación desde la dimensión regional resulten especialmente relevantes. Por esta razón, actualmente existe un renovado interés en potenciar el desarrollo económico desde el ámbito regional o local, en el entendido de que el territorio no se comporta como un sustrato neutro para la actividad económica, sino que implica un sistema dinámico de actores que interactúan entre sí y presentan capacidades evolutivas específicas.

14 Sigla que hace referencia a: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica.

A partir de la información de la tabla 2.7, encontramos como común denominador en los departamentos, tanto del grupo *emergentes tipo A* como de *emergentes tipo B*, una apuesta explícita hacia el sector de la agroindustria. El tema agrícola es uno de los más importantes para el territorio colombiano, en sus dos vertientes: la industria agroalimentaria y la de biocombustibles. En estos existen tensiones que pueden relacionarse con los esquemas de planificación y fomento orientados desde el nivel nacional hacia la atención de mercados internacionales que muestran desarticulaciones con las capacidades locales.

Lo anterior es producto de que los países en desarrollo han logrado, en los años recientes, una mejora sustancial en cuanto a intercambio de productos básicos y materias primas (*commodities*), gracias al incremento en la demanda de alimentos y biocombustibles por parte de países emergentes como China, India y Brasil. A su vez, los países industrializados han cedido terreno a las naciones emergentes en el mercado de alimentos procesados, dado que los países en desarrollo buscan mejorar sus ingresos a través de la generación de valor agregado pasando de ser países productores y exportadores de materia prima a países industrializados, exportadores de bienes de alto valor y contenido tecnológico y de servicios. Esto implica esfuerzos para la inversión en CTI con miras a una transformación productiva exitosa que finalmente posibilite el acceso y permanencia en los mercados globales.

Si bien el desarrollo presentado en este capítulo no logra avanzar en la identificación de la inversión en CTI a nivel local, sí brinda elementos sobre los temas que son mayormente trabajados por los grupos de investigación e investigadores de referencia en los departamentos, teniendo en cuenta que estos alcanzan una madurez tal en sus procesos de producción de conocimiento que les permite circular en comunidades académicas especializadas y con altos estándares de calidad.

En ese orden de ideas, la información que exhibimos en la tabla 2.8 da cuenta de la oferta de los grupos de investigación e investigadores que podrían atender las necesidades del sector productivo local. Aunque no es totalmente cierto que los procesos de investigación deban ocuparse ciento por ciento de las necesidades locales, con la reforma al régimen de regalías los departamentos y municipios adquieren un papel protagónico sin precedentes en cuanto a la ejecución de recursos para la promoción de la CTI. Por ello, se hace imperativo identificar y fortalecer las capacidades locales que potencien la inversión y el aprovechamiento efectivo de los recursos destinados a la financiación de proyectos regionales de CTI. Como lo afirma el Consejo Privado de Competitividad (2012, p. 120), esta estructura busca que "los proyectos de CTI, que se formulen y presenten para ser financiados por regalías, consideren las vocaciones de la región, sus capacidades instaladas y sus ventajas competitivas, las cuales deben estar identificadas en sus planes regionales de competitividad, y en la medida en que se logre, que se enmarquen en las áreas estratégicas que defina el Gobierno como apuestas nacionales en CTI".

Tabla 2.7. Sectores priorizados en las agendas internas para la productividad y la competitividad de los departamentos emergentes

Departamentos	Agenda interna para la productividad y la competitividad	Clúster no agropecuarios en Colombia
	Departamentos emergentes tipo A	
Atlántico	Agroindustria: yuca, frutales, lácteos, cárnicos y productos acuícolas. Industria: diseño y confecciones, metalmecánica, materiales para construcción (cemento y tejas). Servicios: logística portuaria y de comercio internacional, turismo de negocios, exportación de servicios de salud.	En desarrollo: farmacéuticos, manufacturas metálicas, productos químicos.
Caldas	Agroindustria: aprovechamiento sostenible de la biodiversidad tropical andina. Productos como cafés, cafés especiales, biocombustibles, forestales, hortofrutícola, flores y follajes, caña panelera, hongos tropicales, pecuario y plantas aromáticas (bioextractos). Minería y energía: generación hidroeléctrica, manganeso, carbón, riqueza aurífera, geotermia y calizas. Industria: metalmecánica, con énfasis en herramientas y en maquinaria y equipos; confecciones y calzado. Servicios: turismo (ecoturismo, paisaje cultural cafetero, termalismo, agroturismo), servicios de salud de alta especialización, generación de oferta educativa y creación e industrialización del conocimiento.	En desarrollo: maquinaria y eléctricos, servicios financieros, cuero y calzado.
Risaralda	Agroindustria: productos para los mercados verdes nacionales e internacionales; flores tropicales y follajes; cafés especiales; caña: panela y alcoholes industriales; frutas: mora y lulo; plátano; plantaciones forestales industriales: pulpa, madera aserrada y productos a base de madera; producción forestal comunitaria con especies maderables valiosas: nogal cafetero, guayacán amarillo, guayacán lila y cedro rosado; guadua. Industria: confecciones, calzado, metalmecánica. Servicios empresariales y personales: comercio; fortalecimiento de Pereira y de su Área Metropolitana como epicentro comercial de la región Centro Occidente; transporte público; industria del software; turismo, con énfasis en ecoturismo, turismo de aventura, termalismo y turismo de salud; servicios de salud para turistas internacionales. Otros (apuestas transversales): creación de la Zona para la Competitividad Económica, Tecnológica y de Servicios; apoyo a iniciativas para la sostenibilidad y la generación de empleo en la región.	En desarrollo: productos forestales, cuero y calzado, textiles y confecciones.
Santander	Agroindustria: sistemas agroforestales: cacao, palma de aceite, caña y alcoholes, carburantes, frutales (guayaba, cítricos, mora, piña, aguacate), forestales, caucho, proteína animal: productos avícolas y bovinos. Minería y energía: oro y carbón, generación de energía eléctrica, combustibles: hidrocarburos (petróleo y gas) y biocombustibles. Industria: prendas de vestir (calzado, confecciones y joyería). Servicios: turismo (de aventura, histórico, cultural, religioso, ecoturismo), salud, educación-tecnologías de información y comunicación, creación del Parque Tecnológico de Innovación y Emprendimiento en TIC de Santander (Parquetíes); desarrollo de la informática, de las tecnologías de información y comunicación y aprendizaje.	En desarrollo: cuero y calzado, productos y servicios de petróleo y gas. Establecido: joyería y metales preciosos.
	Departamentos emergentes tipo B	
Bolívar	Agroindustria: hortofruticultura: mango, papaya, guayaba, maracuyá, hortalizas, raíces y tubérculos, tanto en fresco como en procesado (pulpas, jugos, compotas); tabaco negro; algodón; cultivo de palma de aceite, procesamiento industrial de aceite de palma y palmiste y producción de biodiesel; plantaciones forestales comerciales para proveer a la industria regional de tableros y muebles; cacao; cadena piscícola: tilapia roja para exportación y tilapia plateada para el mercado nacional; ganado bovino doble propósito. Minería: oro y orfebrería. Artesanías: tejidos y hamacas de San Jacinto. Industria: cadena petroquímica-plásticos. Servicios: turismo (histórico-cultural; sol-playa y ecoturismo; turismo de veleros y crucero, congresos, convenciones y eventos), servicios logísticos para el comercio portuario.	

Departamentos	Agenda interna para la productividad y la competitividad	Clúster no agropecuarios en Colombia
Boyacá	Agroindustria: clúster agroalimentario (papa, frutas y hortalizas, quinua, caña panelera, cárnicos y lácteos), fique y producción de empaques (ecofiques) y extracción de sustancias farmacéuticas y alcoholes carburantes, cadena forestal. Minería y energía: esmeraldas certificadas para exportación; carbones metalúrgicos; mineral de hierro, calizas, arcillas, yeso, puzolana y roca fosfórica. Artesanías y joyería: producción y comercialización de artesanías. Servicios: turismo histórico, cultural y ecoturismo; transporte y logística.	En desarrollo: minería e industrias metálicas básicas, minería no metálica. Establecido: minería del carbón.
Cauca	Agroindustria: creación de una empresa comercializadora asociativa para impulsar las agrocadenas del fique, la guadua, la piscicultura, la panela, la seda, el chontaduro, la miel de abejas, el totumo, entre otras; café especial; producción hortofrutícola y su agroindustria; productos como fresa, lulo, tomate de árbol, mora, piña, tomate de mesa, espárrago, aguacate, chontaduro; ganadería de carne y de leche; cadena forestal. Minería y energía: oro, arcilla, carbón, azufre, minerales de mármol, caliza, bauxita, piedras semipreciosas, material de arrastre y agregados pétreos. Industria: consolidar el conglomerado industrial del norte del Cauca; subsectores de artes gráficas y manufacturas de papel, productos químicos y farmacéuticos, productos alimenticios y agroindustriales, metalmecánica, entre otros. Artesanías y joyería: fortalecer el sector artesanal del Cauca; oficios y tradiciones como cerámica, cestería, tejeduría, artesanías religiosas, artesanías étnicas, papel, totumo, madera, guadua, cuero, piedra, joyería. Servicios: turismo cultural resaltando los procesos productivos, las expresiones y prácticas ancestrales de las comunidades y sus manifestaciones (artesanías, ritos, medicina tradicional); industria del software. Otros: aprovechar los recursos marítimos del Pacífico caucano, impulsando a Guapi como puerto alternativo con participación del sector privado "Cauca región de conocimiento"; oferta de conocimientos científicos, tecnológicos y ancestrales.	En desarrollo: productos forestales, maquinaria y eléctricos.
Cundinamarca	Agroindustria: flores, frutas exportables, hortalizas; hierbas aromáticas y medicinales; lácteos con valor agregado, productos alimenticios elaborados. Industria: textiles y confecciones (tejidos de punto, tejeduría de productos textiles, fabricación de otros textiles y acabados de productos textiles); papel, imprenta, editorial y artes gráficas; automotor y autopartes; productos químicos y plásticos; otros productos químicos (cosméticos, aseo, farmacéuticos, agroquímicos); material de construcción, cerámica y vidrio (producción de minerales no metálicos y vidrio); industria de bebidas (bebidas alcohólicas, fermentadas no destiladas, maltas y cervezas, bebidas no alcohólicas, aguas minerales). Servicios: servicios empresariales y profesionales; servicios de outsourcing; salud de alta complejidad; servicios de salud (cardiología, cirugía plástica, fertilidad, odontología, oncología, rehabilitación y trasplantes); informática, telecomunicaciones y desarrollo de software; programa estratégico de la Empresa de Teléfonos de Bogotá para llevar portafolio de servicios en TIC a todos los municipios; turismo; Bogotá: destino multipropósito, negocios, cultura, recreación, salud, estudios superiores, eventos especializados; infraestructura hotelera desarrollada; Cundinamarca: rural, agroturismo, ecoturismo, turismo religioso, turismo de aventura, convenciones, turismo de salud. Sectores promisorios: biocombustibles: alcohol carburante a partir de caña de azúcar, carbón: coque y semicoque de hulla; cuero; calzado y marroquinería: potencial en bolsos y marroquinería.	Establecidos: farmacéuticos, cosméticos, maquinaria y eléctricos, TIC, automotores y autopartes, joyería y metales preciosos, cuero y calzado.

Fuente: Agenda interna para la productividad y la competitividad de los departamentos de Atlántico, Caldas, Risaralda, Santander, Bolívar, Boyacá, Cauca y Cundinamarca; Plan de Desarrollo 2010 - 2014 "Prosperidad para todos" (2012)

Tabla 2.8. Temáticas identificadas a partir de los conglomerados con mayores valores de densidad y centralidad en los departamento emergentes*

Departamento	Conglomerado	Palabras clave	Posible temática asociada
Departamentos emergentes tipo A			
Atlántico	Multicast	Split, tree, traffic	Redes, informática y algoritmia, minerales y su estructura cristalina, física del estado sólido y termodinámica.
	wurtzite	Lapw, linearized, plane	
	transfer	Fluid, heat, interface	
Caldas	Film	Ray, arc, substrate	Físico-química aplicada específicamente a la creación de películas o estructura finas, física del electromagnetismo y biología (plagas específicas que atacan el cultivo del café).
	Cathode	Electrode,target, anode	
	Hampei	Borer, berry, hypothenemus	
Risaralda	Bond	Laser, graphite, deposited	Física, específicamente electromagnetismo y propiedades físicas de algunos materiales.
	Ferromag netic	Magnetic, superconductor, plasma	
	location	Opportune, fault, impedance	
Santander	Diet	Rice, basal, Fe	Biología y ciencias de la salud como biodisponibilidad de algunos minerales en los humanos y detección y tratamiento de enfermedades específicas.
	Colombia	Study, regression, population	
	Cruzi	Disease, patient, chagas	
Departamentos emergentes tipo B			
Bolívar	IgE	tropicalis, blomia y mite	Detección de alérgenos específicos y configuración electrónica en moléculas hasta estudios afines a la psicología.
	atom	descriptor, dft, lyp	
	age	study, confidence, Cartagena	
Boyacá	catalyst	hydrogenation, hydrogen, selectivity	Reacciones químicas y propiedades catalíticas de algunas sustancias lo cual las enmarca en áreas afines a las ciencias naturales y exactas, específicamente química.
	Chemi sorption	heptane, tpr, tem	
Cauca	XRD	powder, ceramic, electron	Física (difracción de rayos X), biología (afectaciones genotípicas por factores exógenos) y áreas conexas a la administración (estándares de calidad y modelos de gestión en las organizaciones).
	Suscep tibility	genotype, gstm, smoke	
	ISO	harmonization, organization, IEC	
Cundinamarca	mental	composite, disorder, international	Desórdenes mentales en el ciclo de vida de las personas y plagas, que afectan cultivos específicos; asuntos afines a la psicología y biología respectivamente, así como a la informática.
	aphid	glycines, soybean, cotton	
	student	computer, flight, universidad	

Fuente: elaboración propia

* Para hacer la aproximación a las temáticas asociadas a los conglomerados y sus palabras clave se realizó una consulta preliminar a expertos

En los anexos 2.1 y 2.2 presentamos la red de palabras para el conglomerado que se destaca en cada uno de los departamentos que ubicamos como emergentes. Con esta red es posible que el autor pueda tener otra aproximación a la temática desarrollada en cada territorio.

2.4. Conclusiones

Hemos presentado una aplicación de la bibliometría en atención al surgimiento de nuevas demandas de información a nivel departamental (subnacional). Estas demandas son producto de un cambio en el entorno, que ha propiciado la consolidación de nuevos actores (tanto públicos como privados), en un proceso de toma

de decisiones con mayor complejidad. Pese a las diferencias existentes en el interior del país, las regiones son vistas como unidades estadísticas importantes que deben ser consideradas en el análisis (Archibugi & Coco, 2005), por ende, la facilidad de acceso computado a un número creciente de información y variedad de medidas de la CTI facilita la toma de decisiones de los actores (Freeman & Soete, 2009).

El análisis de política, tanto nacional como departamental, no permitió observar que el desarrollo científico y tecnológico se concibe, hoy en día, como una estrategia focal y central para el fomento del desarrollo productivo, económico y social del país, en el que se pretende dinamizar, innovar y robustecer los sectores productivos y sociales por medio del fortalecimiento de capacidades para la generación de conocimiento, innovación, diversificación de la economía y de agregación de valor a los bienes y servicios, todo lo anterior basado en el desarrollo científico y tecnológico. Como lo afirma el Consejo Privado de Competitividad (2010, p. 264), "la clave para alcanzar mayores y mejores niveles de calidad de vida en una región es el desarrollo de un ambiente productivo que impulse la innovación y produzca aumentos continuos de la productividad", de allí que hoy en día se considere a la innovación como el mecanismo óptimo para garantizar la competitividad de un país en el largo plazo y asegurar que el crecimiento económico sea sostenible.

En esta primera observación a la producción científica en los departamentos, con el objetivo de avanzar en la discusión sobre la pregunta por su relación con las declaraciones de política local, hemos identificado que los intereses de la comunidad científica no tienen un vínculo directo con las temáticas definidas en las agendas internas de competitividad. No obstante, se requieren estudios posteriores acompañados del cálculo de otros indicadores como el gasto dedicado a I+D (en inglés *GERD: Gross Expenditures on R & D*), el número de personal dedicado a I+D, indicadores de resultados tecnológicos (patentes) e indicadores de innovación tecnológica, entre otros.

Es preciso avanzar en estudios como el aquí propuesto, dado que las orientaciones nacionales plantean un desafío para el país en el sentido de realizar un esfuerzo grande y sostenido para acelerar el desarrollo científico y tecnológico, con el fin de recuperar el tiempo perdido y lograr una profunda transformación productiva y social, que nos permita ir cerrando la amplia brecha que nos separa de los países más avanzados e incluso de algunos latinoamericanos (Departamento Nacional de Planeación, 2006). La normatividad vigente busca incrementar el valor agregado del aparato productivo a través del fortalecimiento de la innovación en los sectores más tradicionales, y la promoción del desarrollo de sectores emergentes. Esto se logra, según su primer lineamiento estratégico, con focalización de la acción pública en las áreas estratégicas para garantizar que las capacidades de ciencia y tecnología brinden respuestas adecuadas a las necesidades de transformación productiva. Para este propósito se generarán espacios de exploración conjunta de nuevas oportunidades de negocio, de explotación de ventajas comparativas y de generación de ventajas competitivas (Departamento Nacional de Planeación, 2010b).

Referencias

Archibugi, D., & Coco, A. (2005). Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice. *Research Policy*, 34(2), 175 - 194.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2011). *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*. Washington D. C.

Colciencias. (2006). *Plan Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación 2007 - 2019*. Informe de Avance. Propuesta de trabajo para divulgación y concertación.

Colciencias. (2008a). *Política nacional de fomento a la investigación y la innovación (documento para discusión).* Bogotá D. C.

Colciencias. (2008b). *Modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación, año 2008*. Bogotá, D. C.

Consejo Privado de Competitividad. (2010). *Mapa de clústeres no agropecuarios en Colombia*. Bogotá, D. C.

Consejo Privado de Competitividad. (2012). *Informe nacional de competitividad, ruta a la prosperidad colectiva*. Bogotá D. C.

Courtial, J. (1990). *Introduction à la scientométrie*, Paris: Anthropos.

Presidencia de la República, DNP & Colciencias. (2006). *Visión Colombia II Centenario: 2019. Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología e innovación*. Bogotá D. C.: DNP.

Departamento Nacional de Planeación. (2008). *Documento Conpes 3527: Política nacional de competitividad y productividad*. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación. (2009). *Documento Conpes 3582: Política nacional de ciencia, tecnología e innovación*. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación. (2010a). *Documento Conpes 3678: Política de transformación productiva: un modelo de desarrollo sectorial para Colombia*. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación. (2010b). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014. Prosperidad para Todos*. Bogotá: DNP.

Freeman, C., & Soete, L. (2009). Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past. *Research Policy*, 38(4), 583 - 589.

Gläser, J. & Laudel, G. (2007). The social construction of bibliometric evaluations. In: *The changing governance of the sciences. The advent of Research Evaluation Systems*, Springer, p. 101 - 120.

Godin, B. (2005). *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*. London: Routledge.

Godin, B. (2007). Science, accounting and statistics: The input-output framework. *Research Policy*, 36(9), 1388 - 1403.

Kim-Song, T. & Sock-Yong, P. (2005). *From efficiency-driven to innovation-driven economic growth: perspectivas from Singapore*. Singapore Management University.

Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory.* Oxford: Oxford University Press.

Livingstone, C. (2000). *Transcript of the Warren Centre´s 2000 Innovation Lecture*. Sydney.

Lotka, A. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Science*, 16 (12), 317 - 323.

Lundvall, B. Å. (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Printer Publishers Ltd.

Manning, C., Raghavan, P. & Schütze, H. (2008). *Introduction to information retrieval*. Cambridge: Cambridge University Press.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2002). *Manual de Frascati. Medición de las actividades científicas y tecnológicas. Propuesta de norma práctica para encuestas de investigación y desarrollo experimental*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (1995). *Technology, Productivity and Job Creation*, vols. I and II. The OECD Job Strategy. Paris: OECD.

Ruiz, C., Pardo, M., Usgame D. & Usgame G. (2010). Caracterización de las capacidades departamentales de investigación. Una mirada a través de los grupos de investigación. En Mónica Salazar (Dir.). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010.* Bogotá: OCyT.

Piedra Salomón, Y. & Martínez Rodríguez, A. (2007). Producción científica. *Revista Ciencias de la Información*, vol. 38, p. 33 - 38.

R Development Core Team. (2011). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. http://www.R-project.org/.

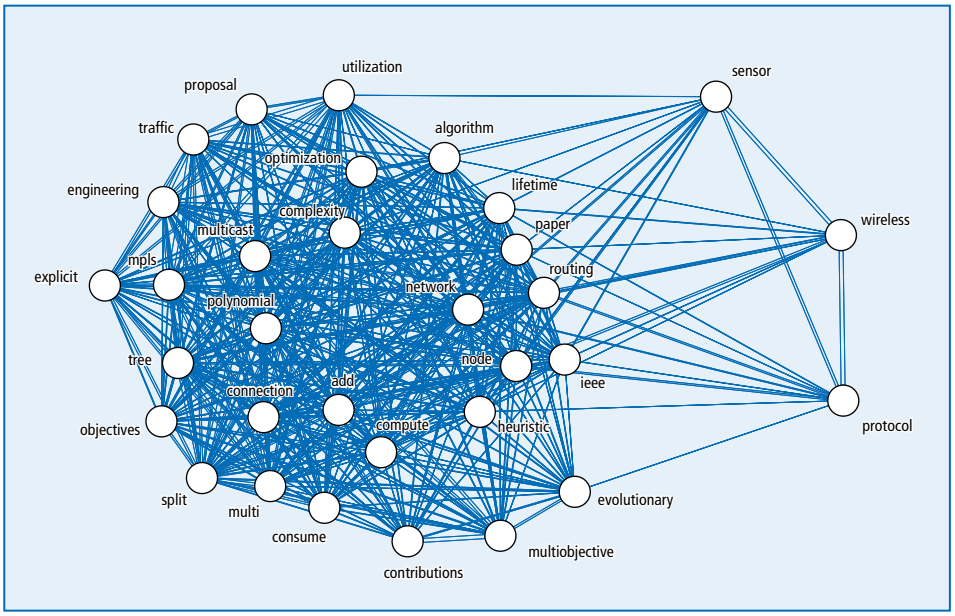
Rodríguez, D.H. & Pardo, C.E. (2011). mpa: CoWords Method. R package version 0.7.3. http://CRAN.R-project.org/package=mpa

Rodríguez, H. (2007). *Programación en R del método de las palabras asociadas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística.

Whitley, R. (2007). Changing governance of the public sciences. The consequences of establishing Research Evaluation Systems for knowledge production in different countries and scientific fields. In: *The changing governance of the sciences. The advent of Research Evaluation Systems*, p. 3 - 25.

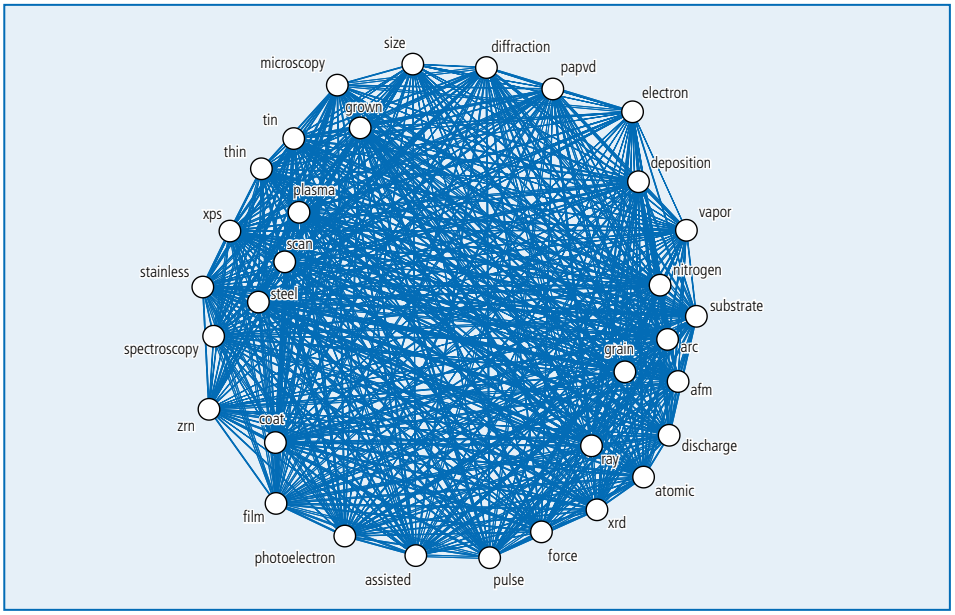
ANEXO 2.1. Red de palabras para el conglomerado que se destaca en cada uno de los departamentos emergentes tipo A

Atlántico



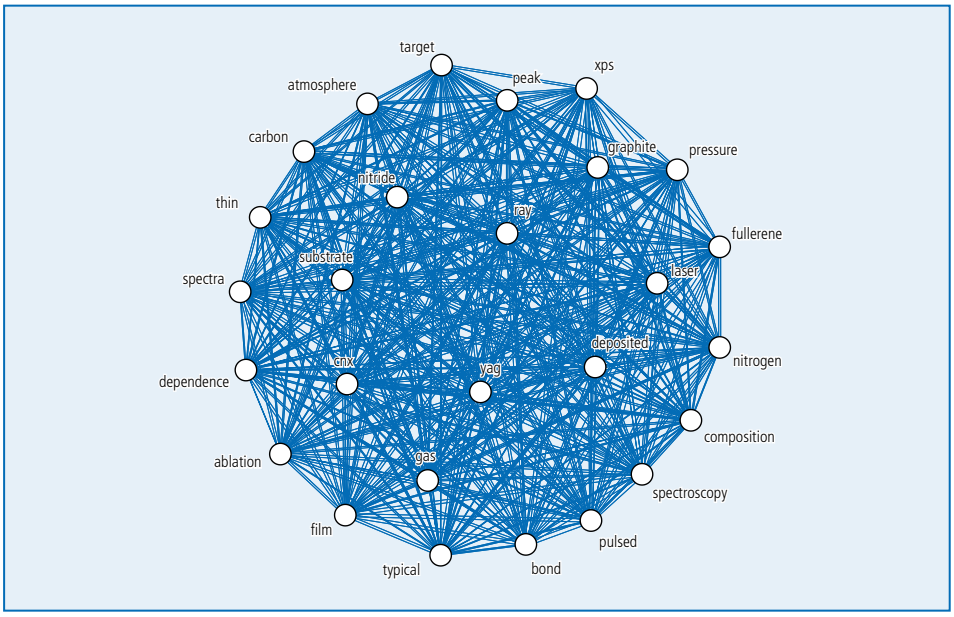
Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Caldas



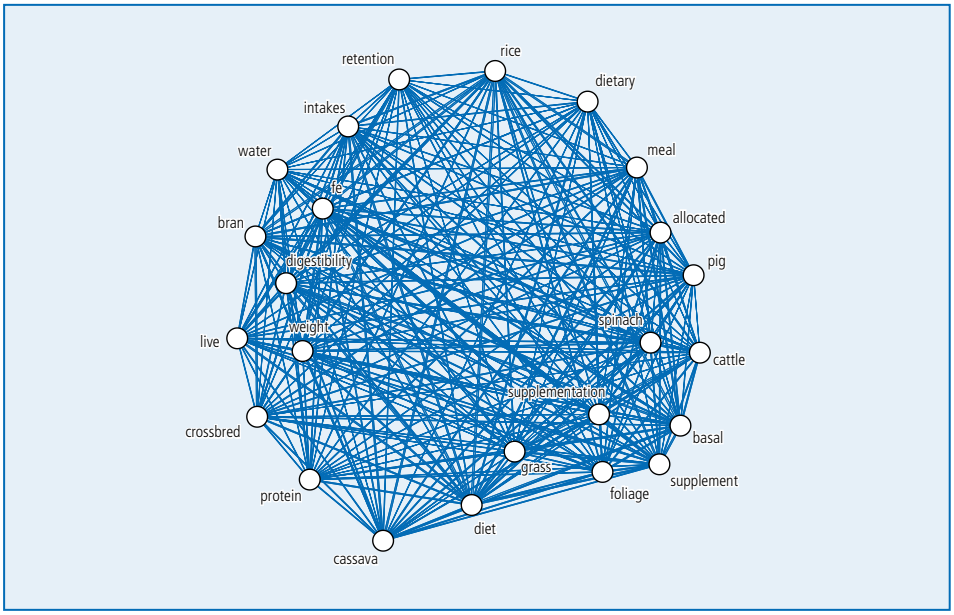
Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Risaralda



Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

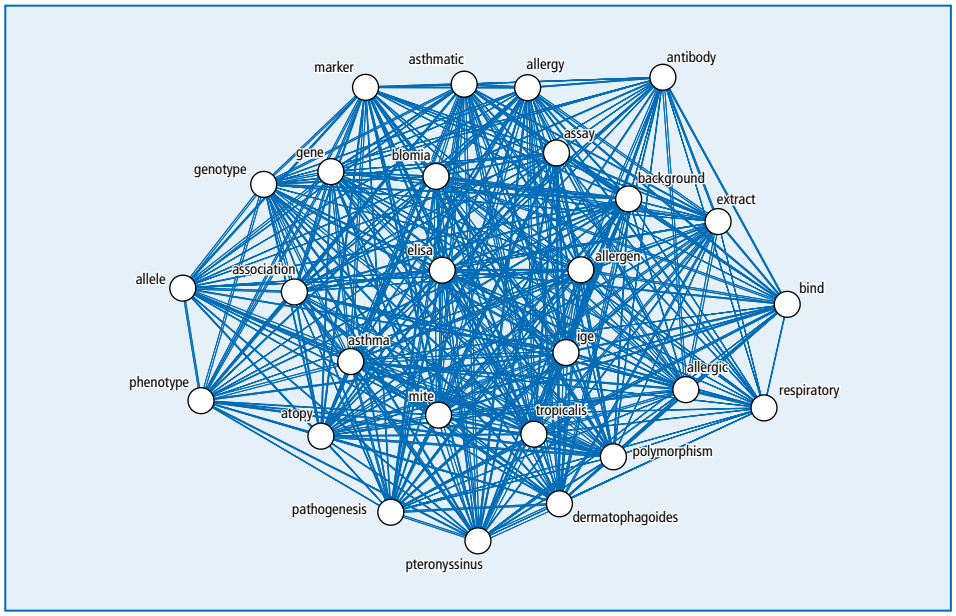
Santander



Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

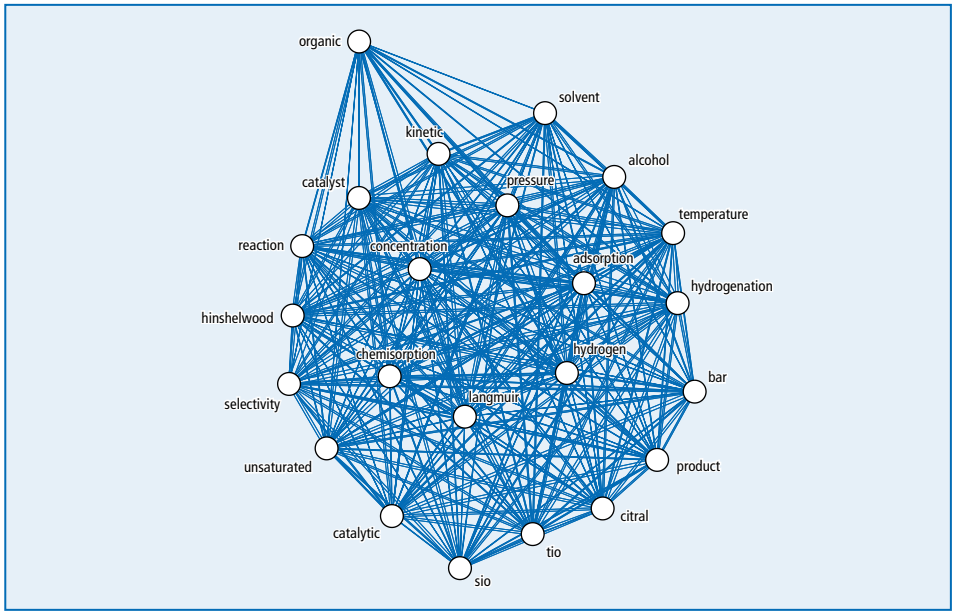
Anexo 2.2. Red de palabras para el conglomerado que se destaca en cada uno de los departamentos emergentes tipo B

Bolívar



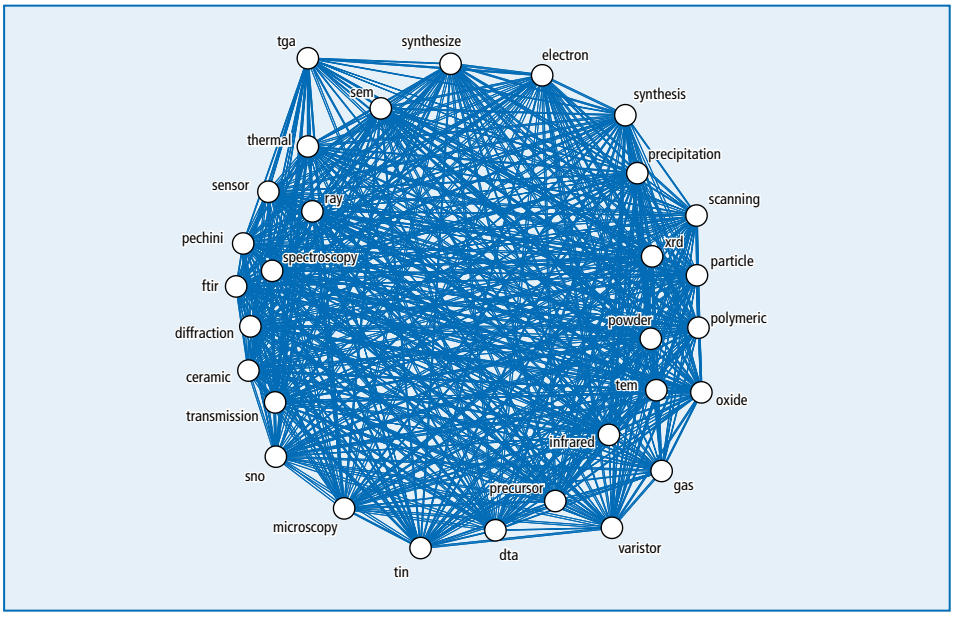
Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Boyacá



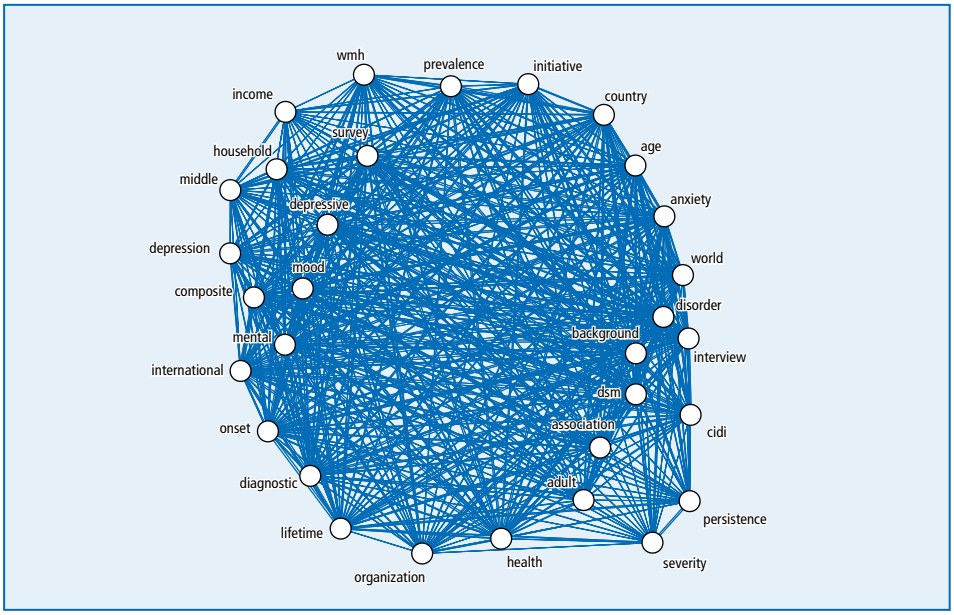
Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Cauca



Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Cundinamarca



Fuente: OCyT, Web of Science y Scopus. Consulta: 20 de noviembre de 2011

Capítulo 3

Capacidades regionales en investigación: balance 2008 - 2011

Jorge Lucio[*], José Montes[†] y Diana Lucio-Arias[‡]

Resumen

De acuerdo con la publicación *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2010,* en el país se invirtió 0,18% del PIB del 2011 en actividades de investigación y desarrollo (OCyT, 2012). Para este mismo año había 4.555 grupos de investigación activos, 15.028 investigadores asociados a grupos y alrededor de 155 programas de doctorado. Gracias a la conjugación de estos recursos financieros, humanos y sociales, en el 2011 había 466 revistas científicas indexadas en el índice bibliográfico nacional Publindex y 5.047 contribuciones de autores afiliados a instituciones colombianas en revistas indexadas en Scopus. Es de esperarse que la distribución regional de capacidades para la investigación muestre algunas diferencias que dependen de las características propias de los distintos territorios. En esta contribución damos una mirada a las asimetrías en las capacidades de investigación de las 33 entidades territoriales colombianas, en la que hallamos que Bogotá D. C., Antioquia y, en menor medida, el Valle del Cauca, se distancian del estado en que se encuentran las demás. El capítulo plantea una agrupación de esos otros departamentos de acuerdo con similitudes en la relación entre insumos y productos de la actividad de investigación.

Palabras clave: Regiones, capacidades de investigación, asimetría de capacidades, I+D.

Abstract

Following the indicators published in 2012 by the OCyT, in Colombia, 0,18% of the GDP was expended in research and development activities (R&D) in 2011. In this year, 4.555 research groups were actively producing new knowledge results (publications, books, chapters, among others), and 15.028 researchers were affiliated to research groups. Colombians could obtain a PhD in one of the 155 programs spread throughout the country. The combination of these financial, human and social inputs allowed for 466 Colombian scientific journals to be categorized

[*] Investigador líder del área de inversión del OCyT. jlucio@ocyt.org.co
[†] Joven investigador del OCyT. jmontes@ocyt.org.co
[‡] Investigadora en áreas de bibliometría e innovación, del OCyT. dlucio@ocyt.org.co

in the national index Publindex. In total, authors affiliated to Colombian institutions published 5.047 documents in Scopus indexed journals. In this chapter we present the regional disaggregation of these indicators in order to assess R&D capabilities in the territories of Colombia. It is to be expected that development asymmetries within the country result in asymmetries in the capabilities to conduct R&D as well. In this contribution we propose an analysis of these capabilities in the 33 territorial entities that compose the country. As can be expected, the largest territories (Bogotá D.C., Antioquia and to a lesser extent, Valle del Cauca) have consolidated their capacities and differ from the rest of the country. We provide an aggregation for the remaining 30 territorial entities considering some similarities between the R&D input-output relations.

Keywords: Regions, research capabilities, asymmetries, R & D.

Introducción

La promoción del desarrollo regional y local se ha caracterizado por basarse en políticas estatales de bienestar y redistribución del ingreso, orientadas a estimular la demanda en las regiones menos desarrolladas, al tiempo que se diseñan mecanismos que buscan promocionar el emprendimiento regional. Sin embargo, estas políticas se han distinguido por implementarse centralizada y homogéneamente, sin considerar las condiciones particulares y las necesidades específicas de los territorios (Amin, 1999). Esto ha incidido en que las iniciativas de promoción regional hayan tenido poco impacto en cuanto a lograr que las regiones menos desarrolladas se encaminen por sendas de crecimiento sostenibles y sustentables. Estudios recientes coinciden en sugerir la heterogeneidad de las regiones como un elemento fundamental que debe ser considerado en el diseño de políticas, de manera que estas respondan a las condiciones específicas de cada territorio (Laranja, Uyarra & Flanagan, 2008; Tödtling & Trippl, 2005; Amin, 1999).

Adicionalmente, las políticas regionales deben favorecer saltos cualitativos en los territorios menos favorecidos. Esto es aún más urgente si lo que se persigue es la consolidación de una sociedad y una economía basada en el conocimiento, donde el desarrollo de infraestructuras para la investigación, la mano de obra calificada y la cultura hacia la innovación pueden tener mayor relevancia para su desarrollo que la disponibilidad de recursos naturales (Cook & Memedovic, 2003).

El diseño adecuado de políticas para el crecimiento y desarrollo regional requiere de un diagnóstico cuidadoso de las capacidades que existen en los distintos territorios y de sus necesidades, aunque estas últimas no se consideran en este capítulo. Si bien las capacidades pueden ser emergentes y depender de elementos contextuales (hallazgos petroleros, fertilidad de tierras, cercanía de ríos y océanos, prioridades de política, entre otros), deben ser fortalecidas y consideradas como los puntos de partida para jalonar el desarrollo de las regiones. El éxito depende, en cierta medida, de la continuidad de las políticas en el tiempo, de su alcance y de su transversalidad (OECD, 2005). En términos de ciencia, tecnología e innovación (CTI), es necesario que el diagnóstico de capacidades incluya la capacidad: de generar, asimilar y adoptar nuevos conocimientos e innovaciones; de diseñar intervenciones apropiadas; de infraestructura y comunicaciones; de recolección, sistematización y actualización de información relevante para apoyar tareas de seguimiento, monitoreo y control a las políticas (Laranja, Uyarra & Flanagan, 2008).

Desde el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), en este capítulo queremos aportar al diagnóstico de estas capacidades desde nuestra experiencia en la producción, recolección, depuración y normalización de información sobre ciencia, tecnología e innovación. En esta contribución nos enfocamos en las capacidades para la investigación, que entendemos como la conjunción de recursos (financieros, humanos y sociales) que existen para esta actividad y los resultados que se están obteniendo en documentos científicos publicados en revistas internacionales, patentes y edición de revistas en cada una de las 33 entidades territoriales colombianas. El capítulo se encuentra estructurado en cuatro secciones: en la primera presentamos una breve

contextualización en donde señalamos algunos de los antecedentes de este análisis, tanto desde el marco de la institucionalidad nacional como desde la experiencia que ha tenido el OCyT en este tipo de temas. En la sección dos proveemos algunas características de la información que utilizamos para el estudio, a la vez que presentamos la metodología para la agrupación de departamentos. La sección de resultados contiene los indicadores descriptivos que utilizamos para proponer una agrupación de entidades territoriales de acuerdo con sus capacidades, así como los resultados de un análisis de componentes principales; esta sección culmina con la propuesta de agrupación y categorización de departamentos y con algunas limitaciones que es necesario considerar. Terminamos el capítulo con unas reflexiones sobre las implicaciones del análisis presentado.

3.1. Contextualización

En Colombia, la promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación ha estado enmarcada por el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)[1], lo cual tiene algunas implicaciones en la manera en que se toman las decisiones y se diseñan las políticas. En el marco de este capítulo es importante resaltar la creación de mecanismos de coordinación dentro del SNCTI, que buscan el sostenimiento de estructuras de gobernanza (Lucio-Arias, Salazar & Durán, 2013) con participación de representantes del sector académico, empresarial y gubernamental (Salazar, 2010). Como parte de estos mecanismos de coordinación, y particularmente de la estrategia de regionalización del SNCTI, se institucionalizaron las Comisiones Regionales de Ciencia y Tecnología (CRCyT) —que operaron durante el periodo comprendido entre 1994 y 2002— y los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI[2]) —desde el 2002— como entes responsables de la planificación y gestión de la estrategia departamental en ciencia, tecnología e innovación (Ruiz et al., 2013a).

A partir del 2011, el cambio en el Sistema General de Regalías (SGR) provenientes de la explotación de recursos naturales no renovables, realizado a través del Acto Legislativo 05, instituye la regionalización del SNCTI como una de las prioridades de la política pública. Uno de los cuatro fondos que se crearon mediante este mismo Acto Legislativo fue el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación[3] al cual se destinó el 10% de los ingresos del SGR. El propósito del fondo es incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y competitividad de las regiones mediante el apoyo a proyectos que contribuyan a la producción, identificación, uso y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general. Dos elementos importantes para mencionar con respecto a este fondo son: 1) el uso combinado del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), la población y el desempleo como instrumento para orientar la distribución de los recursos y 2) el requisito de

1 A través de la Ley 29 de 1990 se formaliza en Colombia el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT), el cual pasa a denominarse Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) por disposición de la Ley 1286 de 2009.
2 Inicialmente, los CODECTI eran conocidos como CODECyT (consejos departamentales de ciencia y tecnología).
3 Los otros tres fondos son: el Fondo de Desarrollo Regional, el Fondo de Compensación Regional y el Fondo de Ahorro y Estabilización.

que los proyectos sean presentados por las entidades territoriales (departamentos o municipios), quienes tienen a la vez un papel importante en la asignación de estos.

Como requisito para la asignación de los recursos provenientes de regalías se establece que los proyectos de CTI deben estar enmarcados en los planes estratégicos departamentales de ciencia, tecnología e innovación[4] (PEDCTI) (Ley 1286 de 2009). Este trabajo de planeación, realizado ya por 21 departamentos, buscaba aportar un diagnóstico interno que les sirviera de fundamento para trazar horizontes a largo plazo (10 años) y de guía al definir la prioridad y el diseño de los proyectos de CTI.

La estrategia de regionalización del SNCTI ha estado apoyada por el OCyT en distintos momentos y de diversas maneras. En el 2003 se hizo el levantamiento de información para la construcción del inventario analítico de actividades de ciencia y tecnología de la región sur, integrada por los departamentos de Cauca, Caquetá, Huila, Nariño, Putumayo y Tolima. En el 2004 y 2005, la construcción de inventarios de oferta se realizó en el marco de las agendas departamentales de ciencia y tecnología, y se apoyaron de esta manera los departamentos de Risaralda y Norte de Santander. Como producto del ejercicio en la región Bogotá-Cundinamarca, se publicó un directorio de ciencia y tecnología (Vargas, Malaver, & Fausto, 2005).

Durante el 2006 y el 2007, la Subdirección de Programas Estratégicos de Colciencias se apoyó en el OCyT para realizar un diagnóstico regional de las capacidades del SNCTI. En este marco se hizo el inventario de actividades de ciencia y tecnología de la Costa Caribe (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, San Andrés y Providencia y Sucre); el Eje Cafetero (Caldas, Risaralda y Quindío); Nororiente (Santander, Norte de Santander, Boyacá y Casanare); el Norte Amazónico (Guaviare, Vaupés y Guainía); Orinoquia, Amazonas y Chocó. En el 2010, el OCyT realizó el diseño y elaboración de una línea base de indicadores para Bolívar y Risaralda. En el 2011 y 2012 se formularon los planes estratégicos de cuatro departamentos: Quindío, Arauca, Boyacá y Casanare con la participación de equipos y actores locales. Recientemente (2013) se apoyó la construcción de una batería de indicadores para Medellín y Antioquia y se iniciaron actividades con el propósito de apoyar un programa de medición de ciencia, tecnología e innovación en el departamento del Meta.

La experiencia que el OCyT ha venido ganando con estos trabajos en los distintos departamentos permitió incluir en los *Indicadores de ciencia y tecnología 2010 Colombia*, un capítulo con la caracterización de las capacidades departamentales en ciencia y tecnología para el periodo 2000 - 2008. En este trabajo se utilizó información proveniente de distintas bases de datos [GrupLAC, CvLAC, InstituLAC y el *Science Citation Index Expanded* (SCIE) del Web of Science] y se llegó a sugerir una agrupación de departamentos de acuerdo con sus capacidades, así: consolidados —Antioquia, Bogotá D. C., y Valle del Cauca— y emergentes —Atlántico, Caldas, Risaralda y Santander. Basándose en los niveles de producción de artículos científi-

4 Colciencias aprobó, a través de la convocatoria número 539 de 2011, la formulación de 18 planes departamentales y, la convocatoria 552 de 2012 otros 5. En total, 21 departamentos contaban con PEDCTI en julio de 2013, según información de su página web.

cos indexados en el SCIE, los autores sugirieron un tercer grupo de departamentos conformado por Bolívar, Boyacá, Cauca y Cundinamarca, en el que si bien se evidenciaba un nivel emergente en las capacidades de investigación, la alta variabilidad de su producción determinó la no inclusión en el grupo de departamentos emergentes (Ruiz, Pardo, Usgame & Usgame, 2010).

Ante el actual debate sobre la distribución y asignación de los dineros provenientes de las regalías, urge el análisis de las capacidades de las regiones en estos temas, con el propósito de establecer diagnósticos que puedan ser utilizados en el diseño de instrumentos de monitoreo y control para evaluar el impacto de los últimos cambios en la normativa. A esta coyuntura y urgencia de establecer mecanismos de seguimiento y monitoreo contribuye la culminación de los PEDCTI, los cuales establecen metas de corto, mediano y largo plazo para las regiones.

La naturaleza en principio acumulativa de las capacidades y el que su fortalecimiento esté sujeto no solo a esfuerzos regionales y a la disposición de las autoridades locales para mantener y priorizar agendas de largo plazo, sino a una compleja interacción de factores contextuales y coyunturales en los que los actores regionales juegan un papel fundamental, justifica la necesidad de realizar análisis y diagnósticos de manera recurrente en el tiempo. Adicionalmente hay que considerar en la ecuación las asimetrías de información, aspecto que muestra la conveniencia de combinar análisis cuantitativos con estudios de caso y cualitativos sobre el desarrollo de las capacidades locales y regionales, así como de orientar algunos esfuerzos en la organización y sistematización de la información territorial sobre ciencia, tecnología e innovación.

Con este capítulo esperamos aportar nuevos elementos para los diagnósticos que deben hacerse sobre las capacidades regionales. Para esto, operacionalizamos las capacidades en I+D utilizando un modelo lineal de la ciencia (insumo-producto), tomando como insumos el gasto en I+D, los programas de doctorado y las capacidades reflejadas en investigadores y grupos de investigación, y como productos los indicadores de producción bibliográfica, más específicamente las revistas científicas indexadas en Publindex, las publicaciones en revistas internacionales y la solicitud de patentes, en cada una de las entidades territoriales. Esta contribución busca también servir de complemento al trabajo que presentan Ruiz, Bueno, Montes, Velandia, Navarro & Henao en el capítulo dos de este libro, quienes hacen un análisis comparativo de las temáticas priorizadas en los artículos publicados en Web of Science y Scopus vs. las temáticas resaltadas en las agendas regionales de competitividad.

3.2. Metodología

Para medir las asimetrías en las capacidades de I+D entre las entidades territoriales colombianas utilizamos como proxy de los insumos a la investigación (i) el gasto territorial en I+D, (ii) los investigadores y grupos de investigación, y (iii) los programas de doctorado. Como proxy de las salidas del proceso de investigación tomamos variables relacionadas con la producción bibliográfica de las regiones, específica-

mente: (i) las revistas científicas editadas en Colombia e incluidas en Publindex, (ii) los documentos publicados en revistas indexadas en Scopus, producidos por autores afiliados a alguna institución en la entidad territorial, y (iii) la solicitud de patentes, con el propósito de incluir resultados de investigación asociados a otras disciplinas científicas como la ingeniería.

3.2.1. Descripción de la información utilizada

El gasto territorial en I+D se obtiene a partir de la información recolectada por el OCyT mediante la aplicación de la Metodología para el cálculo del gasto en ciencia, tecnología e innovación en Colombia[5]. Esta contiene las orientaciones para la recolección de información sobre gasto en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) a partir de la ejecución y financiación de este tipo de actividades en las entidades encuestadas. La recolección de la información se encuentra condicionada por el tipo de institución, es decir, existen formularios diferenciados para instituciones de educación superior, entidades de gobierno central, centros de investigación y desarrollo tecnológico, hospitales y clínicas, institutos sin fines de lucro al servicio de las empresas, ONG, asociaciones y agremiaciones profesionales. El gasto que realizan las empresas en ACTI se obtiene a partir de estimaciones basadas en los resultados de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT) que ha aplicado el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el sector manufacturero del país.

Siguiendo las orientaciones del Manual de Frascati, en la encuesta se hace distinción entre el gasto realizado en cinco tipos de actividades: I+D, apoyo a la formación científica y técnica, servicios científicos y tecnológicos, administración y otras actividades de apoyo a ACTI y actividades de innovación. Al priorizar la información de ejecución, la encuesta permite una representación fiel de lo que las distintas instituciones que realizan ACTI gastan en actividades de I+D específicamente, al igual que facilita la desagregación de la información por entidad territorial.

La información sobre capacidades de investigación, reflejadas en grupos de investigación e investigadores, se obtuvo de las depuraciones que ha hecho el OCyT de la información contenida en la plataforma ScienTI y que han sido divulgadas en las distintas ediciones de su publicación *Indicadores de ciencia y tecnología.* En esta ocasión, utilizamos la información del último corte de los aplicativos de GrupLAC y CvLAC que tiene el OCyT y que corresponde a abril del 2012. En caso de que el grupo de investigación o el investigador se encuentre asociado a más de una institución en diferentes entidades territoriales, este cuenta como capacidad para cada una de ellas.

La información que registra la plataforma ScienTI es diligenciada directamente por investigadores y líderes de grupos de investigación. Como no existen protocolos sistemáticos de verificación o validación de la información ingresada, esto genera un grado de incertidumbre que no se puede medir en la información contenida. Para reducir esta incertidumbre, el OCyT ha decidido distinguir entre grupos e investigadores acti-

5 Una descripción más detallada de esta metodología se encuentra en Lucio et al. (2010).

vos e inactivos. El criterio de actividad está determinado por la producción de nuevo conocimiento que registran los grupos y los investigadores. Si, para un año de observación t, el investigador no registra producción de nuevo conocimiento en un periodo t-2 es considerado inactivo, o activo en caso contrario[6]. Creemos que al limitarnos a grupos e investigadores activos contamos con una representación con un menor grado de incertidumbre en cuanto a las capacidades regionales en investigación.

Dentro del grupo de insumos del proceso de investigación consideramos también los programas de doctorado que se ofrecen en las entidades territoriales, ya que estos "tienen como objetivo la formación de investigadores con capacidad de realizar y orientar en forma autónoma procesos académicos e investigativos en el área específica de un campo del conocimiento" (Decreto 1001 de 2006 del Ministerio de Educación Nacional). Sin embargo, el programa de doctorado, si bien puede ser considerado un insumo en investigación porque alrededor de este se pueden encontrar grupos y proyectos de investigación, es también el resultado de recursos financieros, institucionales, de infraestructura y humanos. Como no estamos planteando un modelo sino un conjunto de variables que nos permitan evidenciar las capacidades territoriales, esta ambigüedad no tiene mayores repercusiones en el análisis. En el caso en que los programas de doctorado impliquen una conjugación de esfuerzos de instituciones de educación superior (IES) en más de una entidad territorial, este cuenta para cada una de estas.

Para aproximarnos a los resultados de investigación con carácter nacional utilizamos como variable las revistas científicas indexadas en Publindex. Contamos la revista en el departamento en el cual se ubica la institución editora; en los casos (pocos) en que la revista sea editada por más de una institución ubicada en distintos departamentos, esta cuenta para cada uno de ellos.

Los documentos asociados a autores vinculados a las distintas entidades territoriales, publicados en revistas indexadas en Scopus, son tomados como variable de resultados científicos con un carácter internacional. Para esto consultamos la producción de autores afiliados a instituciones colombianas en la base Scopus y la desagregamos por entidades territoriales. Al igual que en las revistas, la publicación cuenta para cada departamento que alberga un autor, en caso de coautoría entre distintos departamentos cuenta en cada uno de estos. Publicaciones con más de un autor en el mismo departamento cuenta solo una vez. Vale la pena mencionar que cuando iniciamos la recolección de la información que consideraríamos en este capítulo, intentamos utilizar los documentos publicados en Web of Science (WoS) y Scopus para tener una visión menos fragmentada de la producción bibliográfica, sin embargo, la identificación de registros únicos se dificultó por divergencias en la indexación entre estas dos bases de datos. Usamos Scopus por ser la que tenía un

6 La experiencia del OCyT con la información registrada en la plataforma Scienti permitió identificar un efecto convocatoria, consistente en que gran parte de los investigadores actualizan sus hojas de vida solo cuando Colciencias los convoca para la medición de grupos de investigación. Este tipo de ejercicios no se ha realizado desde el 2010 y por ello hemos ampliado el umbral que considera la ventana de producción de los investigadores y grupos de investigación de t-3 para el año 2011.

mayor número de documentos en general, sin embargo, no todos los documentos del WoS están incluidos en Scopus.

Finalmente, utilizamos la información sobre solicitudes de patentes realizadas por habitantes de cada uno de los departamentos, que nos fue suministrada por la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), con el propósito de ser un poco más inclusivos respecto a los resultados de investigación de todas las áreas de la ciencia y teniendo en cuenta los rezagos que pueden presentarse en el proceso de aprobación de las solicitudes.

3.2.2. Propuesta de agrupaciones

La agrupación de los departamentos se realizó a través de un procedimiento heurístico y multidimensional en el cual tuvimos en cuenta, por un lado, la posición que ocupaba el departamento en dada uno de los componentes (inversión, grupos, investigadores, programas de doctorado, revistas, producción científica y patentes) de las dos dimensiones consideradas: insumos y productos; y por otro, un análisis de componentes principales (ACP) con el propósito de obtener una distribución visual de la posición de los departamentos en un plano factorial.

Para determinar las posiciones calculamos la media aritmética de las posiciones relativas de cada uno de los entes territoriales en cada uno de los seis componentes del análisis (ver tabla 3.1). Esto nos permitió una organización de los departamentos según el resultado de las medias de sus posiciones. Posteriormente, calculamos de manera sucesiva las diferencias de este valor para cada ente territorial con respecto al valor de la media de la posición del ente territorial inmediatamente anterior. Con este cálculo pudimos establecer los mayores valores de las diferencias, los cuales sirvieron de referencia para definir los grupos de departamentos. Como elemento diferenciador tomamos la diferencia de medias superior a 1,57, lo cual nos permitió identificar cinco agrupaciones departamentales en las que se evidenciaron ciertas similitudes en cuanto a capacidades.

En la tabla 3.1 resumimos las variables que tuvimos en cuenta para las agrupaciones, de acuerdo con las dimensiones y los componentes definidos para el análisis.

Tabla 3.1. Variables consideradas para la agrupación departamental

Dimensión	Componente	Fuente	Variables
Insumo	Gasto en I+D	OCyT	Gasto en I+D 2008 - 2012, millones de pesos del 2011
	Capacidades en I+D	GrupLAC y CvLAC, Colciencias	Grupos de investigación activos, 2011 Investigadores activos vinculados a grupos, 2011
	Programas de doctorado	SNIES	Programas de doctorado, 2011
Producto	Revistas científicas nacionales	Publindex	Revistas indexadas en Publindex, 2011
	Producción bibliográfica	Scopus	Documentos publicados en revistas indexadas en Scopus, 2008 - 2011
	Patentes	SIC	Solicitud de patentes, 2008 - 2011

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de validar la agrupación propuesta con la posición que toman los departamentos en un plano factorial realizamos un análisis de componentes principales teniendo en cuenta nueve variables: gasto en I+D de 2008 a 2012 en millones de pesos de 2011 (Inv2008-2012); gasto como porcentaje del PIB departamental para los mismos años (Inv/PIB2008-2012); grupos activos del departamento al año 2011 (GruposAc2011); investigadores activos del departamento al año 2001 (InvAc2011); investigadores sobre la población del departamento al año 2001 (Invs/Pob2011); programas de doctorado activos en el departamento al año 2011 (PrDoc2011); revistas editadas por instituciones del departamento indexadas en Publindex en el año 2011 (Publindex2011); producción científica del departamento publicada en revistas indexadas en Scopus entre los años 2008 y 2011 (ProdCien2008-2011); solicitudes de patentes tramitadas por instituciones o personas del departamento entre los años 2008 y 2011 (Patentes2008-2011). Adicionalmente se incluyeron en este análisis, como variables explicativas, el PIB departamental para los años 2008 a 2011 (PIB2008-2011) y la población del departamento para el año 2011 (Pob2011).

La agrupación que proponemos es una síntesis de los indicadores que presentamos en la siguiente sección, y resulta de considerar, tanto las posiciones de los departamentos en términos de medias aritméticas en cada uno de los componentes como la posición en el plano factorial del ACP.

3.3. Resultados

Para facilitar la comparación y contextualización de estos resultados decidimos utilizar la misma información primaria que se utilizó en los Indicadores de ciencia y tecnología 2012. Sin embargo, mucha de la información de las bases varía con el tiempo, incluso retrospectivamente para años anteriores. Esto depende de las dinámicas de actualización de las bases de datos, de la mejora en los protocolos de la información, de la concienciación de las instituciones sobre la importancia de sistematizar y reportar información, por ejemplo, del gasto y la inversión que realizan en ACTI y de los grupos de investigación e investigadores.

3.3.1. Gasto en I+D

En el periodo 2008 - 2011, en el país se gastaron alrededor de 4 billones de pesos en la realización de actividades de I+D. Esta inversión en la generación de nuevos conocimientos representa menos del 0,2% del PIB nacional. El Distrito Capital, Antioquia y el Valle del Cauca concentran un poco más del 77% del total de la inversión. Un 18% de la inversión nacional en I+D es ejecutada por 8 departamentos, 6 de los cuales fueron categorizados como emergentes en la clasificación realizada en el 2010: Cundinamarca (4,6%), Caldas (3,7%), Santander (2,5%), Atlántico (1,4%), Boyacá (1,4%), y Cauca (1,1%). Los departamentos de Bolívar (2,3%) y Magdalena (1,1%), que no pertenecen a dicha categoría, tienen una ejecución importante de actividades de I+D (ver tabla 3.2). Los 22 departamentos restantes ejecutan menos del 5% de los recursos que se destinan a I+D en el país.

A pesar de la concentración de la I+D, al hacer una aproximación a los esfuerzos para desarrollar (o consolidar) las capacidades para este tipo de actividades es importante relativizar esta inversión con algunos indicadores macroeconómicos departamentales. Para el año 2011, y de acuerdo con las proyecciones del PIB que realiza el DANE para cada departamento, Amazonas, Caldas, Antioquia, Bogotá D. C., Cundinamarca y Magdalena ejecutan al menos el 0,18% de su PIB en actividades de I+D (2,23%, 0,43%, 0,37%, 0,31%, 0,24% y 0,18% respectivamente), en otras palabras, estas seis entidades territoriales tienen una inversión en I+D como relación del PIB superior al total nacional (OCyT, 2012, p.18).

Tabla 3.2. Ejecución en I+D (millones de pesos del 2011), según entidad territorial, 2008 – 2011

Entidad territorial	2008	2009	2010	2011	I+D/PIB 2008 - 2011
Amazonas	8.230	9.651	9.674	9.054	2,37%
Antioquia	265.115	256.520	273.372	301.765	0,37%
Arauca	101	109	116	147	0,002%
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	1.090	1.176	1.254	1.319	0,15%
Atlántico	14.601	13.932	13.731	14.783	0,07%
Bogotá D. C.	421.489	415.163	444.020	466.283	0,31%
Bolívar	17.431	21.164	24.129	30.545	0,10%
Boyacá	13.249	14.272	15.017	15.335	0,09%
Caldas	35.349	36.921	38.292	38.788	0,42%
Caquetá	215	326	226	710	0,02%
Casanare	0	0	0	20	0
Cauca	9.423	9.718	11.167	12.559	0,13%
Cesar	99	133	134	1.205	0,003%
Chocó	1.709	1.919	809	1.931	0,06%
Córdoba	794	1.112	809	2.243	0,01%
Cundinamarca	37.183	43.129	36.624	72.260	0,17%
Guainía	140	43	0	0	0,02%
Guaviare	0	0	0	0	0
Huila	1.220	1.221	1.849	3.121	0,02%
La Guajira	185	281	194	585	0,004%
Magdalena	6.049	7.259	16.569	14.256	0,14%
Meta	582	774	582	1.527	0,00%
Nariño	7.162	8.093	8.082	10.379	0,10%
Norte de Santander	5.103	5.027	5.261	5.588	0,05%
Putumayo	0	0	0	0	0
Quindío	4.682	5.086	5.358	5.802	0,12%
Risaralda	8.043	9.193	8.812	9.659	0,11%
Santander	19.973	23.511	27.011	30.758	0,06%
Sucre	175	266	184	554	0,01%
Tolima	452	641	672	1.290	0,01%
Valle del Cauca	72.783	73.536	76.534	84.874	0,14%
Total I+D	**952.627**	**960.176**	**1.020.482**	**1.137.339**	**0,18%**

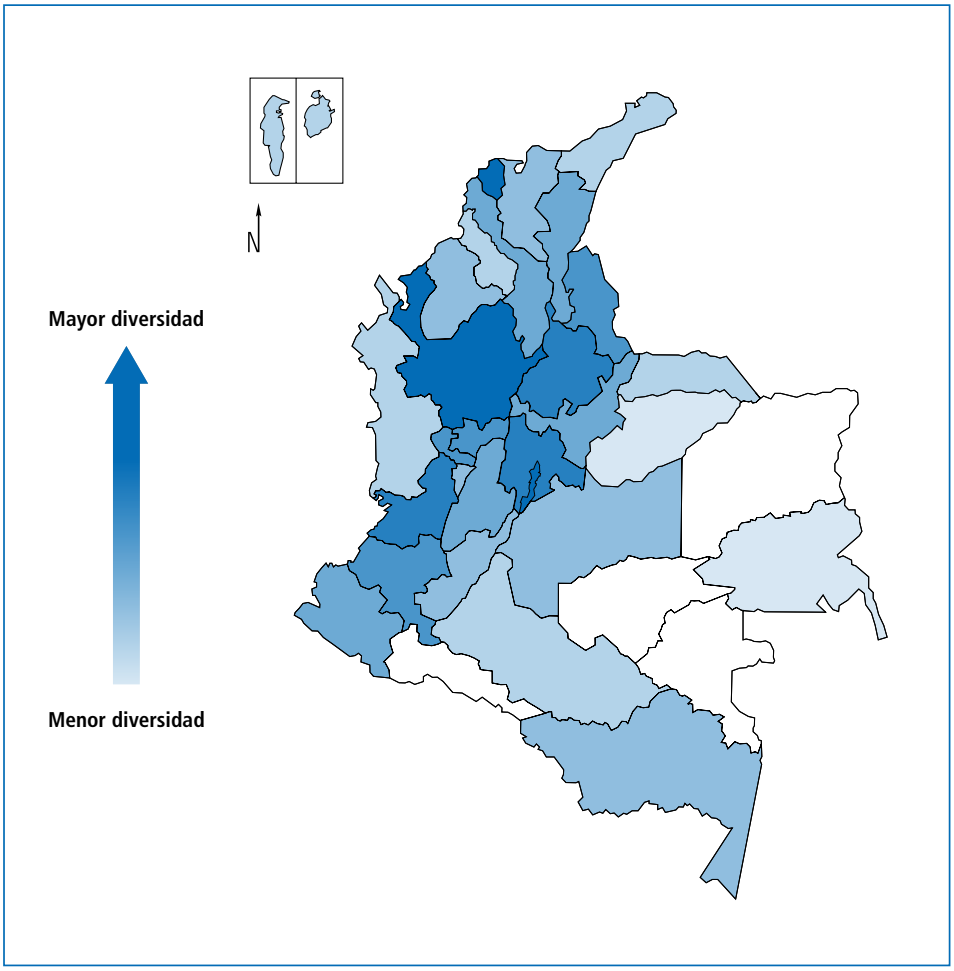
Fuente: OCyT

Es importante notar que en el periodo de observación (2008 - 2011) hay un grupo de departamentos que, sin haber sido clasificados como emergentes en el 2010 ni tener una ejecución importante de actividades de I+D, tienen una tasa de crecimiento de la inversión en I+D mayor al 50%; entre estos están Cesar, Caquetá, Sucre, La Guajira, Tolima, Córdoba, Meta y Huila. En un segundo grupo de departamentos con tasas de crecimiento entre el 10% y el 50% se encuentran Magdalena, Cundinamarca, Bolívar, Santander, Arauca, Nariño y Cauca. Las entidades territoriales que fueron clasificadas como consolidadas tienen tasas de crecimiento menores al 10%.

Otro elemento destacable a la hora de analizar la inversión en I+D es el tipo de instituciones que están ejecutando actividades de este clase. Es de esperarse que una mayor diversidad en el tipo de instituciones con capacidad para realizar investigación, signifique un mejor ecosistema para la generación, uso y aplicación de conocimientos en el departamento. En el mapa 3.1 mostramos la complejidad de los ecosistemas regionales, donde la intensidad del color representa las regiones donde existe una mayor diversidad de instituciones ejecutando actividades I+D.

En general, en el periodo analizado las actividades de I+D son realizadas, principalmente, al interior de las IES, seguido por las empresas y los centros de investigación y desarrollo tecnológico. Como se observa en el mapa 3.1, esta distribución no es homogénea en las distintas regiones. De las 29 entidades territoriales que reportaron recursos ejecutados en actividades de I+D en la encuesta que aplicó el OCyT, solo en Antioquia, Atlántico y Bogotá D. C. existe información de los siete tipos de institución definidos: empresas, IES, entidades del gobierno central, centros de investigación y desarrollo tecnológico, hospitales y clínicas, institutos privados sin fines de lucro al servicio de las empresas y organizaciones no gubernamentales. En el Valle del Cauca ni hospitales ni clínicas reportan ejecución de actividades de I+D en el periodo de análisis aunque lo hicieron hasta el año 2007.

Mapa 3.1. Distribución de los recursos destinados a actividades de I+D, según tipo de institución ejecutora, 2008 - 2011



Fuente: OCyT

3.3.2. Capacidades en I+D: grupos e investigadores

Considerar los grupos de investigación como capacidades departamentales es coherente con orientaciones que, desde la política de ciencia y tecnología, han fomentado el establecimiento de estos como una forma organizacional para la investigación (Orozco, Ruiz, Bonilla, & Chavarro, 2013). Sin embargo, la información que existe sobre grupos de investigación en la plataforma ScienTI debe tratarse con cautela, ya que algunos pueden no ser ya operativos. Como mencionamos en la metodología de este capítulo, el criterio de actividad permite reducir la incertidumbre acerca de la información disponible. Sin embargo, consideramos importante incluir los grupos de investigación inactivos, no tanto como indicador de capacidades sino como información de sus posibles ciclos de vida.

El aval institucional que acompaña el registro del grupo de investigación en la plataforma ScienTI implica una responsabilidad frente a la orientación y la conjugación de esfuerzos de quienes lo integran. En materia de información, la dificultad para distinguir la calidad de la que aportan los investigadores, la insuficiencia de esta y la falta de información sobre producción que permita su categorización, nos hizo incluir en este análisis solo la información de investigadores activos.

En cuanto a las capacidades para la investigación, en la tabla 3.3 mostramos la distribución de los grupos de investigación del país de acuerdo con la entidad territorial donde está ubicada la institución que los avala y el criterio de actividad. Es importante tener en cuenta que un grupo de investigación puede estar avalado por más de una institución y estas pueden encontrarse en distintas entidades territoriales, en este caso el grupo cuenta como capacidad para cada entidad territorial.

Tabla 3.3. Grupos de investigación, según entidad territorial, 2008 - 2011

Entidad territorial	2008		2009		2010		2011	
	Activos	Inactivos	Activos	Inactivos	Activos	Inactivos	Activos	Inactivos
Amazonas	9		8	1	8	1	8	1
Antioquia	593	153	625	193	628	225	579	296
Arauca		3		3		3		3
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	6		8		8		6	2
Atlántico	233	86	244	101	247	111	220	145
Bogotá D. C.	2.217	1.221	2.299	1.408	2.279	1.659	2.064	1.992
Bolívar	151	62	159	66	164	71	153	85
Boyacá	145	73	144	85	145	90	126	111
Caldas	138	30	142	35	140	43	132	53
Caquetá	29	14	32	16	32	19	29	22
Casanare				1		1		1
Cauca	115	75	113	90	108	102	99	117
Cesar	24	35	26	42	31	47	28	55
Chocó	36	38	33	49	27	58	18	67
Córdoba	67	31	74	35	74	38	69	43
Cundinamarca	82	37	84	45	83	52	74	66
Huila	39	23	45	20	47	23	41	39
La Guajira	17	25	23	23	25	29	25	34
Magdalena	95	37	94	46	90	52	75	67
Meta	33	39	32	56	32	59	30	63
Nariño	94	37	95	50	94	63	81	80
Norte de Santander	65	49	64	60	68	65	64	73
Quindío	47	11	51	17	56	17	53	27
Risaralda	144	57	147	64	145	79	126	103
Santander	216	74	220	80	217	97	200	122
Sucre	27	26	30	25	32	26	25	34
Tolima	56	23	61	30	63	37	61	47
Valle del Cauca	427	137	429	166	434	177	384	229

Fuente: OCyT, 2012, p.58 - 59.

Al igual que en la inversión en investigación, existe también una concentración de los grupos de investigación en las entidades territoriales clasificadas como consolidadas (ver tabla 3.3). Para el 2011, un poco más del 60% de los grupos de investigación activos e inactivos registrados en la plataforma ScienTI se encontraban en Bogotá D. C., Antioquia y Valle del Cauca; más del 60% de los grupos de los departamentos de Caldas, Quindío, Antioquia, Bolívar, Valle del Cauca, Santander, Córdoba, Atlántico, Amazonas y el Archipiélago de San Andrés cumplían con el criterio de actividad, es decir, estaban generando productos de nuevo conocimiento, mientras que la mayoría de los grupos de Nariño, Norte de Santander, Cauca, La Guajira, Sucre, Cesar, Meta, Chocó, Arauca, Casanare, no alcanzaban los criterios de actividad establecidos por el OCyT.

Respecto a los investigadores activos en el 2011, dado el efecto convocatoria al que nos referimos antes, en la tabla 3.4 presentamos dos estimaciones diferentes: mientras en la primera consideramos la ventana de producción de los investigadores en un periodo

Tabla 3.4. Investigadores activos vinculados a grupos, según entidad territorial, 2008 - 2011*

Entidad territorial	2008	2009	2010	2011	2011a[1]
Amazonas	43	46	45	34	45
Antioquia	2.652	2.770	2.632	1.932	2.478
Archipielado de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	22	29	27	22	30
Atlántico	844	924	926	672	836
Bogotá D.C.	8.004	8.432	7.982	6.449	8.053
Bolívar	534	592	572	414	530
Boyacá	544	547	496	334	432
Caldas	598	599	615	397	523
Caquetá	106	109	103	71	90
Cauca	356	356	333	237	301
Cesar	71	76	82	68	82
Chocó	86	75	62	56	73
Córdoba	206	220	232	203	238
Cundinamarca	358	382	340	244	324
Huila	125	140	128	99	128
La Guajira	40	47	47	54	61
Magdalena	247	273	243	201	261
Meta	75	85	96	93	101
Nariño	275	293	272	233	283
Norte de Santander	201	200	188	174	209
Quindío	165	174	157	132	165
Risaralda	538	549	475	406	506
Santander	672	710	662	556	685
Sucre	83	100	102	88	106
Tolima	188	205	206	176	215
Valle del Cauca	1.526	1.553	1.462	1.184	1.514
Sin clasificar	9	8	5	6	6

Fuente: OCyT, 2012, p.66

* Ante las dificultades para distribuir territorialmente los investigadores activos no vinculados a un grupo de investigación tomamos solamente los que sí lo estaban; además, los primeros representan menos del 8% del total para el 2011 (OCyT, 2012, p. 66).

[1] Considera la producción de los tres años anteriores al año de corte.

de t-2 (ver columna 2011), en la segunda (ver columna 2011a) dicha ventana se amplió para contemplar la producción entre el momento de consulta de la base y los tres años anteriores. Este segundo dato es el que utilizamos en el análisis de componentes principales que presentamos al final de este capítulo.

En línea con la concentración del gasto en I+D y los grupos de investigación, los investigadores estaban ubicados en los departamentos que en el 2010 se clasificaron como consolidados y emergentes (ver tabla 3.4). En tanto que, para el año 2011, en el primer grupo de departamentos se encuentran alrededor del 66% de los investigadores activos registrados en la plataforma ScienTI, cerca del 22% se encuentran vinculados a instituciones en los departamentos emergentes.

De acuerdo con datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICyT), en la región había alrededor de 2,63 investigadores por cada mil habitantes de la población económicamente activa (PEA) en el 2010. Este porcentaje es jalonado de cierta manera por países como Estados Unidos y España, donde esta tasa para entonces era 9,17[7] y 9,70 respectivamente. Excluyendo estos países y considerando únicamente la región de América Latina y el Caribe la relación es de 1,69 personas físicas por cada mil habitantes (RICyT, 2012, p.139 - 140). Para Colombia, hemos estimado aproximadamente 1 investigador (en personas fisicas) por cada 1.232 personas de la PEA, en el 2011. Acorde con esta tasa están Antioquia, Atlántico, Boyacá y Valle del Cauca con 1 investigador por cada 1.200 a 1.500 personas de la PEA. En Bogotá, D. C., es posible encontrar 1 investigador por cada 530 habitantes económicamente activos, es decir, más del doble que en el resto del país. Caldas y Risaralda tienen una relación muy importante entre estas dos magnitudes, con más de un investigador cada 1.000 habitantes de la PEA.

3.3.3. Programas de doctorado

Adicional a los investigadores y los grupos de investigación incluimos como variable de capacidades los programas de doctorado existentes en el país, teniendo en cuenta que este nivel de formación ha sido considerado un eje para la construcción de una comunidad científica y académica sólida (Rivera-Torres, García-Cárdenas, & Ruíz, 2010). Tomamos los programas y no los graduados porque consideramos que mientras los primeros constituyen una capacidad para el territorio en el que se ofrecen, los segundos pueden no ejercer en la región donde se graduaron y, en caso de que lo hicieran, posiblemente se registrarían en CvLAC generando el riesgo de ser contabilizados doblemente en términos de capacidades: como graduado y como investigador.

7 En Estados Unidos solo hay información disponible de equivalencia jornada completa.

En la tabla 3.5 presentamos los programas de doctorado que registran matrícula vigente al momento de la consulta por entidad territorial. Para el 2011 existían 155 programas de doctorado nacionales distribuidos en 14 departamentos. Las entidades territoriales clasificadas como consolidadas y emergentes, más Bolívar, Nariño y San Andrés tienen programas de doctorado. Antioquia y Bogotá D. C. concentran las dos terceras partes de estos programas.

Tabla 3.5. Programas de doctorado, según entidad territorial, 2008 - 2011

Entidad territorial	2008	2009	2010	2011
Antioquia	25	30	39	47
Atlántico	3	3	4	5
Bogotá D. C.	36	36	52	57
Bolívar	2	3	1	5
Boyacá	1	2	3	4
Caldas	2	5	6	7
Cauca	1	2	5	4
Cundinamarca	0	1	1	1
Nariño	1	1	1	1
Quindío	0	1	1	1
Risaralda	1	3	3	4
Archipielago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	0	0	0	1
Santander	3	4	4	4
Valle del Cauca	10	12	14	14
Total programas	**85**	**103**	**134**	**155**

Fuente: Ministerio de Educación Nacional, Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES). Consulta: noviembre de 201

3.3.4. Revistas nacionales indexadas en Publindex

No es posible hablar de capacidades si estas no se traducen en productos efectivos de investigación. Por esta razón incluimos en este análisis algunos indicadores sobre la producción bibliográfica de los departamentos. Uno de ellos, la edición de revistas científicas por ser resultado de la articulación de un conjunto importante de esfuerzos, tanto administrativos como de investigación, pues por un lado requieren de un editor capaz de movilizar una red importante de contactos que garanticen la calidad de los contenidos por medio de procesos de evaluación por pares; y por otro, posicionarse como un medio atractivo para socializar los resultados de investigación y despertar el interés suficiente entre los autores.

Publindex registra 467 revistas indexadas a 2011 (tabla 3.6). De estas, más de la mitad son editadas por instituciones ubicadas en Bogotá D. C., donde este porcentaje aumenta cuando se tiene en cuenta la categoría de las revistas: de las 25 revistas clasificadas en la categoría A1, en Bogotá se editan 18. Atlántico, Caldas y Santander, departamentos clasificados como emergentes, tienen una participación importante en la edición de revistas científicas nacionales.

Tabla 3.6. Revistas indexadas en Publindex, según entidad territorial de la institución editora, 2008 - 2011

Entidad territorial	2008	2009	2010	2011				
				A1	A2	B	C	TOTAL
Bogotá D. C.	154	158	190	17	54	54	123	248
Antioquia	39	56	59	4	19	16	24	63
Atlántico	9	10	18	1	6	4	16	27
Santander	7	15	20	0	1	9	16	26
Caldas	13	15	19	0	4	3	13	20
Valle del Cauca	15	20	23	1	4	5	10	20
Boyacá	2	3	5	0	0	2	11	13
Bolívar	2	1	4	0	0	0	6	6
Cundinamarca	4	5	6	1	2	2	1	6
Norte de Santander	4	3	3	0	0	0	6	6
Nariño	2	2	4	0	0	1	4	5
Risaralda	2	6	6	0	0	1	4	5
Magdalena	1	3	3	0	1	0	3	4
Huila	0	0	1	0	0	0	3	3
Quindío	3	3	2	0	0	0	3	3
Caqueta	0	0	1	0	0	0	2	2
Córdoba	2	2	2	1	0	0	1	2
Meta	1	1	1	0	1		1	2
Tolima	0	2	2	0	0	0	2	2
Amazonas	0	0	1	0	0	0	1	1
Cauca	2	2	2	0	1	0	0	1
Cesar	0	0	0	0	0	0	1	1
Chocó	1	1	1	0	0	0	1	1
Total	263	308	373	25	93	97	252	467

Fuente: OCyT, 2012, p. 75

3.3.5. Producción bibliográfica indexada en Scopus

Teniendo en cuenta que, además de las publicaciones nacionales, los investigadores pueden también someter sus resultados de investigación a revistas de corte más internacional, en la tabla 3.7 presentamos la distribución territorial de los documentos publicados en revistas indexadas en las bases de Scopus, para dar cuenta de la producción bibliográfica con un nivel de visibilidad más internacional.

La comparación entre la tabla 3.6 y 3.7 evidencia algunas diferencias en las lógicas que surgen al interior de cada una de las regiones. Por ejemplo, en el Valle del Cauca, departamento que a lo largo del tiempo ha consolidado sus capacidades en ciencia y tecnología, se le da una importancia mayor a la publicación en revistas internacionales que en revistas científicas locales; igual sucede en Bolívar, departamento que aunque solo tiene seis revistas indexadas en Publindex, es el quinto en cuanto a publicaciones en revistas internacionales; Caldas y Santander parecen tener una política balanceada que les permite fortalecer la difusión de resultados en los medios locales al tiempo que aumentan la visibilidad en los internacionales.

Tabla 3.7. Producción científica en revistas indexadas en Scopus, 2008 - 2011*

Entidad territorial	2008	2009	2010	2011
Amazonas	20	32	23	33
Antioquia	817	949	1.024	1.186
Arauca	1	0	2	3
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	4	4	16	8
Atlántico	77	104	148	158
Bolívar	195	194	280	353
Boyacá	34	43	39	39
Caldas	156	181	247	275
Caquetá	10	5	8	9
Casanare	2	1	1	0
Cauca	69	63	102	87
Cesar	18	9	7	22
Chocó	4	8	16	45
Córdoba	40	50	50	44
Cundinamarca	9	24	28	11
Bogotá D. C.	1.300	1.496	1.786	2.042
Guainía	0	0	0	0
Guaviare	0	1	0	0
Huila	11	10	16	18
La Guajira	4	2	3	6
Magdalena	16	33	40	46
Meta	9	7	7	16
Nariño	26	24	65	112
Norte de Santander	9	3	6	12
Putumayo	2	0	0	0
Quindío	32	47	88	154
Risaralda	12	11	13	13
Santander	224	250	317	330
Sucre	15	17	19	21
Tolima	17	41	36	38
Valle del Cauca	460	493	559	586
Vaupés	0	0	2	0
Vichada	0	0	1	1

Fuente: Scopus. Consulta: septiembre 2012

* Los documentos publicados por autores ubicados en distintos departamentos cuentan para cada entidad territorial.

3.3.6. Producción técnica: patentes de invención y modelos de utilidad

Los indicadores basados en patentes han sido tradicionalmente usados para evaluar la tasa de cambio tecnológico, analizar la posición competitiva de los países o las empresas, medir la estructura industrial y evaluar el progreso científico a través de las externalidades (spillover) de los procesos de I+D. Su importancia en el marco de las capacidades de I+D radica en que son entendidos como resultados de procesos de investigación que han sido enfocados a atender necesidades industriales y empresariales.

Aunque las patentes de modelos de utilidad son títulos de propiedad otorgados por la SIC para proteger invenciones de menor rango que las de una patente de invención, las incluimos en este análisis por ser innovaciones de producto que demandan inversión y esfuerzo. En el 2011 se presentaron ante la SIC un total de 215 solicitudes de patentes de modelos de utilidad y 181 de patentes de invención. Los modelos de utilidad protegen "aquellas invenciones que consisten

en una nueva forma, configuración o disposición de elementos de un artefacto, herramienta, instrumento, mecanismo u otro objeto o parte de los mismos, que permita un mejor o diferente funcionamiento, utilización o fabricación del objeto que lo incorpora o que le proporcione alguna utilidad, ventaja o efecto técnico que antes no tenía" (SIC, p. 1). En general, se ha visto que las patentes de modelos de utilidad están particularmente dirigidas a las pequeñas y medianas empresas que realizan mejoras menores en sus productos y procesos.

Al igual que las publicaciones, los grupos, los investigadores y los montos ejecutados, en Bogotá D.C., Antioquia y Valle del Cauca se presentan el mayor número de solicitud de patentes y explican el 77% de las solicitudes. Santander, Cundinamarca, Caldas, y Atlántico tienen más de 35 solicitudes para el periodo considerado, mientras que en Risaralda, Tolima, Cauca, Bolívar, Boyacá y Quindío se han presentado al menos 10 solicitudes.

Tabla 3.8. Solicitudes de patentes de invención y de modelos de utilidad, 2008 - 2011

Departamento	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Bogotá D. C.	162	178	146	192	225	903
Antioquia	55	51	48	89	87	330
Valle del Cauca	20	28	28	24	28	128
Santander	13	7	12	14	20	66
Cundinamarca	10	10	10	12	22	64
Caldas	5	8	8	8	14	43
Atlántico	5	10	7	5	8	35
Risaralda	5	8	2	6	8	29
Tolima	7	4	2	6	5	24
Cauca	0	1	4	4	4	13
Bolívar	2	1	2	3	3	11
Boyacá	2	2	2	2	3	11
Quindío	1	0	2	6	2	11
Meta	2	1	1	2	1	7
Nariño	1	2	1	2	1	7
Huila	1	0	0	1	4	6
Magdalena	0	3	3	0	0	6
Norte de Santander	1	0	3	2	0	6
Cesar	0	2	1	0	1	4
Casanare	1	1	0	1	0	3
Chocó	0	1	0	1	1	3
Córdoba	0	0	1	1	0	2
Putumayo	0	0	1	0	1	2
Sucre	0	1	0	1	0	2
La Guajira	0	0	1	0	0	1
N. D.	6	5	6	14	7	38
Total	**299**	**324**	**291**	**396**	**445**	**1.755**

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio

Síntesis de resultados

Teniendo en cuenta los indicadores descriptivos y la metodología de agrupación descrita anteriormente, se identificaron un total de 5 grupos de departamentos en los que la media de las posiciones en los distintos componentes no tenía una diferencia mayor a 1,57 entre una y otra entidad territorial del grupo. En la tabla 3.9 presentamos esta primera agrupación.

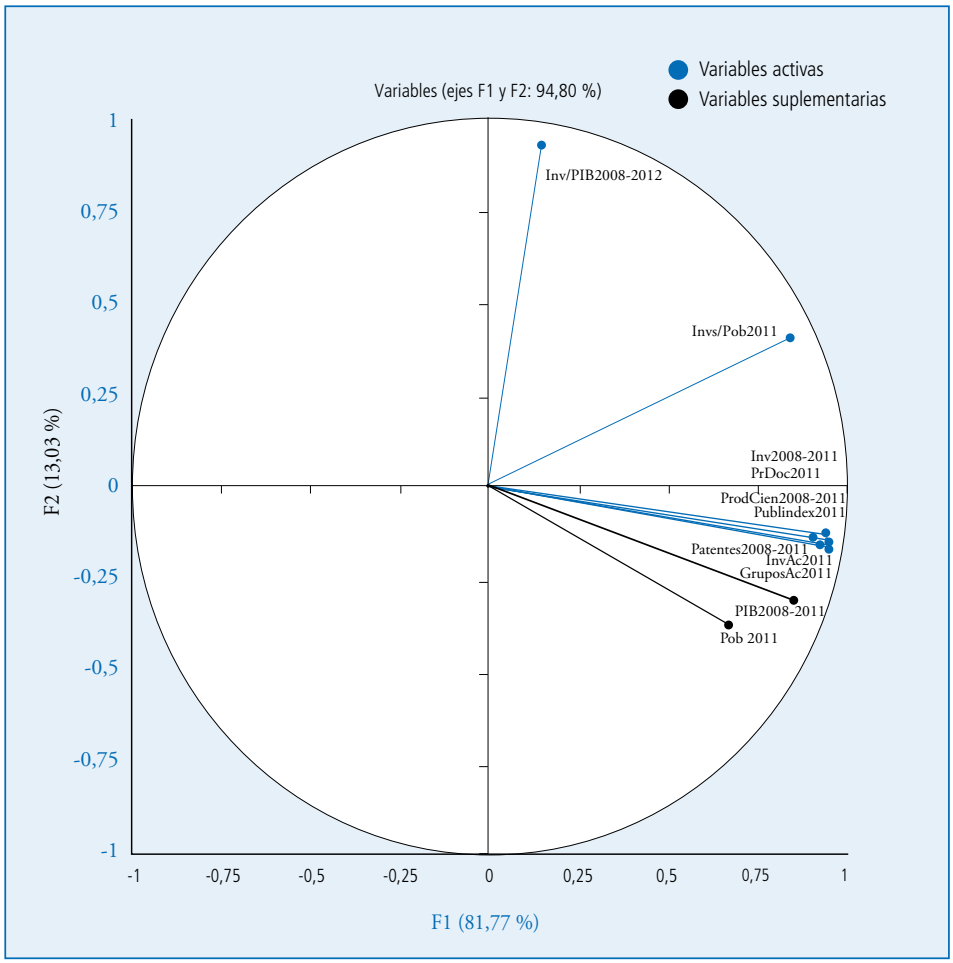
Esta agrupación la comparamos con los resultados del análisis de componentes principales. En la gráfica 3.1 mostramos la composición del primer plano factorial; en este todas las variables tienen una alta correlación positiva con el primer componente (F1), el cual acumula casi el 82% de la información de las variables observadas. Las variables de insumos y productos tienen una alta correlación. El segundo componente (F2) solamente acumula el 13% de la inercia y está muy relacionado con la inversión en I+D sobre el PIB y, en menor grado, la relación entre los investigadores y la población del departamento. Esto significa que el primer componente (F1) está muy relacionado con la información de los insumos y productos del departamento, y el segundo (F2) con la relación insumos para la investigación vs. datos macroeconómicos.

Tabla 3.9. Agrupación de los departamentos de acuerdo con el procedimiento heurístico

Grupo	Entidad territorial
Grupo 1	Bogotá, D. C.
	Antioquia
	Valle del Cauca
Grupo 2	Santander
	Atlántico
	Caldas
	Bolívar
Grupo 3	Boyacá
	Cundinamarca
	Cauca
	Magdalena
	Risaralda
	Nariño
Grupo 4	Quindío
	Córdoba
	Tolima
	Norte de Santander
	Huila
Grupo 5	Meta
	Amazonas
	Chocó
	Cesar
	Caquetá
	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
	Sucre
	La Guajira
	Casanare
	Arauca

Fuente: elaboración propia

Gráfica 3.1. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales

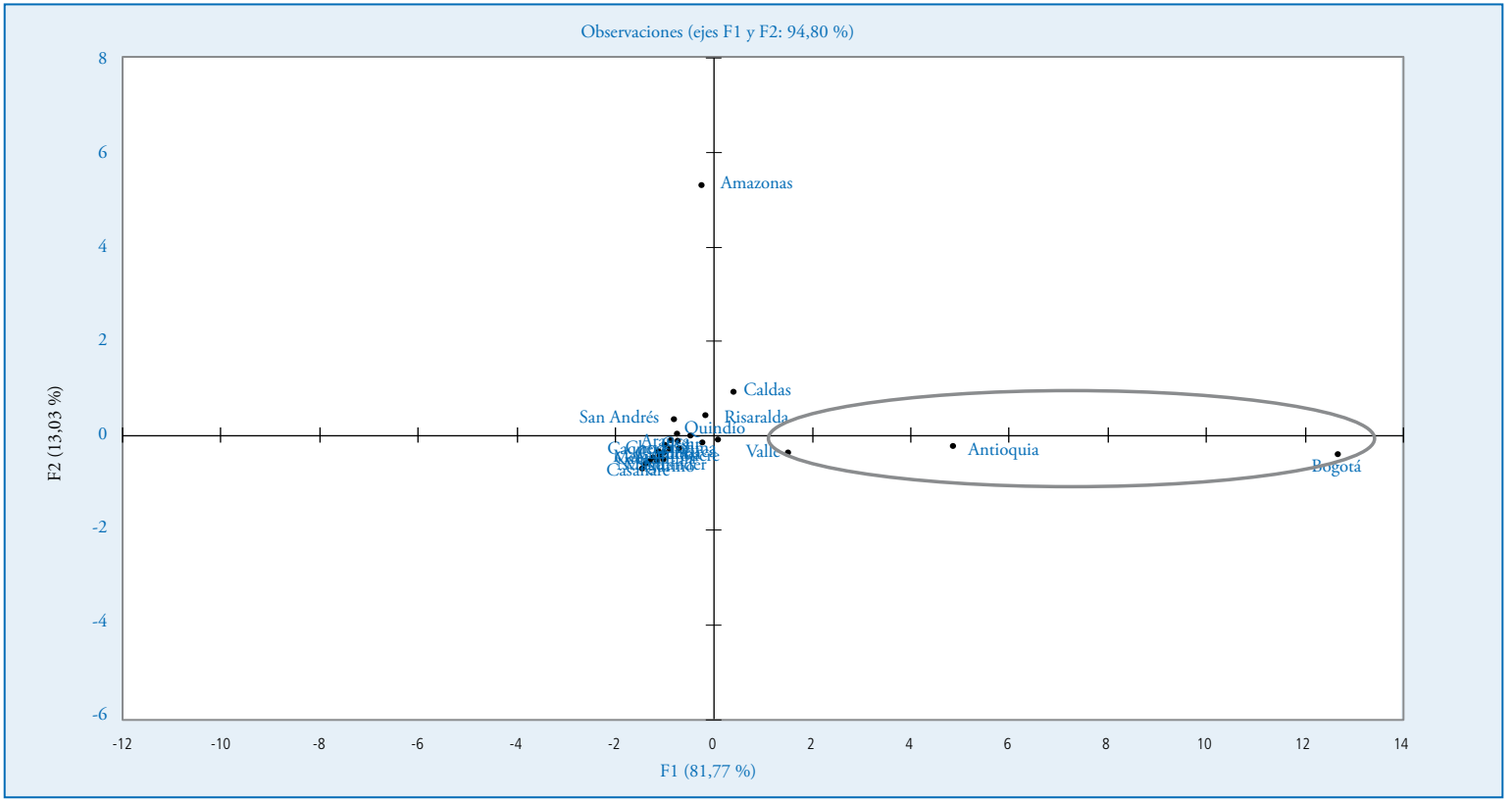


Fuente: elaboración propia

Los resultados del análisis de componentes principales confirman que, en general, Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca son los departamentos que presentan un mayor nivel, y corresponden a los que se han denominado "departamentos consolidados" en cuanto a insumos y productos (ver gráfica 3.2).

En el eje Y (F2) se observa un comportamiento especial de Amazonas; este se explica, fundamentalmente, por la relación entre la inversión en I+D y el PIB departamental. Amazonas tiene uno de los cuatro PIB más bajos de todos los departamentos del país, pero una inversión importante en I+D por ser sede del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, entidad que cuenta con una planta importante de investigadores; adicionalmente su población es baja.

Gráfica 3.2. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales. Posición de los departamentos con respecto a Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca

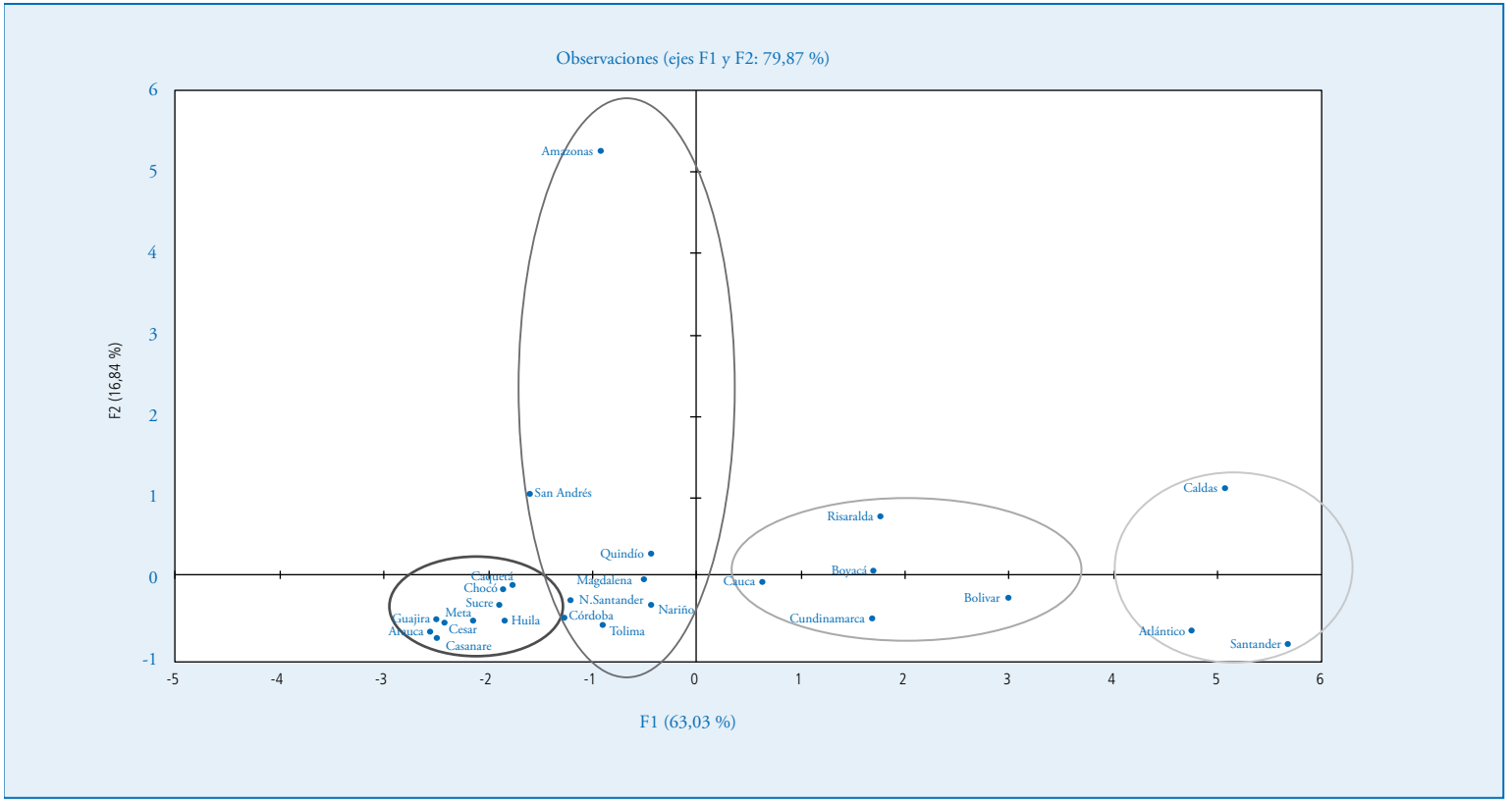


Fuente: elaboración propia

Como dijimos anteriormente, la magnitud de los insumos y productos de Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca (fundamentalmente los dos primeros) no nos permite observar claramente el comportamiento de los otros 25 departamentos incluidos en el análisis. Teniendo en cuenta esta situación, optamos por hacer un nuevo análisis con las mismas variables, pero excluyendo esos tres departamentos. La gráfica 3.3 muestra este comportamiento.

Los resultados del análisis excluyendo a Bogotá D. C., Antioquia y Valle del Cauca, si bien explican un poco menos de la varianza (alrededor del 96%), permiten visualizar con mayor claridad las posiciones relativas de los otros departamentos, teniendo en cuenta las variables de insumo y producto que expusimos en la metodología. En general, las posiciones permiten identificar claramente 4 grupos que mantienen una composición similar a la que se presentó en la tabla 3.9; los sombreados identifican los departamentos en los que evaluamos su posición teniendo en cuenta el comportamiento de los demás del grupo. La comparación de los resultados nos permitió construir la clasificación departamental de capacidades para la investigación que proponemos en la tabla 3.10.

Gráfica 3.3. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales. Posición de los departamentos, excluyendo a Bogotá D. C., Antioquia y Valle del Cauca



Fuente: elaboración propia

Tabla 3.10. Agrupación de departamentos, según sus capacidades de I+D

Grupo	Definición	Entidades territoriales	Descripción
Consolidados	Han tenido una participación importante de iniciativas públicas en la planeación y gestión de la I+D.	Antioquia Bogotá, D. C. Valle del Cauca	Departamentos con una trayectoria consolidada, acumulación de capacidades en el tiempo en cuanto a investigadores y grupos produciendo resultados. La ejecución de actividades en I+D presenta poca variedad relativa y tienen un ecosistema diverso de instituciones que realizan I+D. Tienen una producción constante reflejada en publicaciones en revistas internacionales y en patentes. La edición de revistas nacionales indexables en publindex no es una estrategia fija en todos los departamentos. Tienen actividad importante en la solicitud de patentes (más de 100 en los últimos cuatro años).
En fortalecimiento	Presentan una trayectoria de acumulación de capacidades que excede el período de estudio, en ocaciones jalonada por la presencia de instituciones reconocidas en I+D.	Atlántico Caldas Santander	Departamentos que han venido creciendo en su inversión y capacidades. Cuentan con más de 100 grupos de investigación activos y más de 500 investigadores activos en su territorio, afiliados a instituciones consolidadas. Tienen más de tres programas de doctorado activos. Producen más de 150 documentos en revistas indexadas en Scopus al año. Existe una gran cantidad de información pero no siempre se reporta a las instancias adecuadas. No hay información sobre ejecución de I+D de la diversidad de instituciones consideradas.
Emergentes	Se evidencian procesos de acumulación de capacidades en el período estudiado.	Bolívar Boyacá Cauca Cundinamarca Risaralda	Las inversiones en I+D son variables; normalmente de más de 30 mil millones de pesos en los últimos cuatro años. Tienen entre 70 y 130 grupos activos y entre 250 y 500 investigadores activos. Normalmente tienen, al menos, un programa de doctorado activo. Producen entre 10 y 100 documentos al año en Scopus.
Incipientes	Existe conciencia sobre la importancia de los procesos de investigación, sin embargo, sus capacidades están en desarrollo y aún no se evidencian procesos de acumulación.	Amazonas Córdoba Magdalena Nariño Norte de Santander Quindio Tolima	Sus características son menos estables, pueden invertir entre 3 mil y 20 mil millones en I+D en los últimos cuatro años. Tienen alrededor de 50 grupos de investigación y 200 investigadores activos. En general, no cuentan con programas de doctorado activos. Los documentos producidos en Scopus son muy variables, parecidos a los de la categoría anterior.
Volátiles	No hay formalización de procesos de planeación de la I+D, son desarrollados al azar y ad-hoc. No hay planes para asignación de recursos que generen producción de I+D.	Caquetá Cesar Chocó Huila La Guajira Meta San Andrés Sucre Casanare	Son departamentos que cuentan con bajas capacidades, muy poca inversión en I+D, menos de 30 grupos de investigación y 100 investigadores activos. No tienen programas de doctorado y su producción científica es bastante baja. Sin embargo, en oportunidades, sus indicadores relativos (inversión en I+D como % del PIB o investigadores por PEA) son muy altos.
Rezagados	Las capacidades para la realización de proyectos de I+D y la consecución de resultados es aun incipiente.	Arauca Casanare Guainia Guaviare Putumayo Vichada	Hay muchos vacíos de información, pueden tener una importante asignación de recursos vía regalías.

Fuente: elaboración propia

3.4. Reflexiones finales

En este capítulo presentamos los distintos indicadores relacionados con la I+D, que utilizamos para proponer una agrupación de las entidades territoriales de acuerdo con sus capacidades de investigación, operacionalizadas como un conjunto de variables de entrada y salida del proceso de investigación. Esto nos permitió distinguir seis grupos de departamentos. El primero corresponde a entidades territoriales que ya tienen capacidades de investigación consolidadas y que, en casi todos los casos, concentraban el 70% o más de los recursos o productos de la investigación del país. El segundo agrupa un conjunto de departamentos caracterizados por tener unas capacidades en fortalecimiento, y en los cuales la presencia de instituciones reconocidas por su trayectoria de I+D coincidía con una cantidad importante de resultados y de programas de doctorado. Los departamentos categorizados como emergentes e incipientes coinciden en ciertos aspectos, sin embargo en los primeros la acumulación de capacidades presenta unas trayectorias más estables. En los departamentos con capacidades volátiles no sobresale un proceso de acumulación de capacidades en el tiempo. En ocasiones, en estos departamentos se presentaban tasas de crecimiento muy altas dentro del periodo, principalmente en el componente de inversión en I+D, situación que si bien evidencia que la I+D empieza a tener en ellos alguna importancia, sugiere también que, tradicionalmente, los recursos destinados a este tipo de actividades han sido escasos. Clasificamos como rezagados los departamentos cuyas capacidades aún distan de los demás territorios, al punto de no contar con procesos formales de recolección y sistematización de información.

Sin embargo, la acumulación de capacidades es un proceso dinámico. El actual debate sobre la distribución de las regalías sugiere análisis regulares sobre estas capacidades, ya que al ser el resultado de esfuerzos regionales y estar sujetas a distintos elementos contextuales y coyunturales su variabilidad puede ser mayor. La asignación de recursos con base en el índice de necesidades insatisfechas plantea serios retos para diversos actores del SNCTI. Frecuentemente, estos departamentos tienen también menores capacidades de respuesta para la generación y apropiación del conocimiento científico y tecnológico. Esto implica la necesidad de promover las relaciones interregionales e interinstitucionales para formular proyectos que contribuyan a la transformación productiva y social del país y sus regiones.

Sin embargo, esto debe hacerse bajo una visión sistémica del SNCTI; las capacidades del sistema exceden las capacidades de las regiones. Aunque las segundas son un componente importante en las primeras, es necesario que el actual esquema de distribución de regalías no implique un abandono de las capacidades que se han ido acumulando en otras regiones y que necesitan de recursos permanentes para su continuo fortalecimiento. La financiación de proyectos para resolver de manera novedosa las necesidades de las distintas regiones debe darse en paralelo con la inversión en ciencia básica, que puede no ser una prioridad regional y, sin embargo, tiene impactos importantes en plazos no tan inmediatos.

El desarrollo y la consolidación de capacidades a nivel de las entidades territoriales facilitarán no solo la generación de conocimientos relevantes para el país, sino

también la aplicación y apropiación de estos en las distintas regiones. Incrementar la calidad y diversidad de la investigación, así como la base científica y tecnológica en las regiones es un elemento importante para su fortalecimiento económico y social. Los mecanismos de coordinación al interior del SNCTI tienen como función la inclusión de una pluralidad de actores (e intereses) nacionales y regionales en el diseño de instrumentos de promoción de la investigación y la innovación. Existe un reto importante en la óptima asignación de recursos, acorde con estrategias y metas de largo plazo, regionales y nacionales, sin descuidar las capacidades ya existentes. Es necesario diseñar mecanismos que permitan el seguimiento y monitoreo permanente, de manera que sea posible evaluar la consolidación y acumulación de capacidades en el mediano y largo plazo; esto requiere prever la recolección, depuración y sistematización de la información nacional y regional sobre CTI.

3.5. Algunas limitaciones

Los resultados aquí expuestos presentan algunas limitaciones producto del modelo y de las fuentes de información utilizadas. Una de ellas está relacionada con el hecho de considerar únicamente insumos y productos de la I+D. Elementos tales como la movilización a través de alianzas, las relaciones universidad-empresa, las empresas de base tecnológica, los centros de desarrollo tecnológico, la infraestructura para procesos de apropiación social de la ciencia, entre otros, juegan un papel fundamental en la articulación de capacidades de I+D en las regiones y pueden propiciar saltos cualitativos. Tampoco estamos considerando los esfuerzos en materia de innovación empresarial que se hacen en los distintos departamentos en donde la presencia de multinacionales puede tener implicaciones en la experiencia y esfuerzos en I+D. Adicionalmente, la asimetría en las capacidades implica distintos ritmos en el modelo insumos-producto; mientras que en ciertas regiones la transformación de insumos en el proceso de investigación puede producir resultados visibles y medibles en periodos cortos y de manera continua, en otras con menos capacidades esta transformación puede tomar un periodo de tiempo más largo y mayores inversiones. Un estudio de los factores determinantes de las capacidades regionales al interior de la Comunidad Europea encontró que, en regiones con menos capacidades económicas (medidas a través del PIB per cápita), el gasto en I+D podía tomar hasta cinco años para materializarse en resultados medibles de investigación (Acosta, Coronado, Ferrándiz, & León, 2011). Esto quiere decir que los resultados esperados deben ponderarse según el tipo de inversión y grado de desarrollo.

El uso de la producción bibliográfica como proxy a los resultados de investigación debe, en un futuro, complementarse con la de otras bases de datos: REDALyC, Scielo, artículos en las revistas indexadas en Publindex, por ejemplo, así como con otro tipo de productos de investigación.

Es necesario también complementar este tipo de diagnósticos con indicadores que podrían mostrar otros aspectos en la acumulación de capacidades regionales: la tasa de retorno de doctores a sus regiones, la vinculación de estos a procesos

productivos o académicos, el índice de apalancamiento de recursos para la CTI, son solo algunos de los que sería interesante considerar.

Por último, vale la pena mencionar las asimetrías en la información que se encuentra disponible. Por ejemplo, sobre inversión en I+D existe una cobertura en evolución de la información relevante, resultado de un ejercicio continuo que ha realizado el OCyT desde el 2006, en la que hay instituciones que tradicionalmente no han diligenciado la encuesta con juicio, mientras que otras han adoptado instrumentos similares a los que utiliza el OCyT en la recolección de información dentro de sus propios procesos de administración y gestión de la investigación. La información sobre I+D de las empresas resulta de lo que se reporta en las EDIT, sin embargo esta tiene una serie de elementos que es necesario tener en cuenta en el momento de desagregarla por departamentos. Para mayor información ver Salazar & Colorado (2010).

Referencias

Acosta, M., Coronado, M., Ferrándiz, E. & León, M. D. (2011). *Regional scientific production and specialization in Europe: The role of HERD*. Trabajo presentado en la The Druid Society Conference 2011: Innovation, Strategy, and Structure Organizations, Institutions, Systems and Regions, Dinamarca.

Amin, A. (1999). An institutionalist perspective on regional economic development. *International Journal of Urban and Regional Research, 32*(2), 365-378.

Colombia. Congreso de la República. Ley 1286 de 2009.

Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio. Modelos de utilidad. Recuperado de: http://www.sic.gov.co/modelos-de-utilidad1

Cook, P., & Memedovic, O. (2003). Strategies for Regional Innovation Systems: Learning Transfer and Applications. *Policy papers, United Nations Industrial Development Organization*. Recuperado de http://www.unido.org/resources/publications/publications-by-type/policy-advice/industrial-policies-and-strategies/strategies-for-regional-innovation-systems-learning-transfer-and-applications.html

Laranja, M., Uyarra, E. & Flanagan, K. (2008). Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. *Research Policy,* 37(5), 823-835.

Lucio-Arias, D., Salazar, M. & Durán, M. (2013). Entre la gobernabilidad y la gobernanza de Colciencias, el SNCyT y el SNI. En Salazar, M., (Ed.). *Colciencias: entre la normatividad, la legitimidad y la práctica: la historia y la evolución de un ONCyT*. Bogotá, D. C.: OCyT.

Lucio, J., Perea, G. I., Guevara, A. & Bueno, E. (2010). Diez años de indicadores de inversión del gobierno central en ciencia, tecnología e innovación. En *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2010* (pp. 147-183). Bogotá D.C.: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2010). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010.* Bogotá, D.C.: OCyT.

Organisation for Economic Co-operation and Developmen. (2005). *Governance of Innovation Systems.* Paris, Francia: OECD.

Orozco, L., Ruiz, C., Bonilla, R. & Chavarro, D. (2013). Los grupos de investigación en Colombia. Sus prácticas, su reconocimiento y su legitimidad. En Salazar, M. (Ed.). *Colciencias: entre la normatividad, la legitimidad y la práctica: la historia y la evolución de un ONCyT.* Bogotá D.C.: OCyT.

Rivera-Torres, S. C., García-Cárdenas, M. L. & Ruiz, C. (2010). Caracterización del capital humano con formación doctoral en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. En *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010* (183-215). Bogotá D.C., Colombia: OCyT.

Ruiz, C., Pardo, M., Usgame, D. & Usgame, G. (2010). Caracterización de las capacidades departamentales de investigación: una mirada a través de los grupos de investigación. En *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010 (215-249).* Bogotá D. C.: OCyT.

Ruiz, C. F., Henao, D., Lozano, M., Colorado, L., Mora, H., Velandia, J., Navarro, O., Montes, J., Cancino, R. & Salazar M. (2013a). *Plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación: Quindío 2022. Eje de ciencia, tecnología e innovación regional en el Paisaje Cultural Cafetero*. Bogotá: OCyT -Colciencias.

Ruiz, C., Bueno, E., Montes, J.,Velandia, J., Navarro, O. & Henao, D. (2013b). Análisis de la dinámica de producción de documentos científicos en los departamentos emergentes del país, 2001-2010. En Salazar, M., Lucio, J., Lucio-Arias, D., Daza-Caicedo, S. (Eds.). *Observando el sistema colombiano de ciencia, tecnología e innovación: sus actores y sus productos.* Bogotá D. C.: OCyT.

Salazar, M. (2010). *Communication channels among the actors of the Colombian system of science, technology and innovation: a test of the Sábato´s triangle model.* (Tesis doctoral, Simon Fraser University, Burnaby, Canadá). Inédita.

Salazar, M. & Colorado, L. A. (2010). La importancia de la información en la construcción de indicadores: una verdad de Perogrullo. En *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010* (135 - 146). Bogotá D. C.: OCyT.

Tödtling, F. & Trippl, M. (2005). One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 34(8), 1203-1219.

Vargas, M., Malaver, F. & Fausto, M. (2005). *Directorio de ciencia y tecnología en Bogotá y Cundinamarca*. En Agenda Regional de Ciencia y Tecnología de Bogotá. Bogotá D. C.: OCyT.

Capítulo 4

Análisis del recurso humano vinculado a grupos de investigación en universidades colombianas: una aproximación a los indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas

Sandra Carolina Rivera Torres[*], César Pallares[†], Jenny Cárdenas-Osorio[‡] y Marcela Galvis-Restrepo[§]

Resumen

La evolución de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación demanda el desarrollo de indicadores que respondan a nuevas necesidades de información y demandas de los distintos actores vinculados. La Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT) ha propuesto la iniciativa del Manual de Buenos Aires como referente regional para el cálculo de indicadores de trayectorias de recursos humanos, utilizando el currículum vítae (CV) como fuente secundaria de información.

En el presente capítulo evaluamos la viabilidad de calcular los indicadores incluidos en la propuesta del Manual de Buenos Aires a partir de los datos de CV de investigadores y grupos registrados en la plataforma ScienTI de Colciencias. Así mismo, ofrecemos una mirada detallada del recurso humano vinculado a grupos de investigación avalados por alguna de las 81 universidades del país, para el periodo comprendido entre 2002 - 2011. Para ello, calculamos indicadores en las cinco dimensiones propuestas por el Manual, que corresponden a: dedicación, temporalidad, diversidad, movilidad y colaboración. Adicionalmente, proponemos algunos ajustes metodológicos retomando los conceptos propuestos y considerando la disponibilidad de información.

Del análisis presentado en el capítulo es posible determinar que una de las acciones pendientes para avanzar en la construcción del Manual de Buenos Aires es la necesidad de acotar las definiciones y realizar estudios que permitan profundizar sobre la validez metodológica de los indicadores propuestos para la medición de las trayectorias de investigadores, en procura de contribuir a la definición de un referente útil para procesos de seguimiento y evaluación de la actividad del recurso

[*] Líder del área de recursos humanos del OCyT. crivera@ocyt.org.co
[†] Asistente de investigación del área de recursos humanos del OCyT. cpallares@ocyt.org.co
[‡] Asistente de investigación del área de recursos humanos del OCyT. jcardenas@ocyt.org.co
[§] Asistente de investigación del área de recursos humanos del OCyT. mgalvis@ocyt.org.co

humano vinculado a las actividades de CTI en el contexto de Iberoamérica. Aunado a lo anterior, para el caso colombiano sugerimos avanzar en la normalización de la información incluida en los CV de los investigadores, así como en la validación de las bases de datos CvLAC y GrupLAC de la plataforma ScienTI.

Palabras clave: Trayectoria científica, currículum vítae, Manual de Buenos Aires, recursos humanos en I+D, capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.

Abstract

The dynamic of the Science, Technology and Innovation Systems, demands the development of indicators that take into account the new needs for information. The Iberoamerican Network of Science and Technology Indicators (RICyT in Spanish) proposed the initiative called "Manual de Buenos Aires" as a regional manual for the measurement of the trajectories of human resources in science and technology, using the curriculum vitae (CV) as a source of information.

In this chapter we evaluate the viability of calculating statistics & indicators included in the proposal of the "Manual de Buenos Aires" using CV data of the researchers and research groups registered in Colciencia's ScienTI platform. Also, we offer a detailed view of the human resources working in research groups supported by one of the 81 universities of the country, in the period 2002 - 2011. We calculated indicators in the five dimensions, corresponding to: dedication, diversity, temporality, mobility and collaboration. In addition, methodological and conceptual contributions were made according to the availability of information.

From the analysis of this chapter it is possible to assess that, in order to advance in the construction of the Manual de Buenos Aires, there is a need to narrow the definitions and concepts and to make studies that go deeper into the methodological validity of the proposed indicators for the measurement of the researcher's trajectories, in order to contribute to the definition of a useful referent in the process of follow-up and evaluation of the trajectories of human resources dedicated to CTI activities in iberoamerican countries. Together with the above, in Colombia we recommend to advance in the normalization of the information included in the CV of the researchers as well as the validation of CvLAC and GrupLAC from ScienTI platform.

Keywords: Scientific trajectory, Curriculum Vitae (CV), Manual de Buenos Aires, human resources in S&T, capabilities of the national science, technology and innovation system.

Introducción

En este capítulo proponemos un análisis del recurso humano vinculado a grupos de investigación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), adoptando la propuesta denominada Manual de Buenos Aires para medición de trayectorias científicas y tecnológicas de investigadores, liderada por la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICyT) (D'Onofrio, 2009, 2010; D'Onofrio, Tignino, Gelfan, Solís, Navarrete, Cabrera, Sánchez, & García, 2010a; D'Onofrio, Tignino, Gelfan, Solís, Navarrete, Cabrera, Sánchez, & García, 2010b; RICyT, Mincyt, & OEI, 2009).

El Manual de Buenos Aires, como referente metodológico aún en construcción, contempla las dimensiones de dedicación, diversidad, temporalidad, movilidad y colaboración; categorías que permiten identificar hitos significativos en la trayectoria académica y profesional de los investigadores y de las organizaciones con las cuales mantienen vínculos. La iniciativa de este manual surge como una alternativa para atender nuevas demandas, que involucran información detallada del recurso humano dedicado a actividades de ciencia, tecnología y, en menor medida, innovación en los países iberoamericanos (D'Onofrio et al., 2010a; D'Onofrio et al., 2010b; RICyT et al., 2009; Dietz & Bozeman, 2005).

En el caso colombiano, estos indicadores pueden ser aplicados a poblaciones específicas de investigadores del SNCTI, tales como docentes de universidades, jóvenes investigadores, doctores o beneficiarios de programas de becas o apoyos para adelantar estudios de posgrado, lo que configura una metodología útil a propósito de seguimiento y evaluación de resultados e impacto de programas de fomento al recurso humano vinculado a actividades de CTI en instituciones orientadas a la generación de conocimiento científico y tecnológico.

Este capítulo atiende dos propósitos. Por un lado, buscamos evaluar la viabilidad de calcular los indicadores incluidos en la propuesta del Manual de Buenos Aires a partir de los datos de currículum vítae (CV), como insumo para medir las trayectorias de investigadores colombianos y de los grupos registrados en la plataforma ScienTI de Colciencias, como una representación del SNCTI; y, por otro, caracterizar el recurso humano vinculado durante el periodo 2002 a 2011 a grupos de investigación avalados por alguna de las 81 universidades existentes en Colombia.

Para ello, el capítulo comprende tres apartes. El primero desarrolla aspectos conceptuales y metodológicos relacionados con la producción de indicadores de la trayectoria de recursos humanos en actividades de CyT, donde el Manual de Buenos Aires y las bases de CV de investigadores, como fuente de información secundaria, configuran un referente con potencial para avanzar en la construcción de estadísticas sobre el estado y la dinámica del país en esta materia. En el segundo presentamos indicadores en las dimensiones de dedicación, temporalidad, diversidad, movilidad y colaboración incluidas en el manual, calculados para la población de investigadores vinculados a grupos de investigación avalados por universidades, en el marco del SNCTI. Finalmente, recogemos algunas reflexiones finales sobre el alcance

de la propuesta del Manual de Buenos Aires y sus posibilidades de aplicación en el contexto nacional, como mecanismo para representar las trayectorias de los investigadores vinculados a instituciones del sistema y caracterizar las capacidades en CTI.

4.1. Aspectos conceptuales y metodológicos

Desde el enfoque para la medición de la ciencia y tecnología, la perspectiva insumo-producto explica algunas de las interacciones de la producción de conocimiento científico y tecnológico, en la cual los recursos humanos[1] junto con la inversión, se ubican en la categoría de insumos (Luwel, 2005). Al respecto, Godin (2007) señala que este modelo lineal ha sido impulsado por organismos internacionales, con el propósito de representar las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, en las que el conocimiento se reconoce como factor esencial de desarrollo social y económico, a pesar de que su concepción guarda limitaciones, en la medida que no explica la dinámica de las relaciones entre ciencia y sociedad.

La construcción de indicadores bajo este enfoque se ha expandido gracias a la adaptación de los referentes incluidos en los manuales metodológicos conocidos como Familia Frascati, y su adopción reciente en los llamados países en desarrollo (UIS-UNESCO, 2010), que en el ámbito de América Latina han sido impulsados por la RICyT y la UNESCO. A pesar de los avances en esa dirección, los actores sociales que intervienen en CyT plantean nuevas necesidades de información que expliquen el comportamiento del sistema, aspecto en el que la medición tradicional resulta limitada. En respuesta a ello, en los últimos años han surgido iniciativas orientadas a promover el desarrollo de indicadores que den razón del estado y dinámica de los actores involucrados en ciencia, tecnología e innovación (Lepori, Barré & Filliatreau, 2008).

En tanto, una mirada cercana al contexto latinoamericano sugiere que el análisis de recursos humanos debe avanzar hacia nuevas representaciones de la actividad del personal vinculado a la CyT. Sobre este particular, Jaramillo (2011) afirma que el personal vinculado a actividades de I+D favorece, no solo la generación de conocimiento sino la reproducción de las comunidades de investigadores, a través de procesos que retroalimentan el sistema en su conjunto.

En esta perspectiva, resulta pertinente incorporar el concepto de capital humano, científico y tecnológico propuesto por Dietz & Bozeman en el desarrollo del proyecto *Research Value Mapping* (RVM)[2], quienes reconocen que los recursos humanos reúnen características particulares, tanto individuales como colectivas asociadas al contexto en el que se desenvuelven (Dietz & Bozeman, 2005). Esta propuesta reconoce que el acervo de los individuos, sus conocimientos y vínculos, afectan el desarrollo de las actividades científicas, en tanto que sus resultados evidencian las capacidades,

1 En este capítulo definimos al recurso humano como el personal dedicado a actividades de CyT.
2 La documentación del proyecto RVM se encuentra disponible en: http://archive.cspo.org/rvm/index.htm

en términos de conocimiento, alcanzadas por las instituciones a las cuales están vinculados (Cañibano & Bozeman, 2009; D'Onofrio, 2011).

La RICyT, desde el año 2008, ha promovido una iniciativa dirigida a construir un referente metodológico para el cálculo de indicadores de trayectorias del personal dedicado a actividades de I+D (D'Onofrio et al., 2010a), la cual se orienta a mejorar la medición y representar la dinámica de las relaciones de CyT a partir del recurso humano que interviene en estos procesos.

Por trayectoria del recurso humano entendemos el recuento de los hitos y eventos en la actividad científica y tecnológica, que recoge la experiencia académica y laboral de los individuos, además de su participación en proyectos y la generación de conocimiento a lo largo de su carrera como investigador (D'Onofrio, 2011).

Para atender este objetivo, el manual propone indicadores agregados en cinco dimensiones, las cuales describen los hitos individuales y buscan representar las trayectorias académicas y científicas, reconociendo el carácter dinámico, abierto y móvil de los procesos de formación y experiencias profesionales de los investigadores (Álvarez, 2006).

Desde la lógica de la medición en CyT, las dimensiones e indicadores del Manual de Buenos Aires proponen una representación de la trayectoria de los investigadores, como alternativa para abrir la "caja negra"[3] de los sistemas nacionales y superar la perspectiva limitada del recurso humano, como insumo de un proceso lineal de generación de conocimiento científico. Lo anterior, aunado al interés de emplear información secundaria disponible en países de la región, dado que los datos de inventario de recursos humano presentan dificultades a la hora de representar la dinámica del sistema y sus componentes, mediante estadísticas e indicadores robustos (Lepori, Barré & Filliatreau, 2008). Estos aspectos se configuran como mecanismos que favorecen el relevamiento y uso de datos e información del recurso humano vinculado a las instituciones del sistema colombiano.

4.1.1. El currículum vítae (CV) como insumo para el cálculo de indicadores de recursos humanos

En los términos propuestos en el Manual de Buenos Aires, la construcción de indicadores de trayectoria de recursos humanos en CyT considera como insumo esencial la información secundaria disponible del personal vinculado a actividades de I+D y procesos de innovación, en particular la registrada en el CV (D'Onofrio, 2011; Jaramillo, Lopera & Albán, 2008). Para ello, el CV se perfila como una fuente de datos útil sobre la dinámica de los investigadores, al registrar los eventos que componen su historia académica y científica (Cañibano & Bozeman, 2009).

3 La expresión "caja negra" se refiere a las relaciones no lineales de los sistemas de ciencia y tecnología e innovación, que no son consideradas en el modelo insumo-producto (Gault, 2007).

A su vez, el CV posee una estructura relativamente estandarizada, con campos similares, al menos en la definición, que facilitan la recopilación y clasificación de la información registrada, permitiendo obtener insumos para la construcción de indicadores que representen la experiencia laboral, los flujos de colaboración y movilidad del recurso humano en el ámbito de la CyT (Dietz, Chompalov, Bozeman, Lane & Park, 2000). Esta fuente de datos brinda una visión longitudinal de la trayectoria de los investigadores, construida y narrada por ellos mismos, que favorece el análisis de la carrera profesional y la representación de las capacidades individuales y colectivas, en particular, de las instituciones que conforman el SNCTI.

A pesar de las posibilidades, las bases de CV presentan algunas limitaciones asociadas a la disponibilidad y el acceso a la información registrada por los investigadores, para ser empleada en la construcción de estadísticas e indicadores. Entre otros factores, el uso de la información del CV depende de la actualización periódica por parte de cada investigador, de la codificación de los datos y de la heterogeneidad de los registros diligenciados en cada currículo (D'Onofrio, 2011; Salazar & Colorado, 2010). Para disminuir los efectos asociados a esta problemática, el cálculo de estadísticas e indicadores de recursos humanos en CyT precisa de una labor de homologación y estandarización de algunas de las variables disponibles en cada CV, además de complementar el cálculo de indicadores con otros repositorios disponibles (Cañibano & Bozeman, 2009; Jaramillo et al., 2008).

Para efectos de aplicar las categorías del Manual de Buenos Aires al caso colombiano, es posible complementar las mediciones de capacidad del SNCTI (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012) con indicadores de trayectoria del recurso humano vinculado a sus instituciones, a partir de los datos de investigadores registrados en los aplicativos CvLAC y GrupLAC de la plataforma ScienTI[4] administrada por Colciencias. En el contexto nacional, la vinculación de cada individuo a una institución del sistema se realiza mediante el aval de la institución al grupo de investigación que lo reporta como integrante en un periodo específico.

Dado lo anterior, reconocemos en los grupos de investigación[5] una de las formas de organización representativa que potencia la actividad científica y tecnológica del país, dado que los grupos de investigación avalados por instituciones que hacen parte del sistema configuran una red de vínculos institucionales conformada por individuos, quienes favorecen los procesos de generación de conocimiento científico y, por tanto, inciden en términos individuales y colectivos en la capacidad en CTI.

4 En este caso, se debe precisar que ScienTI no es una base de datos censal, por lo que este análisis constituye una representación de la trayectoria de los investigadores del país a abril de 2012.

5 En el SNCTI colombiano, los grupos de investigación científica o tecnológica se definen como el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión (Colciencias, 2008, p. 16).

4.1.2. Iniciativa del Manual de Buenos Aires para análisis de trayectorias de recursos humanos en CyT

La iniciativa del Manual de Buenos Aires propone cincuenta y dos indicadores para analizar la trayectoria de los investigadores; los indicadores se agregan en las dimensiones de dedicación, diversidad, temporalidad, movilidad y colaboración, con el propósito de informar sobre distintos aspectos que afectan la carrera académica y profesional. La noción de trayectoria es central en el Manual de Buenos Aires, y se define como una serie de eventos e hitos que determinan la carrera científica y académica de los investigadores, teniendo en cuenta que los contextos institucionales en los que se inscribe la actividad de cada persona inciden en la evolución de su trayectoria particular (D'Onofrio et al., 2010a) e institucional.

Como mencionamos, el Manual de Buenos Aires agrega los indicadores por dimensiones. La primera dimensión corresponde a la dedicación a actividades de I+D del recurso humano; para ello, calculamos la equivalencia en términos de tiempo completo o tiempo parcial para un año específico[6]. En esta dimensión, el manual propone dos indicadores, el primero presenta la dedicación en el año, y el segundo describe la evolución de la dedicación a las actividades de I+D en una ventana de tiempo, lo que permite establecer el patrón de dedicación del recurso humano a la actividad investigativa.

En el análisis del tiempo dedicado por los investigadores colombianos empleamos las categorías dedicación completa y dedicación parcial, y para esta última aplicamos tres rangos: dedicación hasta el 25%, del 25% al 50% y 50% al 75%. Lo anterior, considerando que las dos terceras partes del recurso humano vinculado a grupos de investigación en universidades reporta el tiempo en horas semanales, y se dedica en forma parcial a actividades de I+D[7].

La segunda dimensión corresponde a temporalidad, entendida como la obtención de una determinada posición o experiencia significativa en la trayectoria científica y tecnológica de cada investigador, a una edad temprana con respecto a una población de personal dedicado a actividades de I+D (D'Onofrio, 2010); los indicadores incluidos en esta dimensión se presentan en la tabla 4.1.

La variable observada en temporalidad corresponde a la edad en la cual la persona alcanza logros académicos o experiencia profesional que contribuyen a consolidar su carrera científica; con ello el Manual introduce la noción de precocidad, que indica cuando un investigador reporta un logro de manera anticipada, con respecto al conjunto de la población. Para el análisis del sistema colombiano calculamos indicadores de

6 En el manual se introducen los conceptos dedicación completa (DCO) y dedicación a tiempo parcial (DPA), medidos en términos de si un científico se ha dedicado a actividades de I+D en una ventana de tiempo específica (D'Onofrio et al., 2010). El manual propone que si el investigador ha dedicado más del 75% de su tiempo a actividades de I+D se puede catalogar como de dedicación completa, en caso contrario se clasifica como de dedicación en tiempo parcial.

7 En el caso colombiano utilizamos el número de horas semanales dedicadas a actividades de I+D registradas por el personal vinculado a grupos de investigación; la información del recurso humano no vinculado a grupos de investigación no está normalizada. Para el cálculo del indicador de dedicación empleamos la información del último año observado, y no se estiman variaciones entre periodos. Una posibilidad a futuro es retomar la dedicación a partir de la información de experiencia investigativa o académica del CV de los investigadores, lo que conlleva a normalizar la información disponible.

temporalidad en la producción científica y tecnológica y en la graduación doctoral de los investigadores vinculados a grupos de investigación en universidades, y adoptamos la noción de precocidad calculado para el primer cuartil de la población.

La tercera dimensión se refiere a la diversidad de los roles que desempeña el recurso humano vinculado a actividades de I+D. Los indicadores descritos en la tabla 4.2, conciben el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas en distintos ámbitos, lo que configura el carácter de su trayectoria como investigador. En esta categoría, los indicadores se agrupan en tres formas de diversidad, así: la *diversidad profesional* que reconoce distintos roles en la actividad científica, la *diversidad en producción* como la generación de diversas formas de conocimiento y la *diversidad disciplinaria* entendida como la incursión en diversas áreas de conocimiento (D'Onofrio et al., 2010a). Para el análisis incluido en este capítulo calculamos indicadores de diversidad en la producción científica y tecnológica, en la medida en que el criterio de investigador considera estas formas de conocimiento como evidencia de la actividad del recurso humano vinculado a grupos de investigación reconocidos en el SNCTI.

Tabla 4.1. Indicadores de la dimensión de temporalidad incluidos en el Manual de Buenos Aires

Dimensión	Indicador
Graduación doctoral	Porcentaje de investigadores con precocidad en la graduación doctoral, respecto al número total de investigadores del país, durante el periodo de referencia.
	Grado de precocidad en la graduación doctoral de los investigadores del país con título de doctor, durante el período de referencia.
Producción científica y tecnológica	Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento científico, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento científico de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento científico, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento tecnológico, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento tecnológico de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento tecnológico, durante el período de referencia.
Dirección de proyectos de I+D	Porcentaje de investigadores con precocidad en la dirección de proyectos de I+D, respecto del número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de precocidad en la dirección de proyectos de I+D de los investigadores del país con proyectos de I+D dirigidos durante el período de referencia.
Dirección de recursos humanos de I+D	Porcentaje de investigadores con precocidad en la dirección de recursos humanos de I+D humanos de I+D, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de precocidad en la dirección de recursos humanos de I+D de los investigadores del país con dirección de recursos humanos de I+D, durante el período de referencia.

Fuente: D'Onofrio et al. (2010a)

Tabla 4.2. Indicadores de la dimensión de diversidad considerados en el Manual de Buenos Aires

Dimensión	Indicador
Diversidad en perfiles profesionales	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de perfiles de trayectoria profesional, en el año de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según patrones de perfiles de trayectoria profesional, durante el período de referencia.
Diversidad de perfiles de producción	Porcentaje de investigadores con producción científica y tecnológica, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción científica y tecnológica, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según patrones de producción científica y tecnológica, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción de nuevo conocimiento científico, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento tecnológico, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción de nuevo conocimiento tecnológico, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción de recursos humanos de I+D formados, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción de recursos humanos de I+D formados, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con producción para la apropiación social del conocimiento, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de producción para la apropiación social del conocimiento, durante el período de referencia.
Diversidad disciplinaria	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de diversidad disciplinaria a lo largo de la trayectoria científica y tecnológica, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según niveles de diversidad disciplinaria en la producción a lo largo de la trayectoria científica y tecnológica, durante el período de referencia.

Fuente: D'Onofrio et al. (2010a)

En el contexto de la propuesta de Manual de Buenos Aires, la dimensión de movilidad corresponde al flujo de cada investigador para adelantar su formación académica o desarrollar actividades profesionales; para ello, el manual considera indicadores de movilidad en el ámbito institucional, sectorial o geográfico, como se relaciona en la tabla 4.3 (D'Onofrio et al., 2010). En este capítulo calculamos indicadores de movilidad en la formación doctoral de los investigadores vinculados a universidades, registrados en la plataforma ScienTI[8].

Tabla 4.3. Indicadores de la dimensión de movilidad considerados en el Manual de Buenos Aires

Dimensión	Indicador
Movilidad en la formación	Porcentaje de investigadores con movilidad institucional durante la formación, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con movilidad espacial durante la formación, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
Movilidad laboral	Porcentaje de investigadores con movilidad institucional durante la trayectoria profesional, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de movilidad institucional de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con movilidad sectorial durante la trayectoria profesional, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de movilidad sectorial de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores con movilidad espacial durante la trayectoria profesional, respecto al número total de investigadores del país, durante el período de referencia.
	Grado de movilidad espacial de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional, durante el período de referencia.

Fuente: D'Onofrio et al. (2010a)

Finalmente, la dimensión de colaboración comprende indicadores que evidencian el desarrollo conjunto, con colegas y equipos de otras instituciones de carácter nacional e internacional, de actividades de I+D, procesos de formación de recurso humano y generación de conocimiento científico y tecnológico en un periodo de referencia, los cuales se relacionan en la tabla 4.4.

Para el análisis de esta última dimensión calculamos indicadores a partir de las coautorías en producción de nuevo conocimiento científico, en particular, artículos publicados en revistas indexadas en la base bibliográfica ISI-WoS, reportados en los CV de la plataforma ScienTI, teniendo en cuenta que la información de colaboración registrada en esta última aporta, para cada artículo, el dato correspondiente a autores e instituciones del ámbito nacional e internacional.

8 El aplicativo CvLAC de la plataforma ScienTI, administrado por Colciencias, no recoge en un módulo específico la información de la movilidad del recurso humano vinculado a los grupos de investigación, razón por la cual los indicadores de esta dimensión del manual se estiman como un *proxy* de la información registrada en la experiencia académica y profesional en el CV de cada investigador.

Tabla 4.4. Indicadores de la dimensión de colaboración considerados en el Manual de Buenos Aires

Dimensión	Indicador
Realización de proyectos de I+D	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la realización de proyectos de I+D, durante el período de referencia.
	Grado de colaboración en la realización de proyectos de I+D de los investigadores del país, durante el período de referencia.
Formación investigadora	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la formación investigadora, durante el período de referencia.
Producción científica y tecnológica	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico, durante el período de referencia.
	Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de los investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad, durante el período de referencia.
	Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad de los investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico, durante el período de referencia.
	Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico de los investigadores del país, durante el período de referencia.
	Porcentaje de investigadores del país, según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento tecnológico, durante el período de referencia.
	Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento tecnológico de los investigadores del país, durante el período de referencia.

Fuente: D'Onofrio et al. (2010a)

4.2. Resultados asociados a la aplicación del Manual de Buenos Aires en el contexto colombiano: investigadores vinculados a universidades

En este aparte presentamos los indicadores calculados a partir de las dimensiones propuestas en el Manual de Buenos Aires, con el propósito de caracterizar la trayectoria de los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades colombianas. Este ejercicio acompaña la medición de recursos humanos en CyT en el contexto del SNCTI, por cuanto corresponde a una evidencia empírica de su aplicación. Recogiendo lo señalado por D'Onofrio et al. (2010b), los resultados deben revisarse frente a los avances conceptuales en esta materia, por parte de las instituciones responsables de la construcción de estadísticas e indicadores de CyT.

En la primera parte describimos la composición de la población de investigadores activos, por grupo etario y área de conocimiento OCDE, seguida de los indicadores de la dimensión de dedicación a actividades a I+D. Luego, analizamos los resultados de las dimensiones de diversidad y temporalidad en la generación de productos en las categorías de conocimiento científico y tecnológico, formación de recursos humanos y apropiación social de conocimiento.

Asimismo, en la dimensión de temporalidad incluimos el análisis de la edad de graduación de los investigadores que reportan título de doctorado y hacen parte de los grupos avalados por universidades. Por último, describimos los indicadores de movilidad de los investigadores que realizaron su formación doctoral fuera del país, y en la dimensión de colaboración presentamos un balance de los artículos publicados en revistas indexadas en ISI-WoS, reportados por los grupos de investigación de universidades en la plataforma ScienTI.

4.2.1. Población de análisis: investigadores vinculados a grupos de investigación en universidades colombianas

En este análisis del recurso humano vinculado a universidades reconocemos el rol significativo que las instituciones de educación superior (IES) tienen en el desarrollo de las relaciones de ciencia, tecnología e innovación, como parte del esfuerzo por configurar sociedades basadas en el conocimiento que se constituyan en factor de desarrollo económico y social (Chaparro, 2010). En el caso del sistema colombiano, las universidades han contribuido a consolidar y favorecer la reproducción de la comunidad académica y científica, papel fortalecido gracias al fomento de su misión de investigación, que comprende, entre otros aspectos, brindar incentivos a las actividades de I+D, apoyar la formación y cualificación del recurso humano de alto nivel para la CyT y soportar la generación de una parte significativa del conocimiento científico y tecnológico que se reporta en el país.

La construcción de indicadores de trayectoria del recurso humano en Colombia representa la capacidad del SNCTI; en cuanto a los investigadores vinculados a universidades que en general participan, tanto en la producción de nuevo conocimiento como en la formación de recursos humanos con competencias para la investigación, si bien esto no sucede en todos los casos, este rol de las universidades les brinda una posición estratégica significativa en el conjunto del SNCTI. Para los indicadores que presentamos en el capítulo, la población de análisis comprende el conjunto de investigadores activos en grupos de investigación avalados por al menos una universidad, en razón a que estos evidencian producción asociada a su actividad en CTI, siguiendo los criterios definidos en los modelos de reconocimiento y medición de grupos de investigación propuestos por Colciencias (2008, 2013)[9].

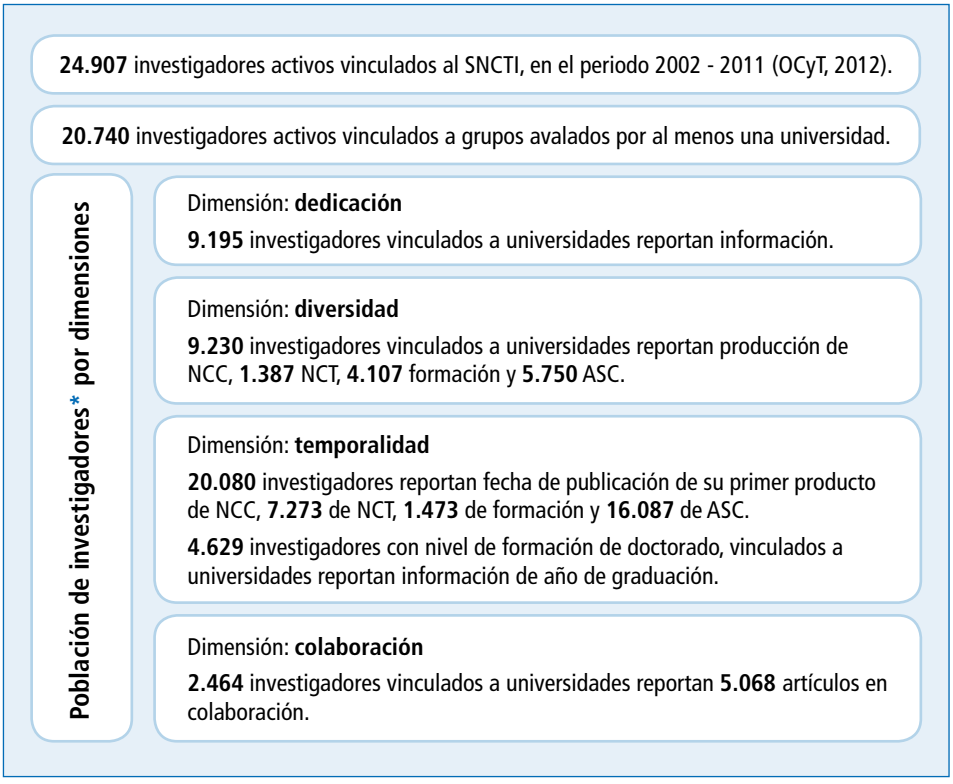
A pesar de la identificación de una población específica de investigadores, algunos de los indicadores propuestos en el Manual de Buenos Aires consideran medidas relativas que implican, en ciertos casos, definir una población de análisis y otra de referencia. Para efectos de comparación, la población de análisis de este estudio corresponde al recurso humano registrado en la plataforma ScienTI que cumple con la condición de estar vinculado a un grupo de investigación avalado por alguna uni-

9 Durante el último año Colciencias viene trabajando, de la mano de la comunidad científica y académica, un nuevo modelo de medición de grupos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, el cual se ha constituido en una herramienta para el apoyo al fortalecimiento y consolidación de las capacidades en ciencia y tecnología en Colombia. El documento está disponible en: http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/DOCUMENTO%20MODELO%20MEDICI%C3%93N%20DE%20GRUPOS%20JUNIO%202012%20(BORRADOR%20PARA%20DISCUSI%C3%93N).pdf

versidad, y la población de referencia comprende el total de investigadores activos del país reportados en el periodo 2002 a 2011 (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012, p. 63).

En forma complementaria, es preciso tener presente que en las bases de CV algunos investigadores no reportan información en todas las variables y, por ello, los indicadores se calculan para el recurso humano que registra información consistente[10] en algunas variables relativas a los aspectos demográficos, los vínculos institucionales y la producción de conocimiento; lo que implica que un aspecto central en la construcción de indicadores de trayectoria esté asociado a la disponibilidad de información de calidad para el conjunto de la población observada. Por lo anterior, el número de investigadores observado varía entre dimensiones. La figura 4.1 indica la cantidad de investigadores vinculados a universidades, que conforman la población de análisis para cada dimensión.

Figura 4.1. Población de análisis, según las dimensiones del Manual de Buenos Aires



Fuente: ScienTI, GrupLAC. Corte a abril de 2012 (OCyT, 2012)

* Investigadores vinculados a grupos avalados por al menos una universidad, que reportan información para el cálculo de indicadores en cada una de las dimensiones consideradas en la propuesta del Manual de Buenos Aires.

10 Para cada investigador verificamos la información demográfica disponible, en aspectos tales como: número de identificación, fecha de nacimiento, vinculación a las instituciones o niveles de formación, con el propósito de eliminar registros repetidos o con datos atípicos.

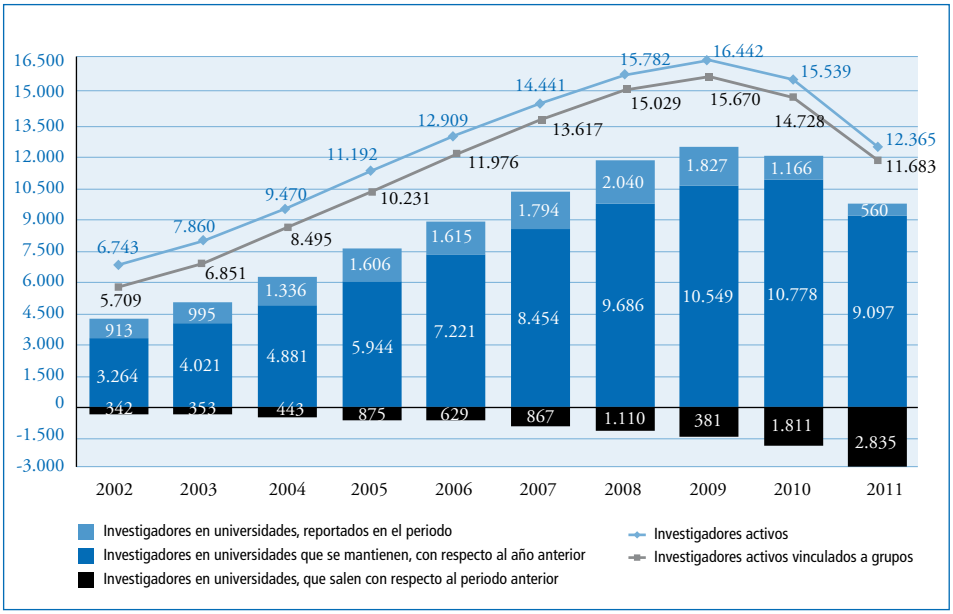
Estas variaciones en el tamaño de la población inciden en la representatividad y alcance explicativo de los indicadores calculados. En nuestro caso, si bien evidencian tendencias del recurso humano a lo largo del periodo, implicaron pruebas de consistencia estadística, tanto a los datos demográficos como de productos de nuevo conocimiento científico y tecnológico reportados en el CV del personal vinculado a grupos, con el propósito de omitir valores atípicos y reducir sesgos en los comportamientos observados.

A partir de las consultas a las bases de datos CvLAC y GrupLAC de la plataforma ScienTI, a corte abril de 2012, identificamos 24.907 personas que cumplieron con el criterio de investigador activo entre 2002 y 2011 (OCyT, 2012); de estas, 20.740, equivalentes al 83,27%, han estado vinculadas a grupos de investigación avalados por alguna universidad colombiana en el periodo mencionado.

En la gráfica 4.1 observamos la cantidad de investigadores activos que componen la población de análisis y su significativa evolución en el periodo. En cada año indicamos el número de investigadores activos vinculados a grupos avalados por universidades, compuesto por aquellas personas que ingresan cada año y quienes se mantienen activos con respecto al año anterior, y cumplen con el criterio de investigador activo reportado (OCyT, 2012, p. 63).

Durante todo el periodo evidenciamos un crecimiento sostenido en el número de nuevos investigadores que reportan producción de nuevo conocimiento por año;

Gráfica 4.1. Composición de la población de análisis, 2002 - 2011



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012; OCyT, 2012
Cálculos: OCyT

no obstante, es necesario anotar que, en cada año, un porcentaje de investigadores no cumple con el criterio de *investigador activo* y, al no cumplir esta condición, se reduce el número total de investigadores activos vinculados a los grupos avalados por universidades, como se presenta en la tabla 4.5.

La composición demográfica de los investigadores activos del sistema se ha transformado progresivamente a lo largo del periodo de análisis, en 2002 se reportaron 6.743 investigadores en el país, 12.909 en 2006 y 12.365 en 2011, lo que implicó un crecimiento del 83,38% (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012). Dentro de esas poblaciones, el peso que representaban los investigadores adscritos a grupos de investigación avalados por universidades, sobre el total de investigadores del país, equivalía al 61,94%, 68,44% y 78,14% respectivamente, para cada uno de los años mencionados.

El ritmo de incorporación de investigadores al sistema alcanza su nivel máximo en 2004, con un crecimiento del 21,49%, seguido de una disminución en la tasa de crecimiento para los años posteriores. En este sentido, en la primera mitad de la década, el incremento del recurso humano al sistema representaba, en promedio, más del 20,55% del total de investigadores activos, en comparación con el 7,45% que se retiraba.

En particular, a partir de 2005 observamos una desaceleración en el crecimiento del número de investigadores activos en el SNCTI: pasó de 13,5% en el 2005 a 11,16% en el 2006. Lo anterior, aunado al hecho de que el ritmo en el que los investigadores que no reportan productos para mantener el criterio de *investigador activo* de un año a otro se incrementó en los últimos años del estudio, hasta alcanzar el 29,36%. Luego del año 2007, el ritmo de expansión del sistema disminuyó y la relación entre entrada y salida de recursos humanos se redujo en forma considerable.

En efecto, para 2010 y 2011 no se alcanza el punto de equilibro respecto al número de investigadores activos vinculados a las instituciones del SNCTI, que reportan producción de conocimiento científico y tecnológico. Ello ha conducido en los últimos tres años a una lenta pero progresiva desaceleración en la proporción de integrantes de grupos que cumplen la condición de *investigador activo*, lo que propició que la tasa de crecimiento en el número de nuevos investigadores activos disminuyera con respecto a los primeros años: del 18,28% en 2006 bajó al 5,80% en 2011.

En resumen, en los últimos tres años observamos una tendencia de disminución en la población de investigadores activos del país, situación que se mantiene para los investigadores vinculados a universidades. Para los años 2010 y 2011 el crecimiento porcentual de integrantes de los grupos, que cumplen con el criterio de actividad, no compensa su retiro, lo que en términos absolutos indica una reducción en el número de investigadores, reportando una tasa decreciente del -5,40% en 2010 y -23,56% en 2011, como se ilustra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Composición de la población de investigadores activos vinculados a grupos de investigación avalados por universidades, y variaciones en cada año, 2002 - 2011

AÑO	Número de investigadores activos vinculados a grupos avalados por al menos una universidad	Porcentaje de investigadores que se mantienen como investigador activo, con respecto al año anterior	Porcentaje de investigadores que cumplen el criterio de investigador activo en el año	Porcentaje de investigadores que no cumplen el criterio de investigador activo con respecto al año anterior	Porcentaje de variación de investigadores activos para el año
2002	4.177	78,14%	21,86%	8,19%	13,67%
2003	5.016	80,16%	19,84%	7,04%	12,80%
2004	6.217	78,51%	21,49%	7,13%	14,36%
2005	7.550	78,73%	21,27%	7,77%	13,50%
2006	8.836	81,72%	18,28%	7,12%	11,16%
2007	10.248	82,49%	17,51%	8,46%	9,05%
2008	11.726	82,60%	17,40%	9,47%	7,93%
2009	12.376	85,24%	14,76%	11,16%	3,60%
2010	11.944	90,24%	9,76%	15,16%	-5,40%
2011	9.657	94,20%	5,80%	29,36%	-23,56%

Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT

La disminución en esos años es indicativa y, por tanto, requiere consolidar evidencia concluyente. En cuanto a la información disponible en la plataforma ScienTI, la reducción en el número de investigadores obedece al rezago en el reporte de la producción en el CV, por parte de los integrantes de los grupos de investigación, el cual está condicionado a las convocatorias de reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación realizada periódicamente por Colciencias. Sobre este aspecto, consideramos que la actualización de información en la plataforma ScienTI de Colciencias es sensible a las convocatorias de medición y de reconocimiento de grupos e investigadores[11] Este aspecto, sigue la línea del "efecto convocatoria", mencionado en los indicadores de capacidades incluidos en la versión anterior del libro de indicadores 2012, que incide en la actualización de la información disponible en la plataforma ScienTI administrada por Colciencias (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012).

A pesar de esta tendencia en la disminución de *investigadores activos*, el incremento sostenido en la última década en el número de artículos publicados en revistas indexadas en las bases bibliográficas ISI-WoS y Scopus (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012) sugiere un aumento en la producción de conocimiento científico, representado en el número de artículos producidos por investigadores que reportan afiliación a instituciones del SNCTI, y que son resultado de la actividad en CyT adelantada por el recurso humano vinculado a las IES, en particular a universidades.

11 El corte de la base de datos corresponde a la consulta efectuada en abril de 2012, que recoge la actualización de la convocatoria de medición y reconocimiento realizada en noviembre de 2011.

4.2.2. Composición etaria de la población de investigadores activos vinculados a grupos avalados por universidades

La composición etaria de los investigadores activos cambia significativamente a lo largo del periodo de análisis; evidencia de ello son las diferencias entre las poblaciones de investigadores en tres momentos distintos, según sexo y rango etario, como observamos en la grafica 4.2. En 2002, el 59,49% de los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades se ubicó en el rango de edad mayor a 50 años; luego, en 2006, la curva poblacional entre los 40 y 49 años concentró el 30,59% de los investigadores y, finalmente, los investigadores que reportaron edades entre 30 y 39 años a 2010 alcanzaron una participación del 30,05%, seguida del 28,89% en el rango de 40 a 49 años de edad, lo que reconfiguró la pirámide demográfica de investigadores vinculados a universidades.

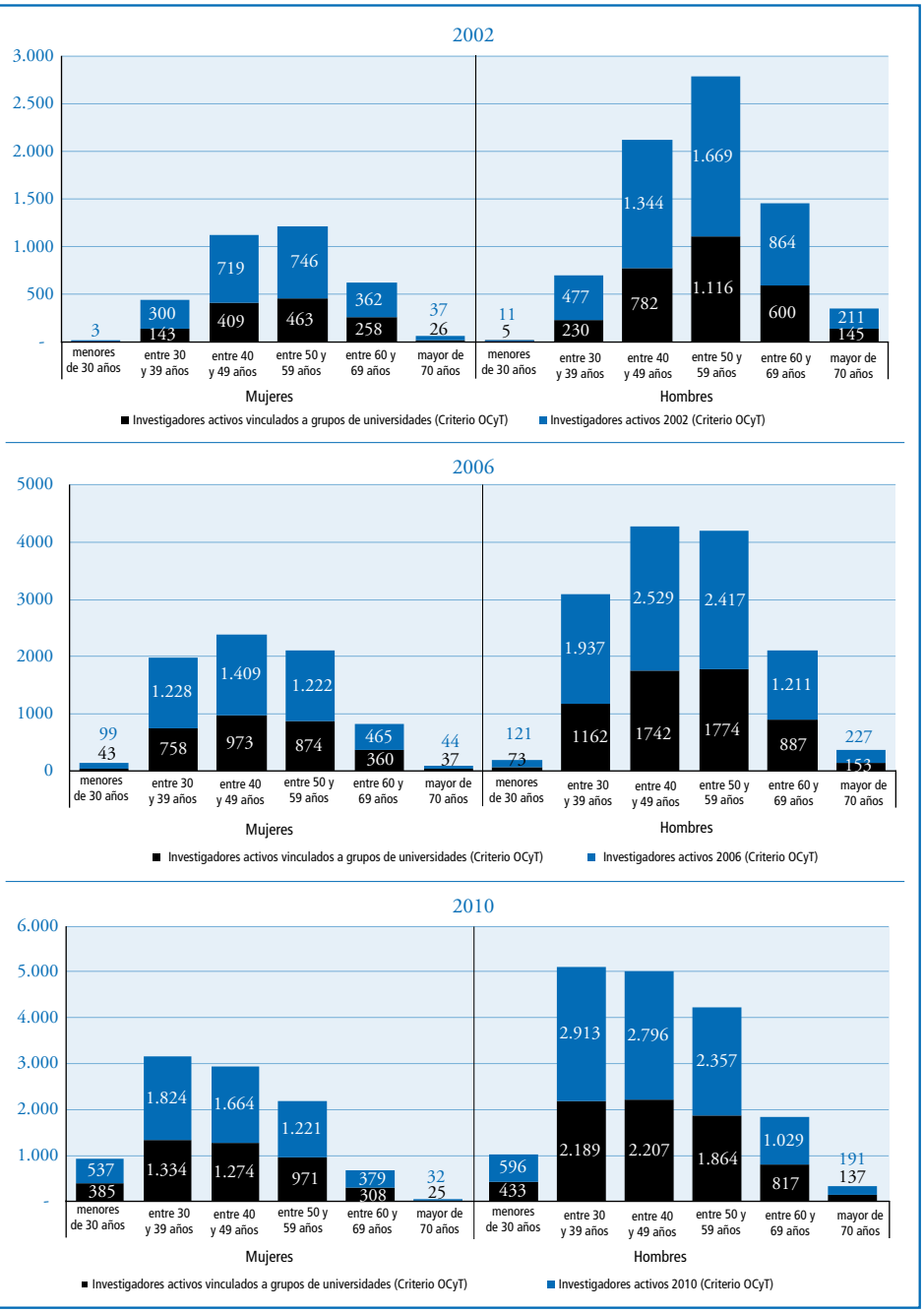
Este comportamiento indica el cambio generacional del recurso humano vinculado a las universidades, que representa parte de la capacidad del SNCTI; en la última década, los investigadores más jóvenes han ganado terreno en la actividad académica, científica y tecnológica, lo que sugiere una transformación en la composición de la población de investigadores vinculados a estas instituciones.

En los tres años observados, la presencia de hombres ha sido mayor que la de mujeres, en promedio, para todos los rangos de edad. En 2002 existían 2,6 hombres por cada mujer, relación que desde 2006 se reduce a un promedio de 2 investigadores hombres por cada mujer, manteniendo una diferencia mayor en los investigadores de más edad. A pesar de ello, se destaca que la relación para los investigadores menores de 30 años se ha reducido de manera significativa, pasando de alrededor de 3 hombres por cada mujer en 2002, a equilibrarse en 2010, lo que es evidencia de la recomposición etaria del recurso humano más joven vinculado a los grupos del SNCTI.

Al revisar la distribución del recurso humano por área de conocimiento[12], identificamos que 12.220 del total de 24.907 investigadores activos reportan una única área OCDE (49,06%), y 8.816 reportan vinculación a dos áreas de conocimiento (35,4%). El 12,40% restante reportan tres o más áreas de conocimiento, lo que nos permite considerar que las universidades ofrecen un entorno relativamente favorable para que los grupos trabajen temas afines a varias disciplinas. El grafico 4.3 recoge la composición de investigadores activos por área, en los años 2002, 2006 y 2010. La composición del número de investigadores, en los tres momentos observados, mantiene un comportamiento similar al reportado para el conjunto del SNCTI, diferenciada por área de conocimiento OCDE (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012, p.65).

12 El área OCDE de cada investigador corresponde a la información reportada en su CV. Para efectos del cálculo de indicadores, contamos el investigador en tantas áreas de conocimiento OCDE como reporte, para el calculo de indicadores, se excluye el 3,14% de investigadores, que no reportan adscripción a área alguna. El 12,40% de los investigadores que reportan tres áreas o más se distribuye así: 2.406, que corresponden al 9,66%, reportan 3 áreas; 574, que corresponden al 2,3%, reportan 4 áreas; 95, que corresponden al 0,38%, reportan 5 áreas y 14, equivalente al 0,06%, reportan 6 áreas de conocimiento OCDE.

Gráfica 4.2. Investigadores activos en grupos de universidades, con respecto al total de investigadores activos en el país, distribuido por sexo y grupo etario, 2002, 2006 y 2010*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012; OCyT (2012)
Cálculos: OCyT

* Los datos de edad se calcularon con corte a 31 de diciembre de 2012; el tamaño de la población incluye a todos los investigadores y en 2002 corresponde a 6.743 personas, en 2006 asciende a 12.909 y en 2010 llega a 15.539, respectivamente.

Tabla 4.6. Composición de la población de investigadores activos vinculados a grupos avalados por universidades, según áreas de conocimiento OCDE, 2002 - 2011

Año	Ciencias agrícolas	Ciencias médicas y de la salud	Ciencias naturales y exactas	Ciencias sociales	Humanidades	Ingeniería y tecnología	Otros
2002	6,33%	13,44%	22,42%	24,22%	18,78%	10,82%	3,99%
2003	6,20%	13,33%	21,66%	24,97%	19,05%	10,80%	3,99%
2004	6,06%	13,24%	21,41%	25,47%	18,93%	10,94%	3,94%
2005	5,95%	13,00%	21,07%	26,01%	18,64%	11,38%	3,95%
2006	5,95%	12,70%	20,99%	26,02%	18,40%	11,73%	4,21%
2007	5,88%	12,40%	20,47%	26,62%	18,48%	11,88%	4,27%
2008	5,55%	12,18%	19,97%	27,50%	18,82%	11,60%	4,37%
2009	5,60%	11,97%	19,51%	28,20%	18,60%	11,68%	4,45%
2010	5,60%	12,09%	19,27%	28,20%	18,51%	11,70%	4,63%
2011	5,79%	11,97%	19,62%	27,87%	18,02%	11,86%	4,88%

Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT

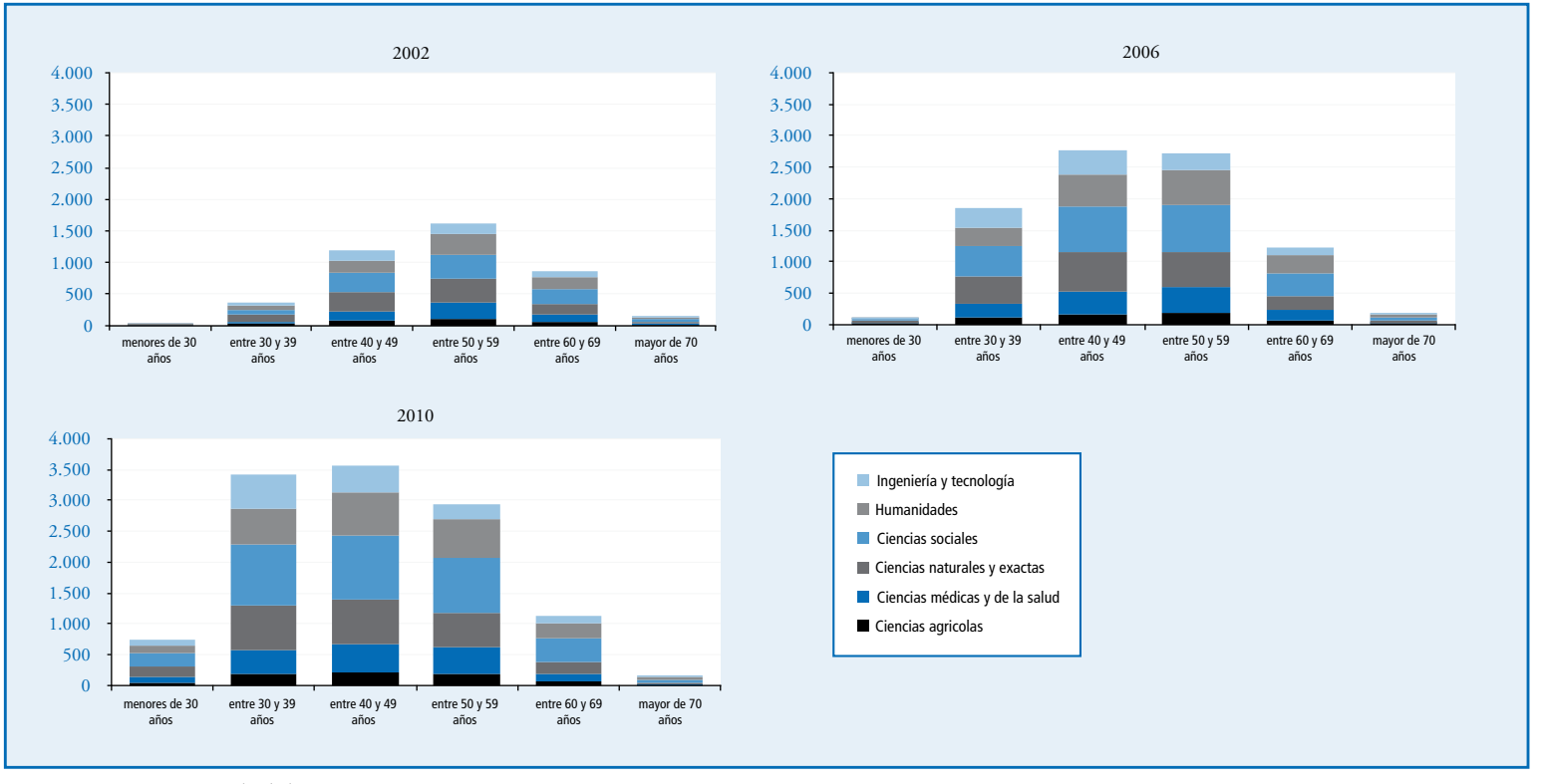
En todos los años considerados, la mayor proporción de investigadores se ubica en el área de ciencias sociales, con una participación que entre 2002 y 2011 oscila de 24,22% a 27,87%, mientras que la población de investigadores de ciencias de la salud disminuye, pasando del 13,44% en 2002 al 11,97% en 2011.

En 2002, los 276 investigadores vinculados a grupos avalados por universidades inscribían sus actividades en el área OCDE de ciencias agrícolas, lo que representaba el 6,6% del total de investigadores de estas instituciones. En el año 2006 la población en esta área creció un 99,3%, equivalente a 549 investigadores, en respuesta a la incorporación de investigadores ubicados en los rangos de 30 a 49 años. Al 2010, la población en ciencias agrícolas creció un 27,37%, lo que indica madurez y estabilidad de la comunidad de investigadores en esta área y la incorporación paulatina de investigadores en los rangos de edad más joven, como se indica en la gráfica 4.3. En el caso del área de ciencias médicas y de la salud, en 2002 identificamos 585 investigadores, lo que representó el 14% de la población total reportada por las universidades.

Al igual que en otras áreas, en 2006 evidenciamos un importante crecimiento al duplicarse la población vinculada, en los rangos de 30 - 39 años y 40 - 49 años, situación que se mantuvo hasta el 2010, cuando la población creció a 1.514 investigadores (29,21%) en los rangos más jóvenes. Efecto que asociamos al fomento de los nuevos modelos de medición de grupos, impulsados por Colciencias en esos años para fortalecer el recurso humano vinculado a actividades de CyT.

En las ciencias naturales y exactas ubicamos 975 investigadores en 2002, principalmente en edades entre 40 a 59 años. Esta población aumentó en el 2006, alcanzando 1.936 investigadores vinculados a grupos de universidades, principalmente en el rango de 30 a 39 años. En el 2010, la población creció 24%, integrada en mayor medida por investigadores jóvenes.

Gráfica 4.3. Total investigadores activos vinculados a grupos avalados por al menos una universidad, según rango etario y área OCDE, 2002, 2006 y 2010*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* Los datos de edad se calcularon con corte a 31 de diciembre de 2012. El tamaño de la población vinculada a universidades, que en el 2002 era de 4.177, asciende a 8.836 y 11.944 en 2006 y 2010, respectivamente.

En el área de ciencias sociales, en el 2010 se reportaron 3.532 investigadores, lo que representó un incremento del 235,17% con respecto al 2002; en el caso del rango de edad de 30 a 39 años, estos investigadores pasaron de representar el 7,67% en 2002, al 27,67% en 2010. Esto resulta determinante para la configuración del SNCTI, en la medida que se consolida una comunidad de investigadores, vinculados a universidades, que permite evidenciar el carácter de la actividad de las universidades en Colombia alrededor de las temáticas en ciencias sociales.

De manera similar es el comportamiento en las otras áreas. En humanidades se ha dado un cambio en la composición generacional, en la medida que los investigadores menores a 50 años alcanzaron una mayor participación; evidencia de esto es que, en 2010, el área contó con 2.318 investigadores, de los cuales 575 se ubicaban entre los 30 y 39 años. El crecimiento de esta área fue de 75% entre 2002 - 2006 y de 36% entre 2006 - 2010.

Finalmente, en el área de ingeniería y tecnología la cantidad de investigadores, que en 2002 era de 471, pasó a 1.082 en 2006 y a 1.466 en 2010, es decir, se duplicó la población en el periodo considerado. Si bien observamos esta variación en todos los rangos de edad, resulta significativo el relevo generacional, evidenciado en la participación de los menores de 40 años, quienes en 2002 representaron el 43,98%, mientras que en 2002 pesaban el 13,91% del área.

Si bien, esta categoría da cuenta de la configuración y relevo generacional del recurso humano vinculado a las universidades, como parte de las capacidades del SNCTI; es preciso reconocer, que esta es una comunidad dinámica, en continua evolución, que se debe en gran medida, a los investigadores de mayor trayectorias, quienes realizaron aportes y sentaron las bases del hoy denominado, SNCTI.

4.2.3. Dedicación del recurso humano a actividades de I+D

Para calcular los indicadores de dedicación utilizamos el cuartil como criterio estadístico para medir la dedicación a actividades de I+D; con ello obtuvimos cuatro rangos, así: dedicación inferior al 25%, entre 25% al 50%, entre 50 al 75% del tiempo completo, y el rango mayor al 75% equivalente a un tiempo completo. Para el cálculo del indicador incluimos la información del 44,3% de los investigadores adscritos a grupos de las universidades, como se presenta en la tabla 4.7[13]. El 35% de los investigadores reportan una dedicación menor al 25%; es de destacar que el 22,3% de los investigadores en universidades dedican más de la mitad de su tiempo a la I+D y el 11,97% un tiempo completo, considerando que en las universidades el personal docente se dedica en mayor medida a actividades de formación.

13 El indicador considera como unidad de referencia para estimar el tiempo completo, la dedicación de 40 horas semanales, a partir de los registros en la plataforma ScienTI.

Tabla 4.7. Dedicación a investigación de los investigadores vinculados a universidades, 2011*

Rangos dedicación	Número de investigadores	Participación
0	593	6,45%
>0% y <25%	2.613	28,42%
>=25% y <50%	2.840	30,89%
>=50% y <75%	2.048	22,27%
Tiempo completo	1.101	11,97%

Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* Los datos de dedicación se calcularon con la población vinculada a grupos de investigación avalados por universidades. En 2011 reportan información de dedicación al grupo 9.195 personas.

A mediano plazo es posible mejorar la estimación de los investigadores dedicados a actividades de I+D, mediante la normalización de información disponible en los registros de CvLAC de cada investigador, teniendo en cuenta el rol y el cargo profesional reportado por la persona. Asimismo, consideramos la posibilidad de construir indicadores del personal vinculado a universidades, a partir de la información que estos reportan sobre la dedicación a distintas actividades y que registran en el Sistema Nacional de Educación Superior (SNIES).

4.2.4. Indicadores de diversidad en la trayectoria de los investigadores

En esta sección presentamos los resultados de los indicadores calculados para la dimensión de diversidad en la generación de conocimiento científico y tecnológico, así como resultados de formación y apropiación social de conocimiento. La diversidad, en términos del tipo de conocimiento generado por los investigadores vinculados a grupos en universidades, favorece la medición de trayectorias debido a que este conocimiento es acumulado y constituye una capacidad, tanto para el individuo como para las instituciones a las cuales este adscribe su producción; de igual forma, la disponibilidad de información en las bases de CV de la plataforma ScienTI a través de la actualización de la información de grupos de investigación, favorece la construcción de estos indicadores.

El análisis de la producción reportada por los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades, en el periodo 2002 a 2011, recoge las clasificaciones de productos científicos y tecnológicos propuestas por Colciencias (2008) y las categorías indicadas en el Manual de Buenos Aires que corresponden a conocimiento científico, conocimiento tecnológico, productos derivados de procesos de formación y resultados de apropiación social de conocimiento. Presentamos el análisis por área de conocimiento OCDE con el fin de identificar tendencias que permitan establecer diferencias o similitudes entre los tipos de conocimiento generado por el recurso humano vinculado a universidades.[14]

14 Como hemos mencionado, en este ejercicio homologamos las clasificaciones de tipos de productos propuestas por el Modelo de Colciencias (Colciencias, 2008) con las propuestas en el referente metodológico (D´Onofrio, 2010). En este sentido, utilizamos las categorías NCC, NCT, ASC y Formación, y agregamos el criterio de existencia del modelo de medición (Colciencias, 2012), con miras a determinar los productos a incluir en el análisis.

Para tal efecto, clasificamos la producción reportada en el CvLAC por los 20.740 investigadores activos, vinculados a grupos de universidades en las categorías de productos de nuevo conocimiento científico (NCC)[15], nuevo conocimiento tecnológico (NCT)[16], productos asociados a la formación de recursos humanos (F)[17] y resultados de apropiación social de conocimiento (ASC)[18], bajo las categorías definidas en el modelo de reconocimiento y medición de grupos propuesto por Colciencias. Es preciso reconocer que algunas formas de conocimiento mantienen otras formas de clasificación, dependiendo del enfoque propuesto para su análisis. Para los fines del capítulo aplicamos la homologación descrita en el anexo 4.1.

Homologamos la totalidad de los productos reportados por la población de investigadores vinculados a universidades a las categorías del Manual de Buenos Aires (D´Onofrio, 2010). Si bien validamos que los investigadores estuvieran vinculados a grupos en el periodo de análisis, para efecto del cálculo de los indicadores incluimos la producción reportada, dado el carácter acumulativo del conocimiento, a la vez, consideramos a los investigadores vinculados a tantas áreas OCDE como reporten.

Del total de investigadores vinculados a grupos avalados por al menos una universidad en Colombia, 9.230 reportan productos incluidos en la categoría de conocimiento científico y 1.387 investigadores reportan productos de conocimiento tecnológico. En las categorías de formación, 4.107 investigadores reportan productos y 5.750 investigadores, resultados de apropiación social de conocimiento. Como presentamos en la gráfica 4.4, la producción de los investigadores vinculados a grupos de investigación avalados por universidades, comparada con la de los demás, alcanza una mayor proporción en NCC (75,21%), formación (80,72%) y ASC (72,12%), mientras que de la producción de NCT solo el 58,87% corresponde a universidades.

Al estimar la diversidad en la producción de los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades, diferenciada por área OCDE, encontramos que, la producción de NCC es la más significativa en las diferentes áreas, con excepción de ingeniería y tecnología, donde los productos de ASC tienen una participación levemente mayor que el conocimiento científico, como indicamos en la gráfica 4.5 [19].

En el área de ingeniería, los productos de NCT reportan un mayor peso (6,72%) respecto a otras áreas de conocimiento OCDE, así como los productos de formación (30,73%) y ASC (31,45%); en el caso de las ciencias agrícolas, la participación de la producción de formación es de 27,87% y la de ASC de 27,14%. Por otro lado, en el área de ciencias médicas y de la salud evidenciamos mayor participación de los productos de NCC (52,69%), seguidos por humanidades (49,32%) y ciencias sociales (47,77%).

15 Incluye artículos en revistas indexadas, libros y capítulos de libro producto de investigación, entre otros aspectos. El Manual de Buenos Aires contempla algunos indicadores de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad, referidos a productos que cumplen determinados criterios. En este grupo se ubican patentes internacionales, artículos publicados en revistas indexadas en bases bibliográficas, entre otros.

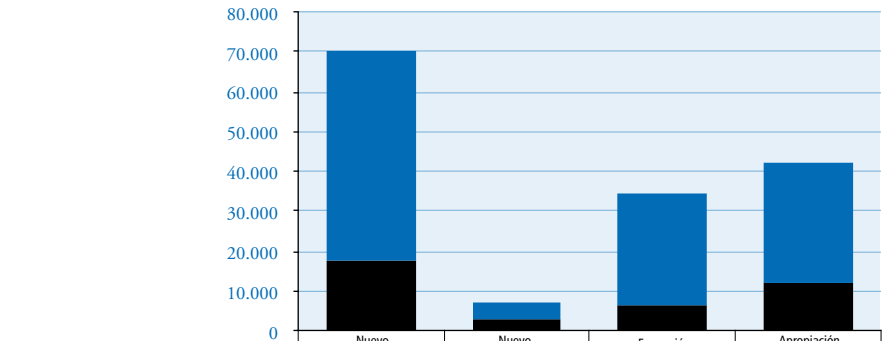
16 Incluye las patentes, los diseños de procesos, el software, los prototipos y plantas piloto, entre otras formas de conocimiento.

17 Se refiere a resultados asociados a formación de recursos humanos a nivel de maestría y doctorado; la plataforma ScienTI reporta las tesis sustentadas en estos niveles de formación.

18 Incluye los resultados presentados en eventos y congresos científicos, así como libros de divulgación entre otro tipo de productos.

19 En el área de ingeniería y tecnología, los productos tipo ASC están compuestos principalmente por trabajos en eventos (capítulos de memoria) en un 81,34% y en menor medida, por textos en publicaciones no científicas 7,54%.

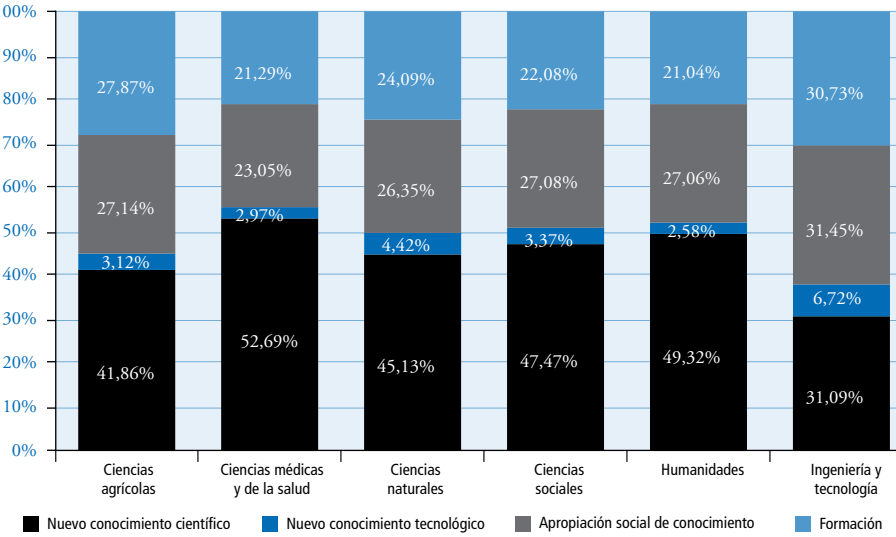
Gráfica 4.4. Producción de los investigadores vinculados a grupos de investigación avalados, por las categorías de conocimiento incluidas en el Manual de Buenos Aires*



	Nuevo Conocimiento Científico	Nuevo Conocimiento Tecnológico	Formación	Apropiación Social de Conocimiento
Producción de investigadores vinculados a grupos avalados por universidades	52.524	4.276	27.675	30.312
Producción de investigadores vinculados a grupos avalados por otras instituciones	17.310	2.988	6.609	11.720

Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* Se reporta información de: producción de formación, 4.107 investigadores; apropiación social de conocimiento, 5.750 investigadores; producción de nuevo conocimiento científico, 9.230 investigadores y producción de nuevo conocimiento tecnológico, 1.387 investigadores.

Gráfica 4.5. Participación de los diferentes tipos de producción, según áreas del conocimiento*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* Se reporta información de: producción de formación, 4.107 investigadores; apropiación social de conocimiento, 5.750 investigadores; producción de nuevo conocimiento científico, 9.230 investigadores y producción de nuevo conocimiento tecnológico, 1.387 investigadores.

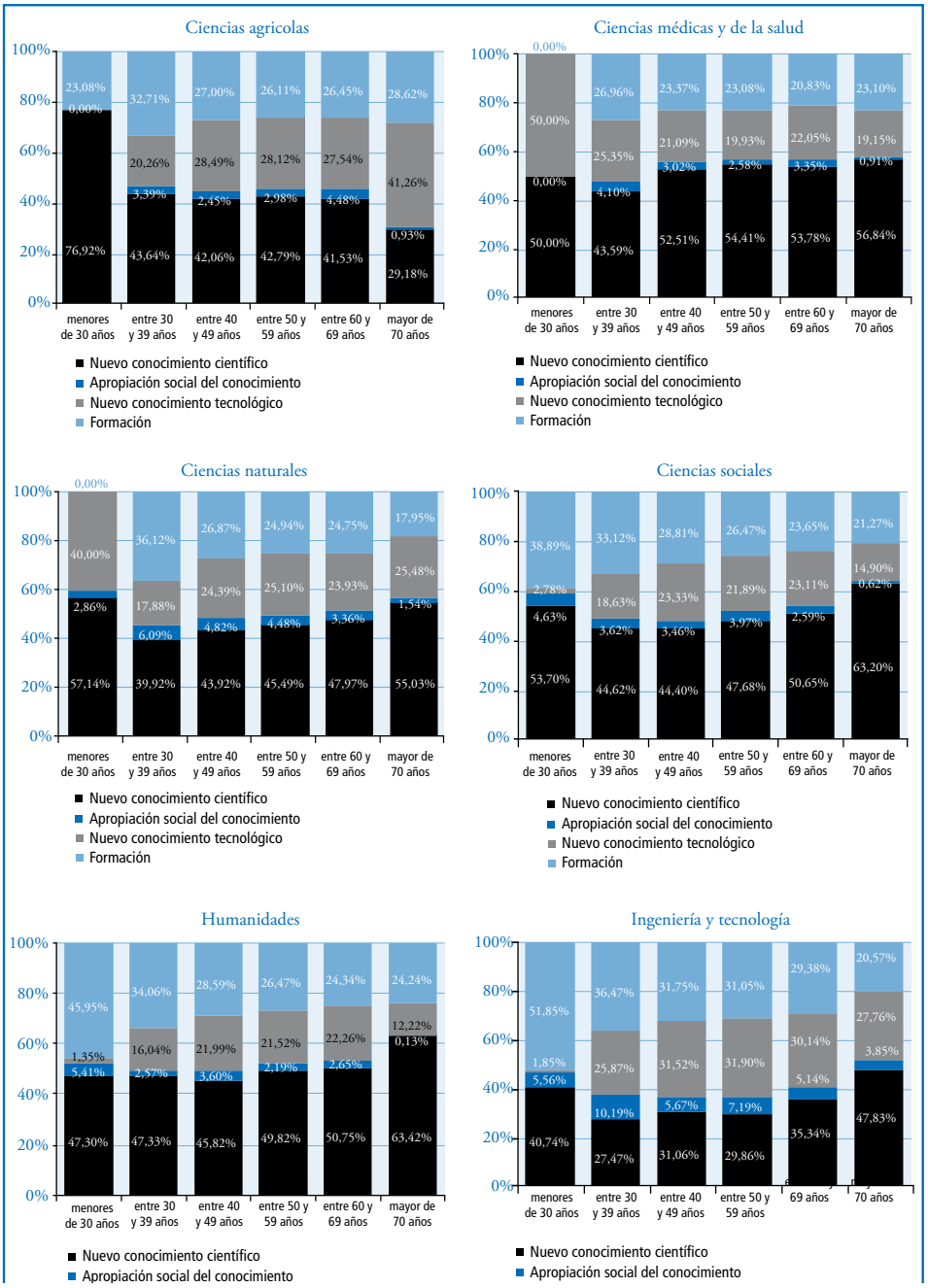
Así mismo, al analizar la producción por rangos de edad, encontramos que a mayor rango de edad se incrementa la diversidad en la producción científica y tecnológica reportada por los investigadores, en las diferentes áreas. En el caso de ciencias exactas y naturales, los investigadores con menos de 30 años, a 2012, reportan el 57,14% en productos de NCC, 40% en ASC y el 2,86% restante en NCT. A medida que aumenta la edad, los investigadores incrementan sus resultados derivados de procesos de formación en programas de posgrado.

La grafica 4.6 presenta el comportamiento en las diferentes áreas. En ella observamos, por ejemplo, que en el área de ingeniería y tecnología el 29,86% de los productos de los investigadores con un rango de edad entre 50 a 59 años corresponde a resultados de NCC, el 7,19% a NCT y 31,90% a ASC; un desplazamiento en ciencias agrícolas hacia la generación de otras formas de conocimiento a medida que los investigadores adquieren mayor experiencia, y en el rango de edad más alto se evidencia una participación del 41,26% en resultados de ASC.

En las áreas de ciencias médicas y de la salud y ciencias naturales sobresale la producción de nuevo conocimiento científico en todos los rangos de edad, seguida de formación, ASC y en menor medida NCT; sin embargo, la diversidad de producción, en el rango de edad de menores de 30 no es aún evidente en la trayectoria de los investigadores vinculados a las universidades.

Destacamos la mayor diversidad en producción en el área de ciencias sociales, dado que la cantidad de productos en cada tipo, pese a que varía en cada área, se mantiene en todos los rangos de edad. Por ejemplo, los productos de NCC oscilan entre 44,40% y 63,20%, los de NCT entre 0,62% y 4,63%, y los de formación entre 21,27% y 38,89%. Este comportamiento es similar en humanidades y, en ambos casos, puede estar influenciado por la ponderación de los diferentes tipos de productos incluidos en los modelos de reconocimiento y medición de grupos de Colciencias, que dan mayor peso en la medición a los resultados de NCC que cumplen con los criterios de existencia y calidad previstos, lo que resulta consistente con el análisis propuesto en el capítulo 7 de este libro (Navarro, Daza-Caicedo & Bernal, 2013).

Gráfica 4.6. Diversidad en producción por tipo de producto, según área de conocimiento y rango de edad*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT

* Los datos de edad se calcularon con corte a diciembre de 2012. Se reporta información de: producción de formación, 4.107 investigadores; apropiación social de conocimiento, 5.750 investigadores; producción de nuevo conocimiento científico, 9.230 investigadores y producción de nuevo conocimiento tecnológico, 1.387 investigadores.

4.2.5. Temporalidad

En esta sección hacemos un análisis de la edad a la que los investigadores alcanzan por primera vez un logro en su carrera científica, entendiendo como tal la producción y la obtención de mayores niveles de formación, entre ellos el título de doctorado. En el primer caso, presentamos en el gráfico 4.7 el número de personas que producen por primera vez cada tipo de producto, según rango de edad y desagregado por áreas del conocimiento.

Observamos que la producción más temprana se registra, en general, en NCC y ASC, productos para los cuales la edad de precocidad es de 26 y 27 años respectivamente, es decir, un 25% de la población produjo por primera vez por debajo de esta edad, representado en dicho histograma. En el caso de nuevo conocimiento científico y apropiación social, una alta proporción de la población logra su primera producción entre los 24 y los 34 años de edad; a medida que aumenta la edad decrece el número de personas que producen por primera vez.

Por el contrario, en la producción de nuevo conocimiento tecnológico y de formación encontramos una menor concentración de la población entre los 24 y los 34 años, y vemos que la primera producción de conocimiento tecnológico se extiende hasta los cincuenta años, lo que denota que este tipo de productos requieren un mayor grado de madurez; la edad de precocidad se incrementa hasta los 29 años en el conocimiento tecnológico y los 30 en el de formación, donde se ubica el 25% de la población más joven.

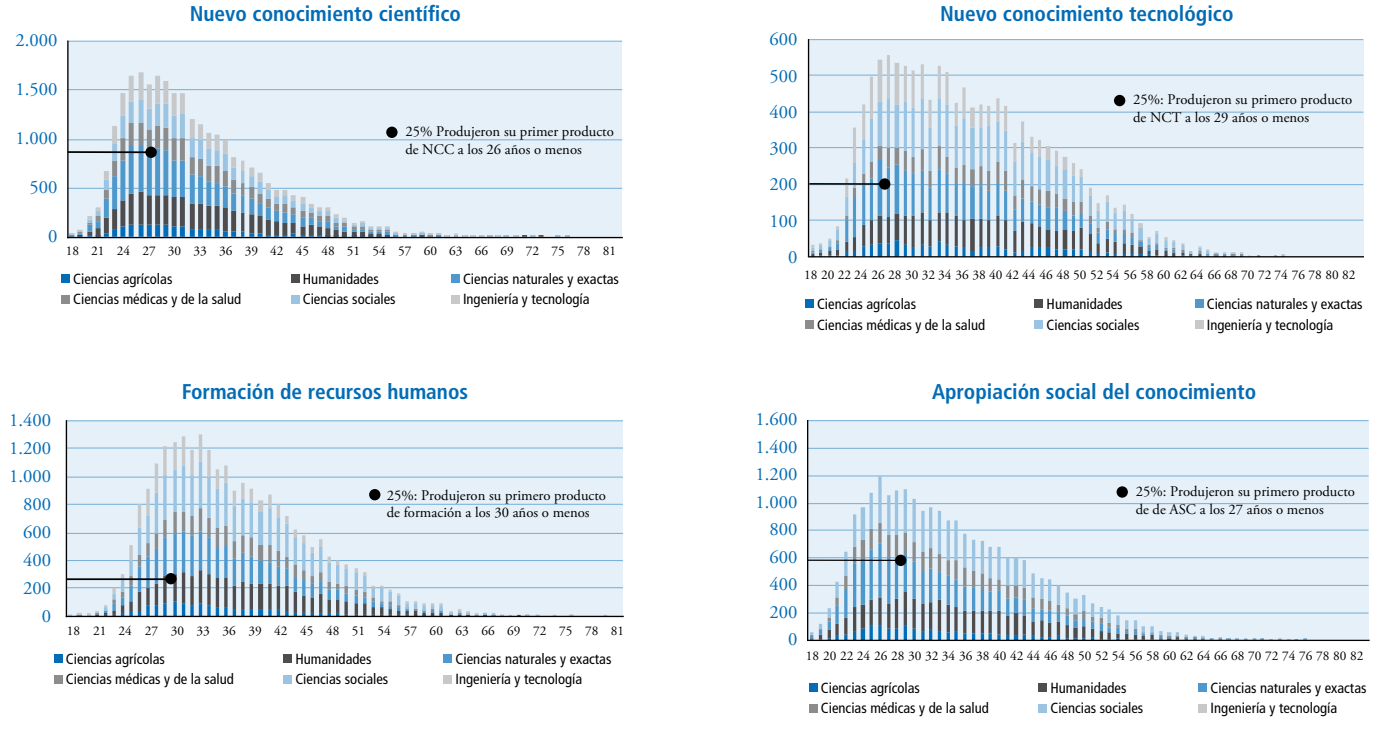
En resumen, es claro que la población inicia su vida académica produciendo documentos de nuevo conocimiento y apropiación social; luego, en etapas más avanzadas de la trayectoria científica se mueve hacia productos como los tecnológicos y la asesoría de tesis, conducente a la formación de recursos humanos en la población de todas las áreas OCDE.

Definimos el indicador de precocidad en formación como el porcentaje de personas que obtuvieron su título de doctorado en edades incluidas en el cuartil más joven de la población observada. Tomamos como población a 5.221 investigadores activos que reportan título de doctor, lo que corresponde al 21,66% del total de investigadores del país; de estos, 4.629 han estado vinculados a algún grupo de investigación avalado por al menos una universidad, en el periodo 2002 a 2011, que representan el 22,31% de esta población.

En la gráfica 4.8 señalamos: en el eje horizontal la distribución de la población de investigadores con PhD, según la edad de obtención del título; en el eje vertical el número de investigadores diferenciados por área de conocimiento OCDE, de acuerdo con su formación y el punto en las figuras marca el grado de precocidad en los investigadores con PhD, que reportaron título de doctor hasta el año 2011.

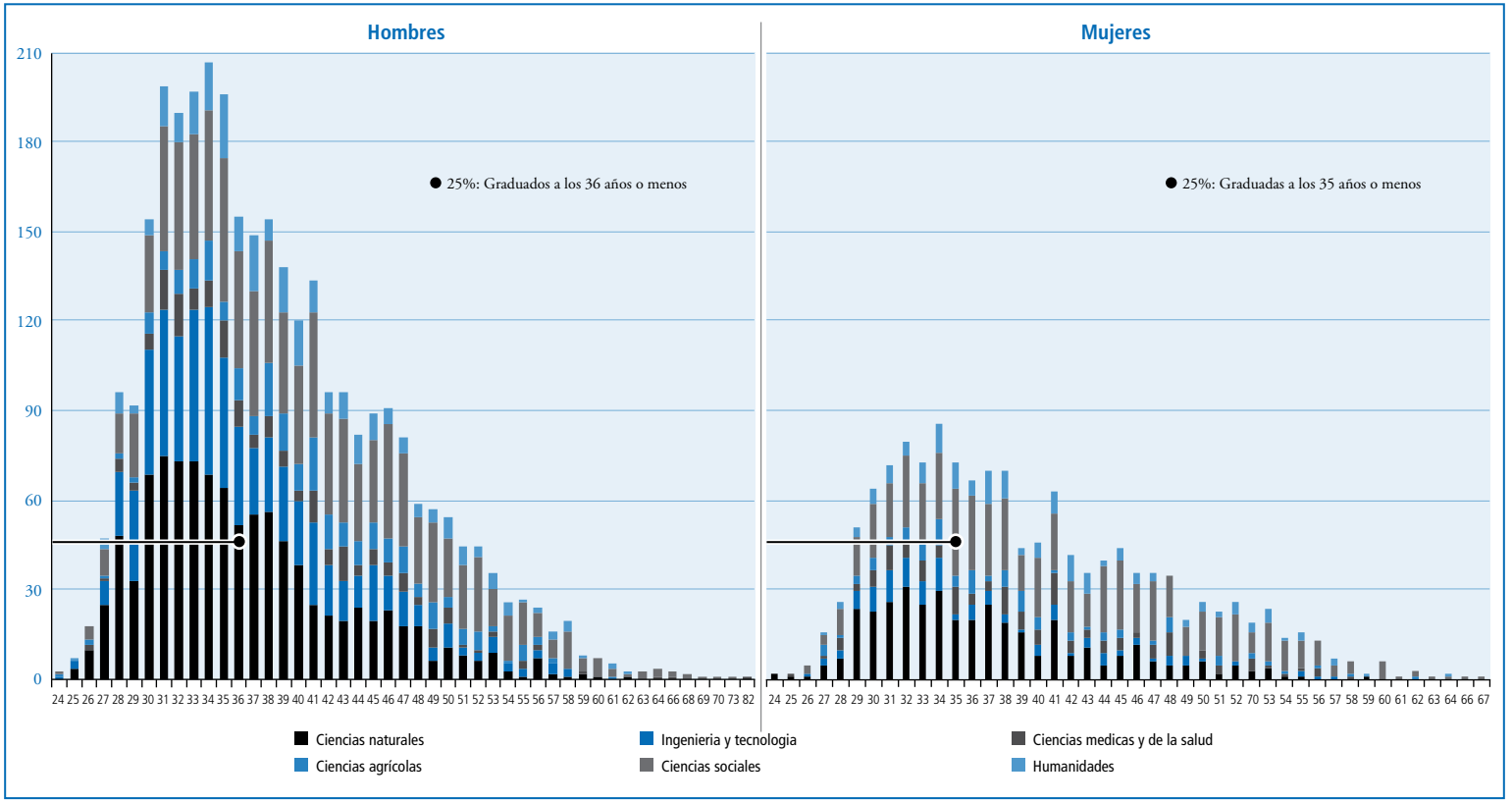
En el estudio encontramos que el grado de precocidad en las investigadoras corresponde a los 35 años, teniendo en cuenta que el 25% obtuvieron su doctorado en eda-

Gráfica 4.7. Histograma de los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades, según la edad de primera producción y área OCDE*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* 20.080 investigadores reportan fecha de publicación de su primer producto de NCC, 7.273 de NCT, 1.473 de formación y 16.087 de ASC.

Gráfica 4.8. Precocidad en la edad de graduación de los investigadores con formación doctoral, según las áreas de conocimiento, discriminada por sexo y rango etario, 2002 - 2011*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
*El tamaño de la población es de 5.221 investigadores, de los cuales 4.629 están vinculados a universidades

des inferiores a la anterior; en los hombres este indicador corresponde a los 36 años. A partir de esto, concluimos que en las mujeres hay un grado de precocidad mayor al de los hombres, a pesar de mantener la brecha en términos de género, asociada a la cantidad de hombres que han obtenido el doctorado es mayor al de las mujeres en todos los rangos de edad. De igual manera, que la concentración de edades de graduación se da alrededor de los treinta años, en mayor medida en los hombres, puesto que las mujeres tienen una distribución más uniforme entre las edades.

De acuerdo con la gráfica, la formación doctoral en las ciencias agrícolas se da a los 32 años en el periodo hasta el 2002, con una disminución a los 31,4 años en 2006. En las ciencias médicas la situación es similar, en 2002 y 2011 la edad es de 31 años, mientras que en 2006 aumenta a los 31,9 años. En ciencias naturales, en cualquiera de los años observados, la edad de precocidad en graduación es a alrededor de los 30 años.

Las ciencias sociales y humanidades presentan comportamiento similar: en el primer año de análisis se ubican en 29 y 30 años respectivamente, en 2006 la edad asciende a los 33 y 33,6 años, y finalmente ambas se sitúan en los 32 años. En el área de ingeniería y tecnología es donde la población es más precoz, puesto que la edad de graduación en 2002 corresponde a los 29 años, mientras que en 2006 y 2011 se encuentra en los 30 años.

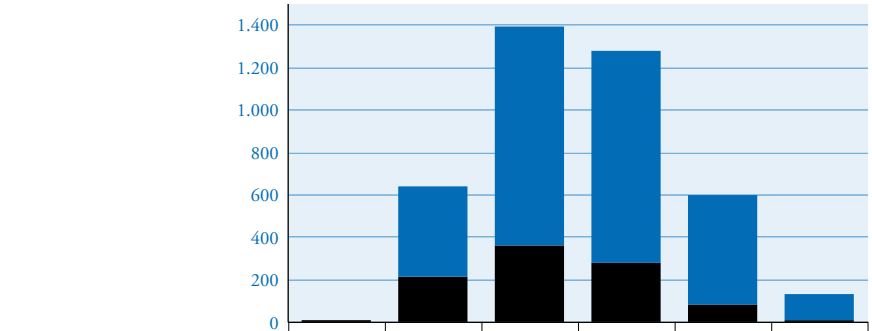
4.2.6. Movilidad en la formación de los investigadores que reportan título de doctorado, vinculados a universidades

Para el análisis de la población de investigadores activos de la plataforma ScienTI calculamos el indicador de movilidad espacial durante la formación. Del total de quienes reportan formación doctoral como máximo nivel obtenido a 2011, vinculados a universidades, encontramos una tendencia a realizar sus estudios doctorales en el extranjero, en la medida que el 76,54% se formó en el exterior y el 23,46% obtuvo el título en programas nacionales, como se indica en la gráfica 4.9.

Los indicadores señalan que los niveles de movilidad de los investigadores se incrementan a medida que aumentan los rangos etarios considerados: entre 30 y 39 años el porcentaje es de 66,3%, entre 40 y 49 años asciende a 74,12% y entre los 60 y 69 años llega al 86,69%. Esto marca una tendencia en el SNCTI colombiano, en la medida que se está incrementando la proporción de investigadores jóvenes que están realizando sus estudios de doctorado en el país, efecto asociado al aumento en la oferta de programas de este nivel en Colombia; en el periodo 2002 - 2011 se han triplicado al pasar de 34 a 134 (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2012, p. 41).

Cuando analizamos la movilidad de los investigadores según las áreas de conocimiento, encontramos que los ubicados a 2012, en los rangos de edad entre 40 y 60 años son los que mayor porcentajes de movilidad en la formación registran: 32,7% y 29,67% respectivamente. Por otro lado, ciencias sociales (82,26%) e ingeniería y

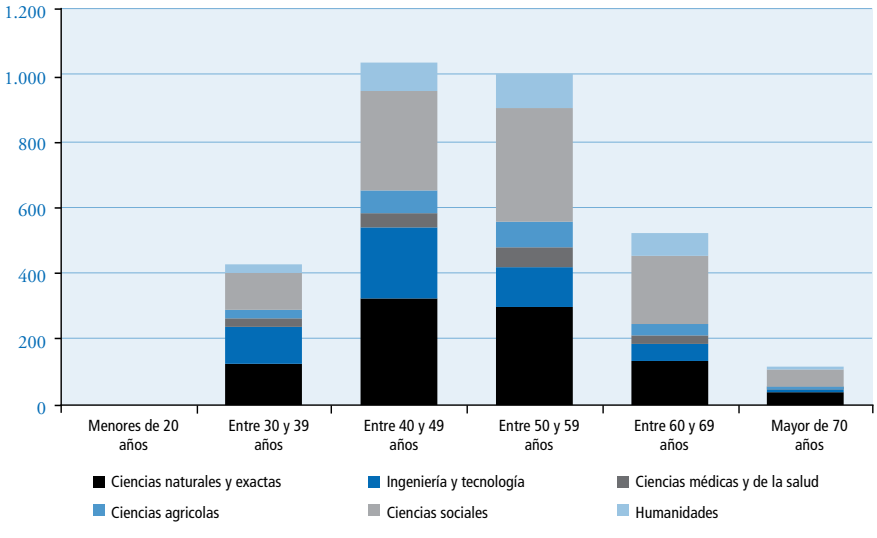
Gráfica 4.9. Investigadores activos vinculados a universidades en el periodo 2002 - 2011, con título de doctor, según rango de edad y lugar de formación*



	Menores de 30 años	Entre 30 y 39 años	Entre 40 y 49 años	Entre 50 y 59 años	Entre 60 y 69 años	Mayor de 70 años
Investigadores activos con título de PhD obtenido en el extranjero		427	1.034	999	521	119
Investigadores activos con título de PhD obtenido en Colombia	4	217	361	277	80	11

Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* La población considerada para el análisis de movilidad parte de 5.221 investigadores con formación de doctorado, de los cuales 4.050 han estado vinculados a grupos de investigación avalados por universidades.

Gráfica 4.10. Investigadores activos vinculados a universidades, con doctorado obtenido en el extranjero, según rango de edad y área OCDE, 2002 – 2011*

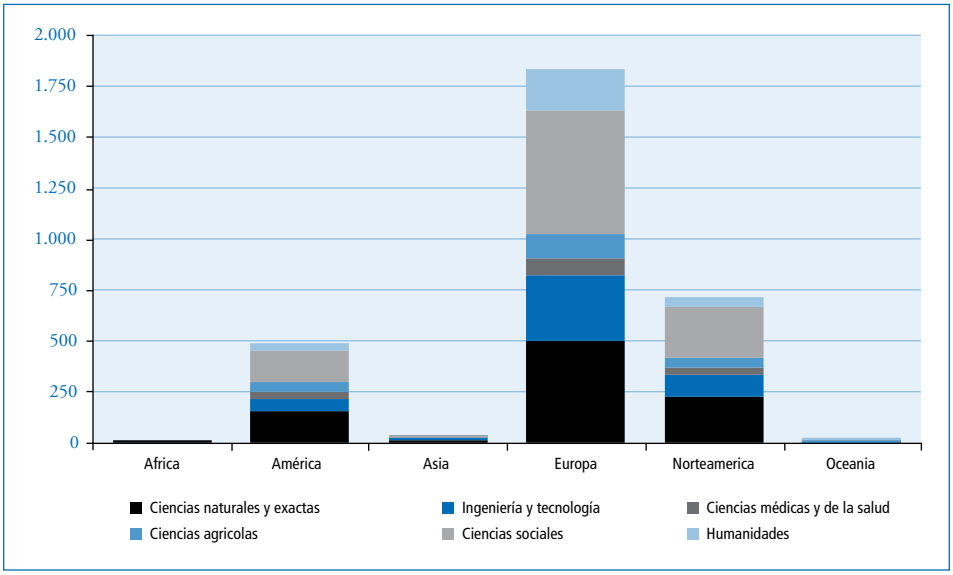


Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* De los 4.050 investigadores con doctorado vinculados a universidades, 3.100 reportan haber obtenido el título en el extranjero y algunos informan estar vinculados a más de un grupo y pertenecer a una o más áreas OCDE.

tecnología (79,43%) son las áreas con mayor proporción de investigadores formados en el extranjero.

De acuerdo con la gráfica 4.11, de los investigadores vinculados a universidades realizaron su doctorado en Europa 59,39%, en Norteamérica 23,03% y países de América Latina 15,94%. Ahora bien, cuando analizamos esta distribución por areas de conocimiento tenemos que: los investigadores en ciencias sociales y ciencias naturales son quienes preferiblemente cursan su doctorado en Europa (33,35% y 27,21% respectivamente); los de ingenierías, ciencias médicas y agrícolas presentan una distribución más uniforme en las diferentes zonas geográficas.

Gráfica 4.11. Total de investigadores con movilidad en la formación, según región de destino*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012
Cálculos: OCyT
* De los 4.050 investigadores con doctorado vinculados a universidades, 3.100 reportan haber obtenido el título en el extranjero.

4.2.7. Colaboración en artículos reportados por investigadores vinculados a grupos de investigación de universidades

La categoría de colaboración propuesta en el Manual de Buenos Aires comprende el ámbito institucional y el geográfico, como evidencia del trabajo conjunto de los investigadores. Considerando que la información disponible en CvLAC requiere de procesos de normalización que superan el alcance de este capítulo, optamos por analizar la colaboración en artículos publicados en revistas indexadas en la base bibliográfica ISI-WoS, por la población de investigadores vinculados a universidades descrita en los anteriores apartes.

A partir de la producción registrada por los investigadores activos en el aplicativo GrupLAC de la plataforma ScienTI y aquella publicada en revistas indexadas en ISI-WoS, usando un algoritmo de concurrencia[20] identificamos 5.741 artículos publicados entre 2002 y 2011, correspondientes a 2.706 autores reportados en la plataforma ScienTI de Colciencias.

Al revisar la tasa de colaboración en esta producción, identificamos que 5.502 artículos, equivalentes al 95,84%, se publicaron en coautoría; de este total, 5.068 reportan al menos un autor vinculado a alguna universidad en el periodo de análisis, lo que corresponde al 88,23% de los artículos identificados en los dos repositorios. De otro lado, 239 artículos reportan un único autor, fueron publicados por 162 investigadores del país, y en 226 de ellos participan 153 autores vinculados a universidades colombianas, lo que denota el lugar preponderante de estas instituciones en la generación de conocimiento científico en el país.

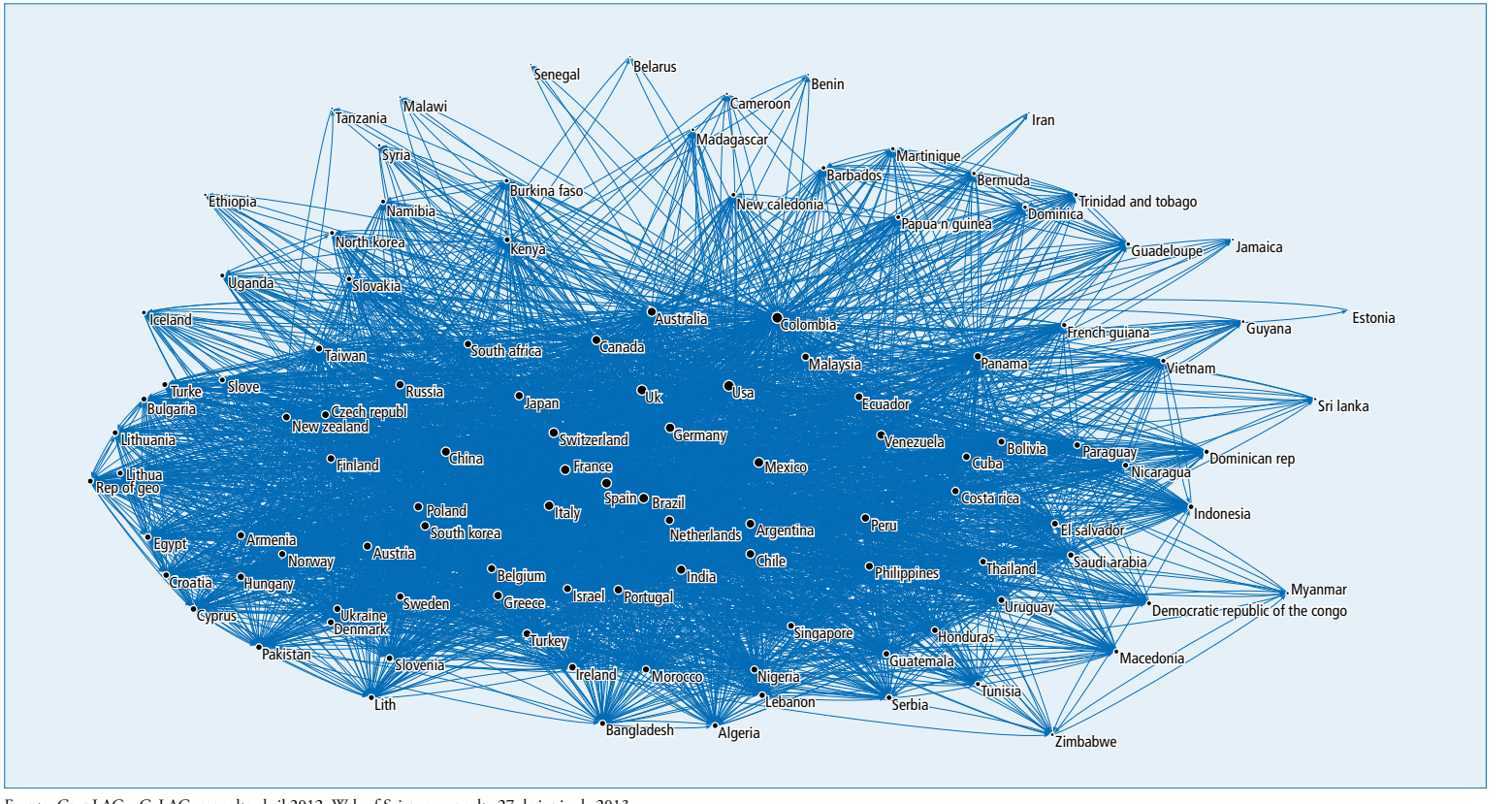
Al revisar el tipo de colaboración por ámbito geográfico, hallamos que 5.503 artículos reportan coautoría, al menos uno de sus autores está vinculado como mínimo a una institución del SNCTI, 3.543 de los artículos anteriores fueron en colaboración internacional y 1.960 nacional. La mayor parte de los artículos publicados en colaboración reportaron afiliación a universidades colombianas, en tanto que 3.214 (90,71%) del total de artículos publicados en colaboración internacional y 1.855 (94,64%) de los publicados con entidades colombianas, vinculan a 1.292 y 1.717 investigadores que participan en grupos de investigación avalados por alguna de las 81 universidades existentes en el país.

Mostramos en la gráfica 4.12 la red de coautoría; los nodos son los países y las conexiones los artículos en coautoría; el tamaño de los nodos depende del número de artículos realizados en colaboración con cada país; los países con los que observamos mayor colaboración en artículos se aprecian en el sociograma y corresponden a Estados Unidos (1.055), España (896), Brasil (511), Reino Unido (474), Francia (391) y Alemania (340).

Además, en la gráfica 4.13 presentamos la red de colaboración por áreas del conocimiento OCDE y países, donde encontramos que el área de ciencias exactas y naturales es la que registra el mayor número de artículos en coautoría internacional (2.448); le siguen ciencias médicas y de la salud con 1.224, ingeniería y tecnología con 774, ciencias agrícolas con 192, ciencias sociales con 144 y humanidades con solo 4.

20 Aplicamos un algoritmo de concurrencia para identificar los artículos registrados en ScienTI, validamos que el año de presentación y el de la revista fueran iguales en las dos bases, identificamos y validamos el título del artículo con similitud mayor al 80%, la institución y el autor.

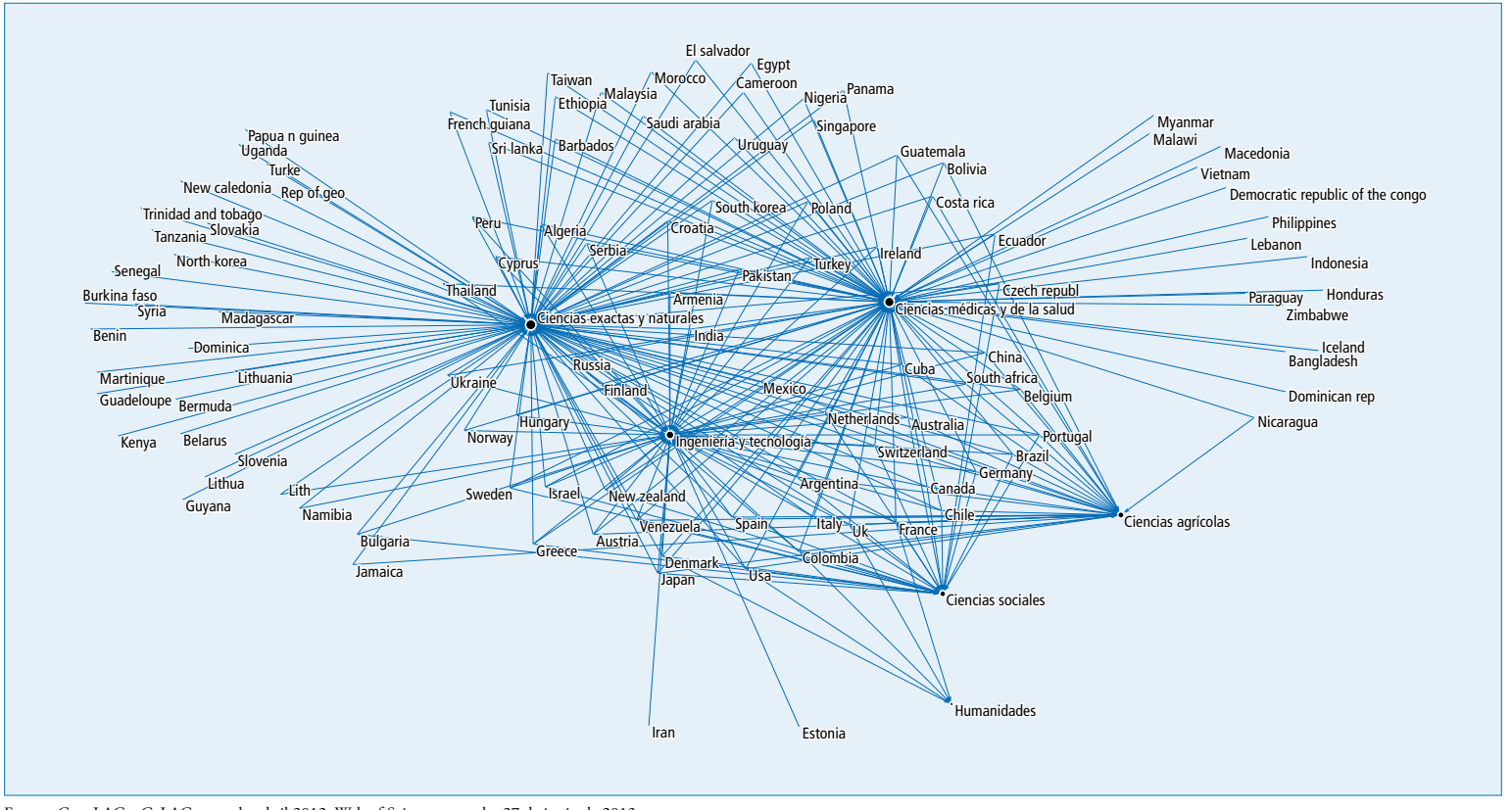
Gráfica 4.12. Red de coautoría de artículos con autores vinculados a universidades, 2002 - 2011 *



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012; Web of Science, consulta 27 de junio de 2013
Cálculos: OCyT

* Un total de 2.464 investigadores vinculados a universidades reportan 5.068 artículos en colaboración con instituciones de carácter nacional e internacional.

Gráfica 4.13. Red de coautoría de artículos con autores vinculados a universidades por área OCDE, 2002 - 2011*



Fuente: GrupLAC y CvLAC, consulta abril 2012; Web of Science, consulta 27 de junio de 2013
Cálculos: OCyT

* Un total de 2.464 investigadores vinculados a universidades reportan 5.068 artículos en colaboración con instituciones de carácter nacional e internacional.

4.3. Reflexiones finales

En este trabajo presentamos una propuesta de indicadores para el análisis de la dinámica de los recursos humanos dedicados a CTI en las universidades colombianas. Para ello realizamos una validación técnica de los indicadores definidos en el avance del Manual de Buenos Aires, con los que buscamos medir las trayectorias científicas de los investigadores vinculados a dichas instituciones.

En ese proceso utilizamos datos de la población de investigadores adscritos a grupos de investigación avalados por al menos una universidad colombiana, a partir de lo reportado en la plataforma ScienTI en el periodo 2002 a 2011; adicionalmente, empleamos información de bases de datos complementarias, como ISI-WoS, debido a que los CV de los investigadores no recopilan insumos suficientes en todos los casos para dar cuenta de la trayectoria de los investigadores. A partir de lo mencionado, sugerimos avanzar en la integración de la información registrada en la plataforma ScienTI de Colciencias, reconociendo que GrupLAC es un mecanismo pertinente para legitimar la información consignada en CvLAC, en la medida que valida la actividad de los investigadores en los grupos de investigación avalados por las universidades.

Para lo anterior, avanzamos en un proceso de normalización de la información reportada en la plataforma y establecer criterios mínimos comunes en los CV, debido a que cada investigador diligencia la información de acuerdo con sus intereses y necesidades. Como complemento, consideramos que a futuro resulte conveniente establecer criterios de validación de los datos registrados, con miras a incrementar la calidad de los insumos para el cálculo de los indicadores del SNCTI.

Del mismo modo, detectamos que la periodicidad en las convocatorias de medición de grupos de investigación afecta la información disponible para el cálculo de los indicadores contemplados en las diferentes dimensiones del Manual. Esta limitación puede atenderse, mediante la adopción de incentivos para la consecución de fuentes de información consistentes, que faciliten indicadores y mejores estimaciones del recurso humano vinculado a actividades de CTI.

Por lo anterior, encontramos un cambio de tendencia en el número de investigadores a partir de 2009, con una evidente reducción en su cantidad. Este hecho surge de la modificación en la metodología de reconocimiento y medición de grupos de investigación propuesta en 2008 y, como se mencionó, de la periodicidad de las convocatorias posteriores realizadas por Colciencias en los últimos años. Sin embargo, consideramos que, los indicadores del Manual de Buenos Aires describen la trayectoria global de los investigadores adscritos al sistema a partir de sus vínculos a las universidades y no su seguimiento individual en el tiempo.

Respecto a la definición de los indicadores propuestos en el Manual, observamos que las definiciones en algunos casos son bastante generales y amplias, por lo que su aplicación hace necesario acotar y clarificar los criterios para la obtención de los indicadores, en particular en las dimensiones de temporalidad, diversidad y dedicación. Con base en las dificultades señaladas, sugerimos someter la propuesta

del Manual de Buenos Aires a pruebas adicionales de validez técnica y consistencia estadística, utilizando las bases de datos de investigadores, lo que puede extenderse al uso de otros repositorios de CV existentes en países iberoamericanos, pues aseguraría una mejor cobertura de los beneficios que el Manual brinda como modelo metodológico.

En cuanto a los resultados del estudio, hay varios aspectos que merecen ser destacados. En primer lugar, observamos una transformación generacional en el SNCTI, en la medida que los investigadores jóvenes (entre 30 y 39 años) pasaron de ser un grupo minoritario a tener la mayor participación dentro de los grupos de investigación de las universidades, en las diferentes ramas del conocimiento, dentro del periodo analizado; este comportamiento puede estar asociado al crecimiento en el número de personas que se formaron a finales de los años noventa y a principio de la década siguiente vinculados a los grupos de investigación, así como a los programas de cualificación docente y relevo generacional emprendido por las universidades, el cual ha contado con apoyo decidido de Colciencias, como ente rector del SNCTI .

En la misma línea, encontramos que la relación entre hombres y mujeres participantes en el sistema ha cambiado en el periodo considerado: mientras en el 2002 existían más de dos hombres por cada mujer, en el 2010 era de dos hombres por mujer. Este resultado es más evidente, si observamos rangos etarios: entre los menores de 30 años la relación estuvo cercana a un hombre por cada mujer y en los mayores de 60 años se incrementa. Si bien este es un resultado que merece análisis más profundos, consideramos una tendencia importante sobre la configuración del recurso humano vinculado al SNCTI.

Al estimar la dedicación de los investigadores vinculados a universidades a actividades de I+D, encontramos que la información no es reportada de manera periódica, por lo que consideramos conveniente que este campo se normalice en la plataforma y se mejoren los incentivos para su reporte; como alternativa, se podrían utilizar otras fuentes de información como la Encuesta de I+D Colombia que se encuentra en construcción[21].

De igual manera, en la aplicación de los rangos de dedicación propuestos por la iniciativa del Manual, una elevada proporción de la población se clasificaba como de dedicación parcial, por lo que fue necesario abrir utilizar el cuartil, lo que permitió una mirada más detallada de esta variable. Este criterio resultó ser más adecuado para las particularidades de los investigadores colombianos vinculados a grupos de investigación de las universidades, quienes realizan diversas actividades de manera simultánea, como la docencia y la extensión. De acuerdo con lo señalado, encontramos que la mayoría de ellos dedican menos del 25% de su tiempo a las actividades de I+D; sin embargo, también es posible ver que un significativo porcentaje (32%) tiene un nivel de dedicación a I+D mayor al 50%.

21 Viene siendo desarrollada por el OCyT, en el marco del empréstito BID-Colciencias, como parte de la línea de fortalecimiento institucional del SNCTI. En ella se recopila información sobre recursos humanos e inversión, directamente de las universidades del país, en un esfuerzo significativo por consolidar información de calidad sobre los insumos del SNCTI.

Partiendo de la clasificación utilizada en el análisis, encontramos que en la dimensión de diversidad en generación de conocimiento, gran parte de los investigadores colombianos concentran su producción en NCC, en las áreas de conocimiento y se distribuyen en distintos rangos etarios. No obstante, a medida que se incrementan los rangos etarios, el nivel de diversidad aumenta, y los productos de formación de recursos humanos y de ASC adquieren una participación destacada. Frente a este fenómeno, creemos que los incentivos que mantiene el SNCTI promueven la producción de NCC, y a medida que los investigadores avanzan en su carrera científica tienen mayor espacio y experticia para introducirse en la generación de otras formas de conocimiento.

Los anteriores resultados se confirman en la dimensión de temporalidad, donde el grado de precocidad es menor para los productos de NCC y ASC, lo que implica que cuando los investigadores inician su carrera científica optan por estas dos categorías de producción y al alcanzar una mayor madurez académica lo hacen en Formación y NCT. De hecho, algunos investigadores inician este tipo de producción alrededor de los 50 años.

En cuanto a la precocidad en la formación de los investigadores vinculados a universidades, encontramos que las mujeres tienden a obtener su doctorado antes que los hombres. Si bien las mujeres se titulan a los 35 años y los hombres alrededor de los 36 años, menos mujeres han alcanzado este nivel de formación. Por otro lado, notamos que durante el periodo de análisis la mayoría de las áreas presentaron una reducción en la edad de obtención del doctorado, mientras que las ciencias médicas y las ciencias naturales y exactas mantuvieron finalmente la edad en todo el periodo. Las ingenierías y las ciencias sociales registran la menor edad de graduación: 29 años.

Respecto a la movilidad de los investigadores que reportan título de doctorado, vinculados a las universidades colombianas, concluimos que la tendencia es hacia los doctorados nacionales. Los resultados indican que cada vez es mayor la proporción de investigadores jóvenes que obtienen su doctorado en el país, lo que estaría relacionado con el aumento en la oferta de programas de este nivel que se dio en la década pasada. Esta es una tendencia del SNCTI que debe ser considerada por los diseñadores de la política de formación de recursos humanos, en especial al construir los instrumentos a utilizar en el futuro.

Finalmente, el analisis de colaboración a partir de la información registrada en la plataforma ScienTI y la base ISI-WoS, evidenció que el 92,11% de los artículos que reportan afiliación a una institución en Colombia, reportan investigadores vinculados al menos a una universidad, de los cuales obtuvimos información, producen conocimiento mediante coautoría y el 63,42% de estos investigadores lo hacen a nivel internacional.

Durante el desarrollo de este estudio encontramos que el procesamiento de la información del CV de los investigadores requiere esfuerzos sistemáticos para manejar un volumen alto de información que permita representar las trayectorias científicas y tecnológicas. En este sentido, los esfuerzos del OCyT dirigidos a diseñar una bodega de datos de recursos humanos en CTI, constituyen una apuesta de largo plazo y un reto importante para mejorar la producción de estadísticas e indicadores cada vez más robustos del recurso humano vinculado a instituciones del SNCTI.

Dado lo anterior, la iniciativa del Manual de indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas de investigadores iberoamericanos (Manual de Buenos Aires) es una oportunidad estratégica para Iberoamérica, por lo que es necesario avanzar en su construcción en tres direcciones: la primera, delimitar el alcance de los conceptos aplicados a los indicadores; segunda, evaluar la disponibilidad y calidad de la información existente en otros países de la región y, tercera, realizar otros estudios que permitan validar la aplicación de los indicadores y facilitar la homologación de los criterios empleados para el cálculo de trayectorias científicas y tecnológicas de diversas poblaciones de investigadores.

Referencias

Álvarez, C. (24 de mayo de 2006). La carrera científica está en crisis, según la OCDE. *El País*. Recuperado de http://elpais.com/diario/2006/05/24/futuro/1148421602_850215.html

Bozeman, B., Dietz, J., & Gaughan, M. (1999). Scientific and Technical Human Capital: An Alternative Model for Research Evaluation. Paper presented at the American Political Science Association, Atlanta, Georgia.

Cañibano, C., & Bozeman, B. (2009). Curriculum vitae method in science policy and research evaluation: The state-of-the-art. *Research Evaluation*, 18(2), 86 - 94. doi: 10.3152/095820209x441754.

Chaparro, F. (2010). Universidad, creación de conocimiento, innovación y desarrollo. En Albornoz, M. & López Cerezo, J. A. (Eds). *Ciencia, tecnología y universidad en Iberoamérica*. Buenos Aires: Eudeba.

Colciencias. (2008). *Modelo de medición de grupos de investigación tecnológica o de innovación*. Bogotá D.C.: Colciencias.

D'Onofrio, M. G. (2009). The public CV database of Argentine researchers and the 'CV-minimum' Latin-American model of standardization of CV information for R & D evaluation and policy-making. *Research Evaluation*, 18(2), 95 - 103.

D'Onofrio, M. G. (2010). Indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas e índices de producción de los investigadores iberoamericanos. Documento presentado en el *II° Encuentro Iberoamericano de Editores Científicos –EIDEC 2010–*, Buenos Aires.

D'Onofrio, M. G. (5 y 6 de octubre, 2010). Indicadores de trayectorias de investigadores: presentación del Manual de Buenos Aires. Documento presentado en el *VIII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología*, Madrid.

D'Onofrio, M. G. (2011). *Trayectorias científicas y tecnológicas de los investigadores argentinos: herramientas para su evaluación a partir de los currículum vítae estandarizados*. (Tesis de maestría en Política y Gestión de la Ciencia y Tecnología). Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

D'Onofrio, M. G., Solís, F., Tignino, M. V., & Cabrera, E. (2010a). Indicadores de trayectorias de los investigadores iberoamericanos: avances del Manual de Buenos Aires y resultados de su validación técnica. En RICyT (Ed.). El estado de la ciencia: principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos/ interamericanos (p. 16). Buenos Aires: RICyT.

D'Onofrio, M. G., Tignino, M. V., Gelfan, J., Solís, F., Navarrete, J., Cabrera, E., Sánchez, S. & García, M. J. (2010b). Validación técnica de indicadores de trayectorias de investigadores del Manual de Buenos Aires de la RICYT: estudio de caso sobre dedicación, diversidad y temporalidad de las trayectorias en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

Dietz, J., & Bozeman, B. (2005). Academic Careers, Patents, and Productivity: Industry Experience as Scientific and Technical Human Capital. *Research Policy,* (34), 349 - 367.

Dietz, J., Chompalov, I., Bozeman, B., Lane, E. N. & Park, J. (2000). Using the Curriculum Vitae to Study the Career Paths of Scientists and Engineers: An Exploratory Assessment. *Scientometrics*, 49(3), 419 - 442. doi: 10.1023/a:1010537606969.

Gault, F. (2007). Science, Technology and Innovation Indicators: The Context of Change. In OCDE. (Ed.). Science, Technology and Innovation Indicators in a Changing World: Responding to Policy Needs (p. 9 - 25). Paris, Francia: OCDE Publications.

Godin, B. (2007). Science, Accounting and Statistics: The Input-Output Framework. *Research Policy* (36), 1388 - 1403.

Jaramillo, H. (2010). Estudio sobre resultados e impactos de los programas de apoyo a la formación de posgrado en Colombia: hacia una agenda de evaluación de

calidad. En L., Luchilo. *Formación de posgrado en América Latina: políticas de apoyo, resultados e impactos*. Buenos Aires: Eudeba.

Jaramillo, H. (2011). Notas sobre el modelo clásico de producción de "insumo-producto" en ciencia y tecnología - Abriendo la "Caja Negra". Presentación en el Consejo Científico del OCyT. Bogotá.

Jaramillo, H., Lopera, C., & Albán, M. C. (2008). Carreras académicas. Utilización del CV para la modelación de carreras académicas y científicas. *Borradores de investigación:* Vol. 96 (p. 25). Bogotá, D.C.: Universidad del Rosario.

Lepori, B., Barré, R., & Filliatreau, G. (2008). New Perspectives and Challenges for the Design and Production of S&T Indicators. *Research Evaluation*, XVII(1), 33 - 44.

Luwel, M. (2005). The Use of Input Data in the Performance Analysis of R&D Systems. In W. Glänzel, F. Moed, & U. Schmoch. (Eds.). Handbook of Quantitative Science and Technology Research (p. 315 - 337). Dordecht: Kluwer Academic Publishers.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico -OCDE & Banco Mundial. (2012). *Evaluaciones de políticas nacionales de educación: la educación superior en Colombia*. Paris: OECD Publishing.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCyT. (2010). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010*. Bogotá: Autor.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCyT. (2012). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2012*. Bogotá: Autor.

Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología –RICyT, Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, & Organización de Estados Iberoamericanos –OEI. (2009). *Informe técnico de la I Reunión y el I Taller Iberoamericanos en la temática desarrollados en la ciudad autónoma de Buenos Aires, Hacia el Manual de Buenos Aires. Indicadores de carreras de recursos humanos en ciencia y tecnología en Iberoamérica*. Buenos Aires: Autores.

Salazar, M. & Colorado, L. A. (2010). La importancia de la información en la construcción de indicadores: una verdad de perogrullo. En OCyT. (Ed.). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2010* (p. 135 - 146). Bogotá: OCyT.

Instituto de Estadística de la Unesco. (2010). *Medición de la investigación y el desarrollo (I+D): desafíos enfrentados por los países en desarrollo*. Documento Técnico, Nº 5. Montreal: Autor.

Anexo 4.1. Homologación de tipos de productos propuestos en las categorías del Manual de Buenos Aires y en la plataforma ScienTI de Colciencias

A continuación se describen los productos que integran las categorías del Manual de Buenos Aires, adaptados a las categorías del Modelo de Medición (2008) de Colciencias.

Categoría del Manual de Buenos Aires	Nombre del tipo de producto	Descripción
Nuevo conocimiento científico (NCC)	1. Artículos publicados en revistas científicas	Incluye artículos completos, cortos (resumen), de revisión (*survey*) o caso clínico. Para el análisis se agregaron como: categoría de artículos publicados en revistas científicas.
	2. Libros y capítulos de libro publicados	Libro publicado, capítulo de libro publicado, libro organizado o edición, libro de resultados de investigación. Para el análisis se agregaron como: libro, capítulo de libro, edición de libro.
	3. Cartas, mapas o similares	Corresponden a productos tales como aerofotograma, carta, mapa y otros similares. Para el análisis se agregaron como: cartas, mapas o similares.
	4. Editoración o revisión	Corresponde a edición de libro, anales, compilación o revista. Para el análisis se agregaron como: procesos editoriales.
	5. Otra producción bibliográfica	Documento de trabajo (*Working paper*). Para el análisis se agregó como: otra producción bibliográfica.
Nuevo conocimiento tecnológico (NCT)	1. Productos tecnológicos	Piloto, proyecto, prototipo, diseño industrial, otro. Para el análisis se agregaron como: productos tecnológicos.
	2. Software	Computacional, multimedia, otra. Para el análisis se agregaron como: software.
	4. Procesos o técnicas	Analítica, instrumental, pedagógica, industrial, terapéutica, otra. Para el análisis se agregaron como: procesos o técnicas.
	5. Norma	Social, educativa, ambiental o de saludo, técnica. Para el análisis se agregaron como: norma.
	6. Mantenimiento de obras artísticas	Conservación, restauración. Para el análisis se agregaron como: mantenimiento de obras artísticas.
	7. Otra producción técnica	Esquema de trazado de circuito integrado, gen clonado, nueva variedad vegetal, base de datos de referencia para investigación, colección biológica de referencia con información sistematizada. Para el análisis se agregaron como: producción técnica.
Formación (F)	1. Trabajos dirigidos/tutorías concluidas	Tesis de maestría. Para el análisis se agregaron como: tesis de maestría
		Tesis de doctorado. Para el análisis se agregaron como: tesis de doctorado.
		Trabajos de conclusión de un curso de pregrado, trabajos dirigidos/tutorías de otro tipo. Para el análisis se agregaron como: trabajo de conclusión de curso de pregrado.
Apropiación social del conocimiento (ASC)	1. Presentación de trabajo	Comunicación, conferencia, congreso, seminario, simposio, otro. Para el análisis se agregaron como: eventos.
	2 Trabajos en eventos (capítulos en memorias)	Comprende trabajos completos o resumen presentados en eventos. Para el análisis se agregaron como: trabajos en eventos.
	3. Textos en publicaciones no científicas	Periódicos de noticias, revista (magazín). Para el análisis se agregaron como: textos en publicaciones no científicas.
	4. Trabajos técnicos	Asesoramiento, consultoría. Para el análisis se agregaron como: asesoramiento/consultoría.
	5. Cursos de corta duración dictados	Extensión extracurricular, perfeccionamiento. Para el análisis se agregaron como: cursos de corta duración dictados.
		Especialización. Para el análisis se agregó como: especialización.
	6. Organización de eventos	Concierto, concurso, congreso, exposición, festival, seminario, simposio, taller, encuentro, otro. Para el análisis se agregaron como: organización de eventos.

Fuente: elaboración propia a partir de los modelos de medición propuestos por Colciencias (2008) y consultas realizadas a los aplicativos CvLAC y GrupLAC de la plataforma ScienTI

Capitulo 5

Análisis de los centros autónomos de I+DT desde las áreas de la ciencia y la tecnología

Andrea Guevara[*], Edgar Bueno[†], Luis Colorado[‡],
Mónica Salazar[§], Jorge Lucio[¶]

Resumen

Los centros de investigación del país son considerados como instituciones de gran importancia dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), en especial porque son entendidos como articuladores de la relación Estado-empresa-academia. Teniendo en cuenta las características particulares de los Centros Autónomos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CAIDT) y usando como insumo trabajos anteriores del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), este documento hace un análisis de su comportamiento teniendo como eje el área de la ciencia en la cual se desempeñan, utilizando información sobre su inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación; su recurso humano y producción.

Este trabajo retoma algunos enfoques teóricos que explican la importancia de este tipo de instituciones, para enmarcar los análisis del papel que las mismas juegan dentro del SNCTI. Partimos de la hipótesis de que los centros de investigación tienen diferentes respuestas y comportamientos con relación al área de la ciencia en la cual inscriben sus actividades, que se evidencian en elementos como: la relación de su inversión y producción, el nivel de formación del personal vinculado, la cantidad de grupos de investigación, entre otros.

Las herramientas que utilizamos para el análisis de la información de los centros son: una depuración de las bases de datos obtenidas por diferentes proyectos del OCyT; y el uso de métodos estadísticos multivariados, en primer lugar para la conformación de indicadores sintéticos, y en segundo, para la identificación de relaciones entre las variables por medio de un análisis de componentes principales (ACP).

[*] Asistente de investigación área de inversión del OCyT. aguevara@ocyt.org.co
[†] Estadístico del OCyT hasta febrero de 2013. [redacted]
[‡] Investigador del OCyT hasta septiembre de 2012. Asesor de la dirección para la construcción de la memoria histórica, Centro Nacional de Memoria Histórica. luis.colorado@centrodememoriahistorica.gov.co
[§] Directora ejecutiva del OCyT. msalazar@ocyt.org.co
[¶] Investigador líder del área de inversión del OCyT. jlucio@ocyt.org.co

Palabras clave: Centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico, análisis de componentes principales, áreas de la ciencia y tecnología, indicadores de ciencia y tecnología.

Abstract

The importance of Colombian research centers within the National System of Science, Technology and Innovation (SNCTI for its name in Spanish) is justified by their role as mediators in the relation between state, enterprise and academy. In this chapter we emphasize on the autonomous research and technological development centers (CAIDT for its name in Spanish); using information about their investment in science, technology and innovation activities, their human resources and their outputs we present an analysis of their behavior considering the fields of science in which they operate.

We rely on some theoretical contributions to analyze the role of research centers within the SNCTI. We expect research centers´ responses and behaviors to be conditioned by the field of science in which their activities can be framed; differences should be manifested in terms of the relation between investment and outputs, the qualification of the personal involved in the centers, the number of research groups within the center, etc.

We base our analysis on multivariate statistical methods that, using information from different databases managed by the OCyT, allow us to estimate some synthetic indicators and identify some relations between variables through the method of principal components analysis (PCA).

Keywords: Autonomous research and technological development centers, principal component analysis, areas of science and technology, science and technology indicators.

Introducción

El fomento a la investigación científica y el desarrollo tecnológico, y en general al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), se ha venido incorporando a las políticas del país desde hace varios años; ejemplo de ello es la inclusión de los temas de ciencia y tecnología en los planes nacionales de desarrollo, a partir de la década de los ochenta. Este proceso se ha visto fortalecido, además, con la transformación de Colciencias como entidad cabeza de sector con carácter de Departamento Administrativo. Dentro de los múltiples esfuerzos que se han dado en este sentido, queremos resaltar los realizados para el fortalecimiento de la relación Estado-empresa-academia. En documentos de política como *Colombia construye y siembra futuro* se evidencia el espíritu de dichos esfuerzos:

> Esta Política parte de la convicción de que la generación y uso del conocimiento son dos de las fuerzas dinamizadoras de la sociedad. La transformación productiva y la solución de problemas sociales requieren el dominio de competencias científicas y tecnológicas y de la comprensión profunda del contexto en que se despliegan, para que actúen desde una perspectiva ética, política, social y económicamente pertinentes. Es claro que las actuaciones políticas parten del reconocimiento que la sociedad en su conjunto y sus líderes le hacen a los temas que consideran cruciales. En este sentido la Política aquí expuesta se erige como pilar para potenciar a Colombia como una "sociedad del conocimiento", y así poder capitalizar los recursos institucionales, intelectuales y naturales que posee para solucionar sus problemas. (Colciencias. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2008, p. 16).

Del mismo modo, se han realizado esfuerzos por consolidar la labor de las entidades del SNCTI. Los centros de investigación, desde los años noventa, han sido objeto de instrumentos de política, tales como el fortalecimiento institucional[1], que se ha constituido como base para el desarrollo de sus capacidades y con el propósito de que sean núcleos para el desarrollo de los programas de colaboración entre la universidad y la empresa (Colciencias. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2008).

Dentro del SNCTI a los centros se les reconoce como instituciones importantes en la producción de conocimiento con posibilidades de aplicación en diversos ámbitos (por ejemplo, el sector productivo, la salud, el ambiente, etc.) y como proveedores de infraestructura científica y tecnológica. El documento borrador de la Política nacional de fortalecimiento y consolidación de centros autónomos de investigación y desarrollo (CAIDT) elaborado por Colciencias, en octubre de 2007, plantea que los CAIDT contribuyen a la solución de problemas nacionales, elevan la competitividad en áreas estratégicas y ayudan a fortalecer la capacidad de CTI del país. De allí la relevancia de hacer este análisis que da cuenta de las dinámicas institucionales de estas entidades.

Como se verá más adelante, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) ha realizado diferentes ejercicios en torno a estos centros, cuyos resultados

1 Los ejercicios de fortalecimiento de los centros han pasado por varios momentos, incluyendo invitaciones directas y convocatorias para el acceso a recursos y el reconocimiento de su importancia dentro del SNCTI.

junto a las evidencias de su importancia como parte del SNCTI nos llevaron a profundizar en algunas de sus características. La primera sección de este capítulo resume los fundamentos teóricos acerca de la importancia de los centros de investigación como creadores de conocimiento y parte del sistema; la segunda presenta los antecedentes que motivaron y dan sustento al presente trabajo; la tercera describe la metodología empleada para conformar la base de datos a partir de la cual se elaboró este estudio; la cuarta expone los análisis y resultados obtenidos y, finalmente, en las conclusiones compartimos los hechos más relevantes de los procedimientos llevados a cabo.

5.1. Referentes teóricos

Existen diferentes enfoques teóricos que buscan comprender el desempeño de los centros de investigación, las características que los diferencian de otros actores de CyT, así como su papel dentro del SNCTI y la sociedad en general. Para ello abordamos tres aproximaciones a los centros: como entidades productoras de conocimiento, como organizaciones económicas y como parte de los sistemas de innovación. Adicionalmente, presentamos el modelo lógico desarrollado por el OCyT para comprender las dinámicas de los centros, lo que algunos llaman "abrir la caja negra", como elemento fundamental en el estudio de caracterización de los CAIDT.

5.1.1. Los centros como productores de conocimiento

El devenir de los centros de investigación ha estado determinado en diferentes momentos, por una parte, por las concepciones que se tienen acerca de las formas de producción del conocimiento y, por la otra, por el papel que se les otorga desde la política pública. Por estas razones deben ser analizados en el marco de su entorno, siendo uno de los elementos más importantes el modelo de política de CyT predominante, como forma de legitimación de estos (Cruz-Castro & Sanz-Menéndez, 2007, citado por Cruz-Castro, Sanz-Menéndez & Martínez, 2008, p. 4).

La relación entre el Estado y la investigación científica y su promoción ha sido vista como una herramienta para subsanar fallas del mercado; los gobiernos buscan incentivar las inversiones en I+D en las empresas, en particular, y en la sociedad en general, para solventar las deficiencias del mercado en la producción de conocimiento, apoyando las instituciones que generan conocimiento (Cruz-Castro et al, 2008, p. 2).

Históricamente, el apoyo a la investigación científica ha pasado por varios momentos en los cuales la política, su objeto e instrumentos han sido diferentes. El modelo lineal implica que la investigación científica lleva al desarrollo tecnológico, de allí a la producción de bienes y servicios, y finalmente a la comercialización. En términos de diseño de políticas, esto conduce a hacer mayor énfasis en el financiamiento de la investigación básica y aplicada, ya que esta automáticamente producirá tecnologías que satisfacen las demandas del mercado. En este escenario, las universidades son las principales receptoras de la financiación pública por llevar a cabo investigación básica y ser productoras de conocimiento por excelencia. Con este modelo lineal de producción, la

formación científica y la producción de conocimiento aumentaron significativamente (Martin, 2003). A este modelo lineal también se le denomina modo 1 de producción de conocimiento, en el cual el Estado financia la investigación a los individuos y las organizaciones sin intervenir en sus agendas.

Luego de cambios en las condiciones económicas y el contrato social, en los que se pasó de la total autonomía de los científicos a exigir la rendición de cuentas a la sociedad, se hizo necesario aumentar la visibilidad de la investigación y sus resultados, por lo que en países como Estados Unidos se empezó a dar mayor apoyo a la ingeniería en detrimento de las ciencias básicas (Guston, 2000). En este momento empiezan a aparecer nuevos actores, grupos y organizaciones en el desarrollo de I+D, para pasar de la creación de conocimiento de manera lineal, liderada por instituciones como universidades, a formas y prácticas heterogéneas, con interacciones complejas a través de redes de comunicación e investigación. Así, como lo menciona Gibbons, se pasa del modo 1 al modo 2 de producción de conocimiento (Gibbons, Limoges, Noworny, Schwartzman, Scott & Trow, 1994).

Un enfoque diferente, pero también desde la política, ha sido la promoción de la investigación a través de la misión o el objetivo que esta persigue. De acuerdo con este las entidades dedicadas a la investigación deben ser promovidas por lo que pueden aportar a otros sectores. Los centros de investigación se conciben entonces como instituciones más cercanas a sectores de aplicación del conocimiento, como el productivo, por ejemplo, de manera que puedan responder a las necesidades de estos de una manera más efectiva y tengan facilidad para articular el sector educativo con las empresas.

Adicionalmente al modo 2 de conocimiento, surge el modelo de la triple hélice de relaciones e interacciones universidad-sector productivo-Estado, en el cual la investigación tiene un carácter interdisciplinario y se generan nuevas relaciones con diferentes agentes y organizaciones en busca de complementariedad (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Leydesdorff, 2000). La triple hélice reconoce la preponderancia de la trans e interdisciplinariedad, de la interdependencia entre los diferentes actores, de la necesidad de construir redes de producción y difusión de conocimiento, y con base en ello los centros de investigación pasan a concebirse como parte de la academia (junto con las universidades) en cuanto a la producción de conocimiento y como intermediarios respecto al sector empresarial. Desde esta perspectiva la investigación e incluso los servicios que los centros le prestan a otros sectores cobran importancia por su carácter aplicado frente a las necesidades de la industria, mientras que la investigación básica continua siendo ligada a la universidad (Rico, 2009).

5.1.2. Los centros como organizaciones económicas

Otro modo de ver los centros de investigación es como entidades económicas en las que se asocia la I+D a los procesos de exploración o generación de nuevos conocimientos y los servicios científicos y tecnológicos como una forma de la explotación de dicho conocimiento. Los centros tendrán entonces que decidir a cuál de

las actividades dedican la mayor parte de sus esfuerzos. La explotación es el empleo eficiente de los activos corrientes y las capacidades de la organización, necesarias para sobrevivir a corto plazo. La exploración es el desarrollo de nuevas competencias que la organización necesita para sobrevivir a largo plazo (Bart Nooteboom, 2005, citado en Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010b).

Mediante la conformación de agendas de I+D, los centros reúnen elementos para la elección de las actividades que orientarán sus esfuerzos para consolidarse como entidades de conocimiento, ya sea por la vía de la explotación o de la exploración. El compromiso con la producción de conocimiento valioso implica la selección de una serie de problemas que deberán resolver dentro de una agenda organizada en el tiempo y en el espacio cognitivo (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010b). Así, las agendas se convierten en un elemento diferenciador que puede garantizar la permanencia de este tipo de instituciones en el tiempo, ya que responden a las necesidades de una industria, sector, agente particular e incluso de la política de CTI.

Otro elemento a tener en cuenta al considerar a los centros como organizaciones económicas está relacionado con lo que se denomina la arquitectura organizacional. Esta hace referencia a la forma como se organizan las transacciones dentro y fuera de los centros, por lo que debemos tener en cuenta que los CAIDT son organizaciones sin ánimo de lucro y que sus procesos y la toma de decisiones están motivados por una red de valores y no por la maximización de beneficios (Auteri & Wagner, 2007). De este modo, los esfuerzos que realizan los CAIDT deben ser medidos no por los rendimientos financieros ni por sus ingresos, sino más bien por su producción científica y técnica e incluso el reconocimiento que alcanzan y su posicionamiento en cuanto al saber, y la especialidad o área en que cada uno de ellos se inscribe. Del mismo modo, la racionalidad de los sistemas de incentivos y compensación en las organizaciones sin ánimo de lucro depende de la formación de lazos de confianza que permitan reforzar la unidad organizativa y la identificación de los individuos con la organización (De Andres, Cruz, & Romero, 2006). Esta diferencia crucial con las organizaciones dirigidas al mercado muestra que los CAIDT no se pueden entender como empresas en el sentido tradicional del término. Por lo tanto, es necesario considerar que para la consolidación de sus capacidades y su posicionamiento como parte del SNCTI, las políticas de fomento de los centros deben estar enfocadas más que al otorgamiento de capital semilla, al fortalecimiento en el largo plazo, ya que este es un proceso que toma tiempo y no puede estar ligado al devenir del mercado. En general, este tipo de instituciones pocas veces logran llegar a la autosostenibilidad, por lo que requieren el apoyo constante del Estado.

En este marco los centros de investigación, en especial los autónomos, deben desarrollar la capacidad de adaptarse a su entorno y encontrar su propio equilibrio entre la realización de actividades de explotación y exploración, como mecanismo de supervivencia. Un CAIDT debe tener las capacidades organizacionales adecuadas para manejar el conocimiento acumulado y balancear entre lo que sabe y puede aplicar y sacar beneficio, y lo que es necesario investigar (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010b).

La prestación de servicios, como actividad de explotación, es una importante fuente de ingresos para los centros, que junto al apoyo del Estado vía proyectos de investigación o recursos para su sostenimiento, son los que finalmente pueden generar las condiciones para su permanencia en el largo plazo.

5.1.3. Los centros en los sistemas de innovación

Un enfoque diferente en la literatura nos menciona a los centros como elementos fundamentales dentro de los sistemas de innovación. Existen varias definiciones de qué es un sistema de innovación, una de las clásicas es la de Nelson & Rosenberg:

> Es un conjunto de actores institucionales que, conjuntamente, juegan un papel fundamental influenciando el desempeño innovador. (...) Son la interacción de las capacidades innovadoras de las empresas con una serie de instituciones que determinan la capacidad de las firmas para innovar. (...) Estas relaciones entre estas instituciones son importantes ya que no siempre trabajan en la misma dirección, ni fácilmente de manera conjunta. (Nelson & Rosenberg, 1993).

Mondrego-Rico, Barge-Gil & Núñez-Sánchez (2005) consideran el papel clave que este tipo de instituciones tienen al realizar una amplia gama de actividades tecnológicas orientadas a mejorar la competitividad de las empresas, por ello concibieron un modelo que dé cuenta de su desempeño y determinantes basándose en cuatro dimensiones: la operativa, la financiera, la relacional y la organizacional.

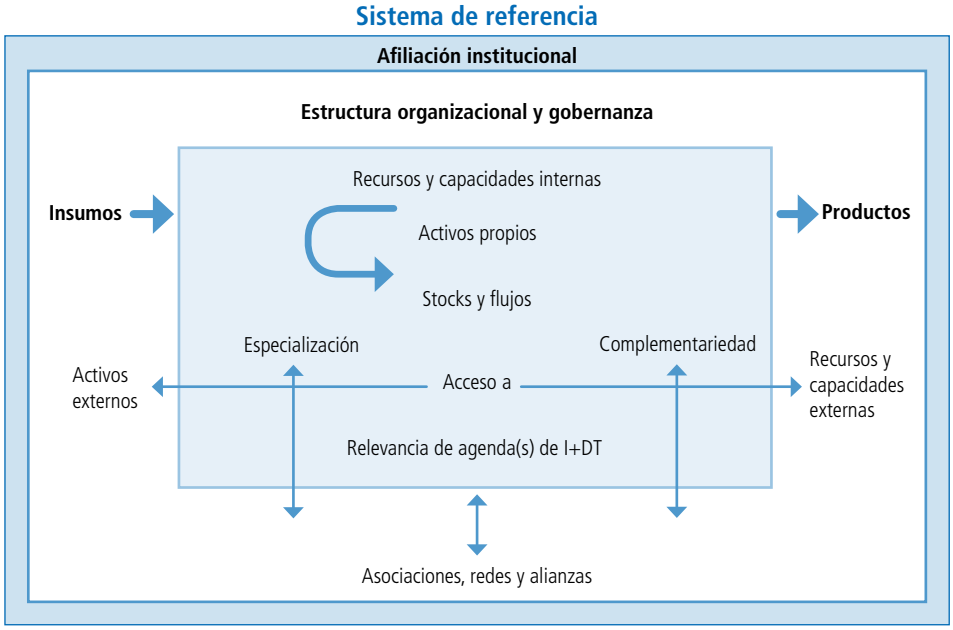
Trabajos como el de Arnold, Brown, Eriksson, Jansson, Muscio, Nählinnder & Zaman (2007) nos hablan del papel de los centros de investigación en los sistemas de innovación a partir de las actividades que llevan a cabo, clasificadas en dos grupos: i) uno, el de aquellos dedicados al desarrollo de productos y procesos, a la investigación aplicada, la ingeniería avanzada, el diseño y el desarrollo e ingeniería de aplicaciones; ii) un segundo grupo comprende un amplio espectro de servicios técnicos, de educación y formación, y procesos de medición, ensayo y certificación. Es importante mencionar que el análisis de Arnold et al. corresponde a centros de Suecia, país que tiene un sistema de innovación diferente al de Colombia. En particular, los centros de investigación que analizan tienen un claro enfoque a la investigación tecnológica y la aplicación industrial. Desde esta perspectiva, cada tipo de centros (los dedicados a la I+D y los dedicados a lo que denominaríamos servicios científicos y tecnológicos) aportan y responden a necesidades diferentes del sector productivo, cuando se busca innovar en productos o procesos, entre otros.

A partir de las configuraciones de los sistemas de innovación, normalmente se ubican a los centros de investigación y desarrollo tecnológico como intermediarios entre el sistema educativo y el sector empresarial, contribuyendo, tanto a la producción como a la difusión y uso del conocimiento.

5.1.4. Modelo lógico

En el marco del proyecto *Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de los centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico (CAIDT)* —en adelante Caracterización de los CAIDT— llevado a cabo por el OCyT entre 2009 y 2010, se realizó un abordaje de todos estos elementos teóricos ya mencionados, explorando los modelos explicativos más importantes para la generación de conocimiento y el papel que tienen los centros en el proceso. Como producto de este análisis se construyó el que se denominó "modelo lógico", donde primero se ubica al centro en un marco institucional —para determinar la estructura organizacional y de gobernabilidad— y un sistema de referencia, en este caso el SNCTI. Como organización de conocimiento y económica que son, se incorporan unos insumos para la generación de unos productos, pero buscando entender el proceso que ocurre en la "caja negra" se analizaron otros aspectos como las capacidades internas, las existencias, los flujos de activos, las agendas de investigación, así como las redes y alianzas para acceder a recursos y capacidades externas. Este modelo guió la definición de los componentes y las variables que sustentan el ejercicio de caracterización de los CAIDT desarrollado posteriormente por el OCyT. Las dimensiones incluidas en la caracterización fueron agrupadas en cinco grandes temáticas: i) organización y gobernanza, ii) agendas de I+D, iii) recursos y capacidades internos y externos, iv) inversión y financiación, y v) producción científica y técnica. Estas temáticas, a su vez, constituyen las bases para la definición de las variables e indicadores que componen el modelo de caracterización.

Grafica 5.1. Modelo lógico para la caracterización



Fuente: OCyT, 2010a

5.2. Antecedentes

La realización de este ejercicio se nutrió de dos trabajos llevados a cabo por el OCyT. El primero de ellos es el proyecto *Cálculo de la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI)* —en adelante *Cálculo de la inversión en ACTI—,* y el segundo, el ya mencionado *Caracterización de los CAIDT*, y su posterior aplicación en el marco de la convocatoria de fortalecimiento institucional. Cada uno de ellos aportó elementos enriquecedores para este análisis, de modo que pudimos aprovechar sus resultados sin replicar esfuerzos para obtener nueva información. Estos trabajos y los aportes al desarrollo de este capítulo se presentan a continuación.

A partir del proyecto *Cálculo de la inversión en ACTI,* el OCyT, como parte del ejercicio anual de cálculo de indicadores, ha logrado consolidar efectivamente la estimación de la inversión nacional en ACTI, gracias a la metodología que para tal fin se diseñó en el año 2006 (Salazar, 2006), y con base en la cual se hace la recolección de información primaria de las cifras de inversión que anualmente reportan las instituciones que conforman el Sistema Nacional de CTI. Desde la implementación de dicha metodología, el OCyT ha logrado ampliar y afianzar el grupo de instituciones encuestadas, lo que le permite mejorar la cobertura y calidad de las estimaciones que realiza, y aportar información anual referente a la inversión en ACTI, desagregada por tipo de actividad (I+D, formación, servicios, administración, innovación), por fuente de financiación (pública, privada, internacional) y por área de la ciencia y la tecnología. La información recopilada en dicho proyecto es uno de los insumos del análisis objeto de este capítulo.

Por su parte, el proyecto *Caracterización de los CAIDT,* llevado a cabo por el OCyT entre los años 2009 y 2010, por encargo de Colciencias, conllevó una revisión detallada de literatura, incluyendo aquella que da cuenta de estudios similares de caracterización, que si bien no eran totalmente compatibles con las condiciones particulares de los centros del país, aportaron elementos para el proyecto (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010a). En su desarrollo se generaron mecanismos que permitieron reconocer las particularidades de este tipo de instituciones, así como las dinámicas, las formas de producción de conocimiento, su recurso humano, entre otros.

Dicho proyecto tuvo como eje central el diseño de un modelo que permitiera caracterizar y explicar el funcionamiento y la dinámica de este tipo de instituciones: "El proyecto toma como eje principal las capacidades institucionales, […] la producción científica y técnica, la inversión en actividades de CTI y las diversas fuentes de financiación" (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010a). La información que utilizó fue obtenida de tres fuentes principales: la plataforma ScienTI, específicamente los datos de GrupLAC y de CvLAC; el proyecto Cálculo de la inversión en ACTI; y el desarrollo de un aplicativo web (formulario virtual) que fue diligenciado por los centros y permitió conocer:

- **Información básica:** nombre del centro, sigla, NIT, nombre del representante legal y del director, información de contacto (teléfono, dirección, correo electrónico, etc.), sedes y ubicación de estas.

- **Información legal:** naturaleza jurídica, objetivo económico, personería jurídica, constitución, tipo de forma asociativa, objeto social y misión. Igualmente indagó sobre los cambios experimentados en su estructura legal, la existencia de un consejo científico o asesor y los socios o entidades vinculadas al centro.

- **Sectorialidad:** objetivos socioeconómicos, áreas de la ciencia en donde inscribe sus actividades, opciones sobre su oferta científica tecnológica (tipo de ACTI que realiza, grado de importancia y usuarios) y la orientación de sus actividades de I+D.

- **Recurso humano:** identificación, función, antigüedad, dedicación, tipo de contrato, sexo, fecha de nacimiento, nacionalidad, último nivel académico alcanzado, área de formación y área de actuación. Mucha de esta información se tomó del CvLAC, y quienes no tenían este registro debieron responder las preguntas correspondientes.

- **Financiación:** fuentes de financiación de las actividades del centro para los años 2004, 2006 y 2008, y número de proyectos de I+D ejecutados por el centro en los últimos tres años.

- **Relaciones:** existencia de una oficina o división de transferencia tecnológica, relaciones que mantienen con diferentes tipos de instituciones en cuanto a proyectos y convenios de I+D y los tipos de vinculación.

- **Grupos de investigación:** grupos avalados por el centro, inscritos y no inscritos en GrupLAC, nombre del grupo y nombre del líder2.

- **Infraestructura:** edificaciones, laboratorios, talleres y equipos, propiedad y tipo de acceso; acceso y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

La información recolectada a través de estas tres fuentes permitió caracterizar los centros analizados y, mediante análisis multivariados de datos, establecer las categorías en las cuales se podrían agrupar.

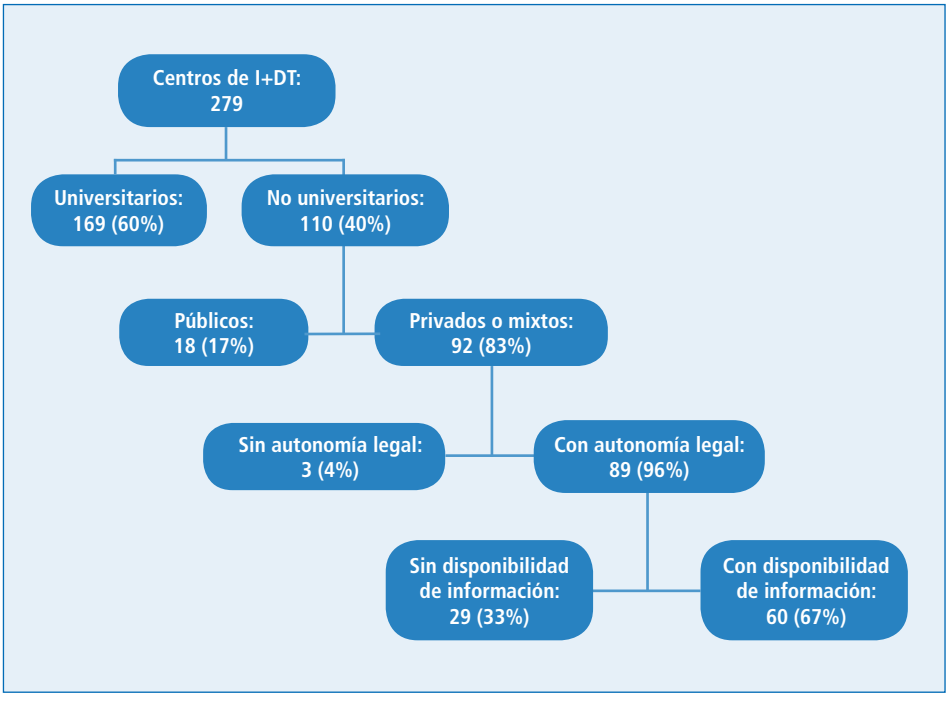
Entre los resultados intermedios de este proyecto se destacan: el inventario calificado de centros de investigación, el marco lógico de análisis (presentado en los referentes teóricos) y la construcción del concepto de centro autónomo a partir de la cual trabaja el OCyT, los cuales aportaron a la realización de los análisis que presentamos en este capítulo.

2 La información correspondiente a producción científica se obtuvo de GrupLAC, en el caso de los grupos avalados que estaban registrados en dicha plataforma de Colciencias; para los que no, se solicitó a los centros que la incluyeran en el formulario virtual diseñado para tal fin.

En la gráfica 5.2 se muestra el proceso realizado para la identificación de los centros autónomos que operan en el país en el marco del proyecto *Caracterización de los CAIDT*, a partir de las bases de datos de Colciencias y el OCyT relativas a centros de investigación y centros de desarrollo tecnológico, y la búsqueda en Internet orientada a reconocer entidades que respondieran al calificativo de centro de investigación. En el grupo resultante se encontraron muchos centros universitarios[3] que no correspondían al objeto de análisis, y dentro de los no universitarios se distinguió entre los públicos, los mixtos y los privados; en los privados se identificó aquellos que tenían autonomía administrativa y legal. A los 89 con autonomía legal se les pidió diligenciar el formulario electrónico.

El número de CAIDT vinculados de manera inicial al presente análisis surgió del "inventario calificado de centros" realizado para el conjunto de centros no universitarios y algunos universitarios, y que recopiló información básica de estos, como: naturaleza jurídica e información legal general, ubicación, objeto social, sector económico y de conocimiento en el que se inscriben, si han tenido financiamiento de Colciencias y algunas características de su estructura organizacional.

Gráfica 5.2. Inventario de centros de I+DT



Fuente: OCyT, 2010a

3 Unidades o grupos adscritos a facultades y departamentos.

Al revisar diferentes documentos elaborados por Colciencias (resoluciones y convocatorias, por ejemplo), encontramos diversas definiciones de centro[4] que evidencian una conceptualización cambiante en el tiempo, a lo largo de las políticas; esto nos llevó a trabajar con la definición de "centro autónomo" elaborada por el OCyT en el 2010, en el marco del proyecto *Caracterización de los CAIDT*, a partir de la ya formulada por Colciencias en el documento borrador de apoyo a centros de I+DT, de octubre de 2007:

> Se entiende por "centro autónomo de investigación y/o desarrollo tecnológico una organización no universitaria y sin ánimo de lucro[5], dotada de administración propia y de recursos financieros, humanos y físicos, que posee una organización formal, independencia administrativa y financiera y personería jurídica propia. Su objeto social incluye la generación o transferencia de conocimiento (verificable) en una o varias áreas de la ciencia y la tecnología, a través del desarrollo de agendas (programas y proyectos) de investigación o innovación, o de otras actividades complementarias tales como: capacitación y entrenamiento, prestación de servicios científicos y tecnológicos, difusión y divulgación científica y tecnológica, y gestión, seguimiento y evaluación de actividades de ciencia y tecnología. (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2010a, p. 4).

Esta definición permite mostrar los rasgos esenciales que caracterizan a los CAIDT de Colombia:

- El carácter no pecuniario de sus motivaciones económicas.
- La existencia de unas capacidades y recursos (humanos, financieros, tecnológicos, etc.) para desarrollar sus actividades.
- El carácter formal de la organización y el control de sus recursos.
- La inclusión de la generación o transferencia del conocimiento científico y tecnológico en su objeto social.
- Producción científica o técnica verificable.
- El desarrollo de proyectos de investigación o innovación enmarcados en agendas de investigación y desarrollo (I+D).

4 Para ver las diferencias en las definiciones consultar, por ejemplo: Convocatoria (538) para la conformación del banco de elegibles de fortalecimiento institucional de centros de investigación y desarrollo tecnológico y de parques de ciencia y tecnología, cuyos términos de referencia se encuentran disponibles en: http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/terminos_de_referencia_conv538_fortalecimiento_0.pdf; Resolución 504 de 2010 de Colciencias, donde se presentan las definiciones y requisitos para los procesos de reconocimiento de los centros de investigación o desarrollo tecnológico, disponible en: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39782

5 Esta definición plantea la exclusión de los centros universitarios con ánimo de lucro y aquellos que no poseen autonomía legal.

5.3. Metodología

Teniendo en cuenta la definición de trabajo del OCyT, y que nuestro objeto de estudio son únicamente los CAIDT, este ejercicio parte de la hipótesis de que los centros, según el área de la ciencia y la tecnología en la cual desarrollan sus actividades, tienen requerimientos, necesidades y productos distintos. Además, los niveles de calificación en su personal no son homogéneos e invierten sumas de dinero diferentes; por lo tanto, obtienen diversos tipos de producción.

Basados en esta hipótesis, el ejercicio inicial consistió en la construcción de la base de datos de instituciones sobre las cuales se realizaría el análisis. Para ello tuvimos en cuenta dos conjuntos de centros: en primer lugar, aquellos que participaron por invitación directa del OCyT en el proyecto *Caracterización de los CAIDT* llevado a cabo en 2010 (60 centros) y, en segundo lugar, los que se presentaron a la Convocatoria pública (538) de fortalecimiento realizada por Colciencias en el 2011 y que congregó 83 centros[6]. Posteriormente llevamos a cabo un proceso de depuración de la información disponible, para finalmente determinar una muestra de 64 entidades.

La información recopilada en este proceso, sumada al hecho de que los 64 centros vinculados al análisis representan para el periodo 2006 - 2010, el 13,7% de la inversión total en I+D y el 7,6% de la inversión en ACTI, ratifica la importancia de esta investigación que pretende dar cuenta de su comportamiento de acuerdo con el área de la ciencia y la tecnología[7] en la que inscriben sus actividades, así como identificar las relaciones entre inversión, recurso humano y producción científica y tecnológica.

Como nota adicional debemos aclarar que si bien el número de centros trabajados no es representativo estadísticamente, dado que no se utilizaron técnicas de muestreo, sus características y relevancia permiten inferir algunos aspectos para la totalidad de este tipo de instituciones.

Las variables que tuvimos en cuenta para la elaboración de los análisis provienen de las fuentes relacionadas en la sección 5.2: antecedentes, pero fundamentalmente en la base de datos unificada que construimos y en la que buscamos que contuviera únicamente las variables que, a nuestro juicio, podrían tener el mayor interés para los análisis. En algunos casos la unidad de observación no eran los centros (por ejemplo, en GrupLAC son los grupos adscritos a las instituciones y en el proyecto *Caracterización de los CAIDT* esta varió dependiendo del módulo, así, en el de recurso humano fueron las personas del centro —incluido personal de áreas distintas a la investigación— y en el de producción, los productos registrados por el centro). Este hecho nos implicó tomar decisiones sobre cómo llevar esta información a nivel de centros para hacerla comparable, y optamos por construir

6 Entre estos se incluyeron 4 centros del sector medio ambiente, que si bien son públicos se rigen por el derecho privado.

7 Las áreas de la ciencia a las que haremos referencia a lo largo del capítulo son las definidas por la OCDE: ciencias naturales y exactas, ingeniería y tecnología, ciencias médicas y de la salud, ciencias agrícolas, ciencias sociales y humanidades. Ciencias sociales y humanidades se integraron en una sola área debido al carácter interdisciplinario de algunos de estos centros, lo que dificulta considerarlos en el análisis de manera independiente.

totales de las variables, por ejemplo, total de grupos activos, total de personal en I+D y total de productos generados en el periodo de análisis, por centro.

Una vez homogeneizada toda la información a nivel de centro, consolidamos una base preliminar con las variables disponibles para los 83 centros participantes en la convocatoria de fortalecimiento institucional de Colciencias, de 2011. Para garantizar consistencia en el análisis decidimos incluir únicamente aquellos centros que disponían de información en el proyecto *Cálculo de la inversión en ACTI* en Colombia entre los años 2006 y 2010. Adicionalmente, tomamos la decisión de excluir a Corpoica del análisis propuesto, en razón a que en el proyecto *Caracterización de los CAIDT* incluía únicamente datos correspondientes a una de sus regionales en materia de recurso humano, mientras que las demás variables (producción, inversión, etc.) recogían información de la entidad a nivel nacional. Luego de aplicar estas consideraciones obtuvimos un total de 64 centros para los diversos análisis de este capítulo (el listado completo de centros incluidos se encuentra en el anexo 5.1).

Consolidando los datos de estos centros obtuvimos una base con 175 variables (listado completo en el anexo 5.2). Ante la dificultad interpretativa que implica la realización de un análisis que incluya simultáneamente un conjunto tan grande de variables se hizo necesario reducirlas. Un primer paso fue excluir variables que consideramos irrelevantes para lograr los objetivos propuestos. En un segundo paso optamos por aplicar métodos estadísticos multivariados que permitieran obtener indicadores sintéticos, y así resumir la información de varias variables en una sola, conservando la mayor cantidad posible de datos.

A continuación describimos la conformación de cada uno de los indicadores sintéticos calculados:

- Área de la ciencia: cada centro indicó en el aplicativo web las áreas en que se inscriben sus actividades. Decidimos asignar un área única a cada centro, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

  – Si el centro reportó únicamente un área de actividades, le asignamos dicha área.

  – Si el centro reportó más de un área, le asignamos aquella en que tuvo una mayor inversión.

  – En caso de igualdad en la inversión, le asignamos el área resultante en un análisis de clasificación de k-medias[8], mediante el cual se conformaron cinco grupos de centros que fueron asociados a las áreas de la ciencia.

8 El método de clasificación de k-medias divide la población en k grupos, denominados conglomerados. El objetivo es que cada uno de los conglomerados resultantes esté conformado por elementos (en nuestro caso, centros) homogéneos, es decir, que compartan características similares con respecto a las variables involucradas en el análisis.

- **Indicadores de inversión en ACTI:** la información sobre inversión consiste en un conjunto de variables que se mide cada año. Teniendo en cuenta que las observaciones de cada variable durante el periodo 2006 - 2010 presentan una alta correlación, consideramos el primer factor resultante de un análisis de componentes principales (ACP) como indicador de cada variable. Por ejemplo, realizamos un ACP para los cinco valores de las variables de inversión en I+D (2006 a 2010), el primer factor resultante de dicho análisis se considera como un indicador de inversión en I+D. Este procedimiento se repitió para todas las variables. Los factores obtenidos fueron escalados de forma que conservaran las propiedades usuales de los indicadores de inversión.

  Estas propiedades permiten que todos los valores obtenidos para cada indicador puedan ser interpretados como porcentajes respecto al total de inversión en ACTI.

  Este procedimiento redujo las 85 variables de inversión a 17.

- **Grupos activos 2006 - 2010:** teniendo en cuenta el alto relacionamiento existente entre el número de grupos activos en GrupLAC, en cada uno de los años del periodo 2006 y 2010, decidimos conservar únicamente la información de grupos activos en el 2010.

- **Producción:** para la conformación de estos indicadores utilizamos las ponderaciones usadas en el proyecto *Caracterización de los CAIDT*[9] (ver anexo 5.3). Resumimos los datos de los 38 tipos de productos en cuatro categorías: producción bibliográfica, técnica, de divulgación y de formación; de este modo obtuvimos unos indicadores que pueden explicarse como promedios ponderados de los productos reportados por cada centro en la plataforma GrupLAC, complementados con el aplicativo en línea diligenciado por los centros.

Luego de realizar los procedimientos explicados previamente, el número inicial de 175 variables quedó reducido a una base con 34 variables para los 64 centros seleccionados como grupo de análisis. Estas fueron clasificadas de la siguiente manera:

- **Identificación:** nombre del centro (Institución), sigla (Sigla) y departamento de la sede principal (Dpto.), antigüedad del centro (Antiguo).

- **Capacidades:** grupos reportados por el centro en el aplicativo Web (GrupoAplic), grupos registrados en GrupLAC (Grupos2010), personal en I+D (PersonalID), personal diferente a I+D (PersonalNo), personal con nivel de formación doctoral (NivelDocto), personal con nivel de formación maestría (NivelMaest), personal con nivel de formación pregrado (NivelPregr), personal con nivel de

9 Las ponderaciones empleadas por el OCyT en el proyecto *Caracterización de los CAIDT* se fundamentan en los pesos establecidos para los productos por cada tipo de producción que se registran en la plataforma ScienTI, y que dan un mayor peso a los productos bibliográficos (por ejemplo, capítulos de libros, libros resultado de investigación, artículos publicados en revistas indexadas) y de producción técnica (producto tecnológico patentado, diseño industrial registrado, desarrollo de prototipos, etc.).

formación técnico o tecnológico (NivelTecni) y personal con nivel de formación secundaria (NivelSecun)[10].

- **Inversión:** inversión en I+D (IndicImD), inversión en formación (IndicForma), inversión en servicios (IndicServi), inversión en administración (IndicAdmin), inversión en innovación (IndicInnov), financiación pública de la I+D (IndicIDpub), financiación privada de la I+D (IndicIDpri), financiación internacional de la I+D (IndicIDint), inversión en ACTI (IndicACTI), financiación pública de las ACTI (IndicACTIu), financiación privada de las ACTI (IndicACTIr), financiación internacional de las ACTI (IndicACTIi), inversión en I+D en ciencias naturales y exactas (IndicNatur), inversión en I+D en ingeniería y tecnología (IndicIngen), inversión en I+D en ciencias médicas y de la salud (IndicMedic), inversión en I+D en ciencias agrícolas (IndicAgric), inversión en I+D en ciencias sociales y humanidades (IndicSocia).

- **Producción:** bibliográfica (Prod_Biblio), técnica (Prod_Tecnic), de divulgación (Prod_Divulg), de formación (Prod_Formac).

5.4. Análisis y resultados

En esta sección presentamos los resultados de los diferentes análisis que llevamos a cabo con el fin de caracterizar la actividad de los CAIDT, según el área de la ciencia. La sección se divide en tres partes: la primera, (5.4.1), corresponde a la caracterización a nivel general de los 64 centros objeto de estudio; la segunda, (5.4.2), a los procesos descriptivos por área de la ciencia, que permitieron identificar elementos particulares al interior de cada una de ellas; la tercera, (5.4.3), recoge algunas comparaciones entre las diferentes áreas, realizadas mediante el uso de varias herramientas que se describirán en dicha sección.

Dos aclaraciones necesarias en este punto: dado que los 64 centros conforman una muestra no probabilística del total de centros del país, con base en los resultados aquí presentados hicimos inferencias en algunos casos aplicables a la población total nacional, y en otros únicamente a la situación de los centros de la muestra; por otra parte, para facilitar la lectura, a lo largo del capítulo nos referiremos a los indicadores sintéticos (sección 5.4.2) como si fueran las variables originales, por ejemplo, al hablar de la inversión en ACTI nos referimos al indicador que resume la inversión en ACTI de los cinco años de estudio.

5.4.1. Caracterización general de los centros

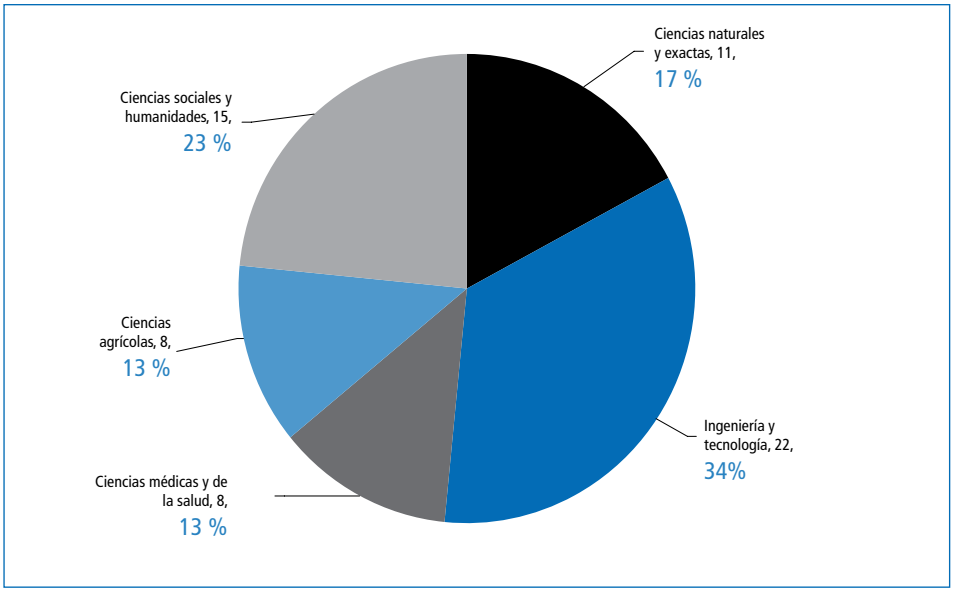
Tomando como base las 34 variables consolidadas para el análisis podemos afirmar que, de manera general, en el grupo de centros de la muestra las líneas de actuación abarcan todas las áreas de la ciencia (gráfica 5.3), el área en que un mayor número de

10 Es importante aclarar que el nivel de formación para efectos del proyecto de caracterización, correspondió al último nivel de formación alcanzado y reportado por el personal adscrito al centro. De esta manera, una persona que fue reportada por el centro como estudiante de maestría, se incluye como pregrado correspondiente al último nivel alcanzado.

centros inscribe sus actividades es ingeniería y tecnología (22 centros, 34% de la muestra), mientras las áreas con un menor número de ellos son ciencias agrícolas y ciencias médicas y de la salud, cada una con 8 centros, que equivalen al 13% de la muestra.

En la tabla 5.1 se resumen las características generales de los centros, agrupados por las áreas de la ciencia en las que desarrollan sus actividades.

Gráfica 5.3. CAIDT por área de la ciencia



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Tabla 5.1. Resumen de los principales indicadores de los CAIDT, según área de la ciencia

Indicador/Área de la ciencia		Ciencias naturales y exactas	Ingeniería y tecnología	Ciencias médicas y de la salud	Ciencias agrícolas	Ciencias sociales y humanidades	Total
Número de centros		11	22	8	8	15	64
Promedio de personal en I+D		39	27	26	46	22	30
Grupos activos		25	25	22	10	15	97
Inversión en ACTI		28,33%	17,43%	10,90%	25,96%	17,38%	100,00%
Inversión en I+D		32,14%	14,37%	12,70%	24,42%	16,37%	100,00%
Inversión promedio en ACTI (millones de pesos 2010)		5.014	1.584	2.422	6.323	2.199	3.020
Inversión promedio en I+D (millones de pesos 2010)		3.888	923	1.939	4.162	1.437	2.095
Inversión I+D / Inversión ACTI		77,53%	58,25%	80,05%	65,83%	65,36%	69,36%
Producción	Bibliográfica	28,95%	5,25%	30,51%	20,81%	14,48%	100,00%
	Técnica	13,80%	16,28%	57,69%	5,01%	7,22%	100,00%
	Divulgación	11,78%	59,05%	17,14%	1,79%	10,24%	100,00%
	Formación	26,27%	8,85%	25,60%	6,53%	32,75%	100,00%

Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.1.1. Inversión

Para el análisis tuvimos en cuenta: la inversión total en ACTI, la inversión en I+D y la relación de la inversión en I+D con respecto a la inversión en ACTI.

Los centros de ciencias naturales y exactas, que corresponden al 17% de la muestra, son los que mayor inversión presentan, tanto en ACTI como en I+D (28,33% y 32,14% respectivamente), seguidos por los de ciencias agrícolas (13%) que invierten cerca del 25%, tanto en ACTI como en I+D. Los centros de ciencias médicas y de la salud (13%) son los que menores inversiones tienen, tanto en ACTI (10,9%) como en I+D (12,7%).

Del total de la inversión en ACTI, cerca del 69% se focaliza en I+D, mientras el restante 31% se dedica a otras actividades (formación, servicios científicos y tecnológicos, innovación y administración). En cuanto a la inversión en I+D, los centros de ciencias agrícolas y los de ciencias sociales y humanidades están cercanos a la cifra total, con el 65%; los de ciencias médicas y de la salud con cerca del 80%; los de ciencias naturales y exactas con casi el 78%, mientras que los de ingeniería y tecnología solamente dedican el 58% de sus recursos a esta actividad.

Como se indicó en la metodología, cada centro se inscribió en una única área de la ciencia, a pesar de que estos pueden realizar inversiones en distintas áreas. La tabla 5.2 muestra las áreas en las cuales los centros se clasificaron, frente a aquellas en las cuales realizan su inversión en I+D. Por ejemplo, la matriz indica que los centros clasificados en ciencias sociales invierten en ingeniería el 0,25%. Es claro que existe una fuerte correspondencia en la inversión de todas las áreas y es importante resaltar el alto porcentaje de inversión que hacen los centros de ciencias médicas, en ciencias naturales y exactas, esto sugiere que la investigación en ciencias naturales y exactas es particularmente relevante para los temas de salud. Por otra parte, se observa que, aunque pequeñas, todas las áreas de la ciencia tienen, simultáneamente, inversiones en las demás áreas, con excepción de las ciencias agrícolas que no invierten en médicas ni sociales.

Tabla 5.2. Matriz área de clasificación vs. área de inversión como porcentaje del I+D

Área de la ciencia y la tecnología OCDE		Área de inversión					Total
		Ciencias naturales y exactas	Ingeniería y tecnología	Ciencias médicas y de la salud	Ciencias agrícolas	Ciencias sociales y humanidades	
Área del centro	Ciencias naturales y exactas	26,87	1,33	0,38	1,76	1,80	32,14
	Ingeniería y tecnología	0,29	13,41	0,01	0,49	0,16	14,37
	Ciencias médicas y de la salud	5,95	0,37	6,28	0,09	0,01	12,70
	Ciencias agrícolas	0,36	0,50	0,00	23,55	0,00	24,42
	Ciencias sociales y humanidades	0,84	0,25	0,00	0,16	15,12	16,37
Total		**34,32**	**15,86**	**6,67**	**26,05**	**17,10**	**100**

Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.1.2. Personal en I+D

En promedio, los centros de la muestra tienen 30 personas dedicadas a actividades de I+D; por encima del promedio están los que realizan actividades en ciencias agrícolas, con 46 personas, y en ciencias naturales y exactas, con 39; los de ciencias sociales y humanidades son los que, en promedio, tienen menos personas dedicadas a I+D, con 22.

Para los cinco años del análisis, en promedio, los 64 centros estudiados han invertido, por persona que trabaja en I+D, 70 millones. Por este mismo concepto, los centros de ciencias naturales y exactas son los que registran mayor inversión (100 millones), seguidos por los de ciencias agrícolas (90 millones), ciencias médicas y de la salud (75 millones), ciencias sociales y humanas (65 millones), ingeniería y tecnología (34 millones), siendo estos últimos los de más baja inversión por persona.

5.4.1.3. Grupos

El número de grupos activos por área de la ciencia es muy homogéneo, sin embargo, podemos observar en las ciencias agrícolas el porcentaje más bajo: cerca del 10%. Si comparamos el número de grupos con las cifras de inversión presentadas en la tabla 5.1, no se evidencia una relación clara entre estas dos variables, por ejemplo, el área de ingeniería y tecnología, que presenta una de las cifras más bajas en cuanto a la inversión, cuenta con uno de los números más altos de grupos (ver gráfica 5.4), y el área de ciencias naturales tiene una cifra alta, tanto en inversión como en grupos registrados.

De manera general, los centros con el mayor número de grupos de investigación corresponden a los de las áreas de ciencias naturales y exactas e ingeniería y tecnología (cada uno con el 26% del total), seguidos por los de ciencias médicas y de la salud y ciencias sociales y humanidades (ver gráfica 5.4)[11].

Respecto a grupos activos encontramos que cada centro tiene 1,5 grupos, en promedio, sobre toda la muestra, mientras que según área, el promedio es el siguiente: ciencias médicas y de la salud 2,8, ciencias naturales y exactas 2,3, ciencias sociales y humanidades e ingeniería y tecnología alrededor de un grupo.

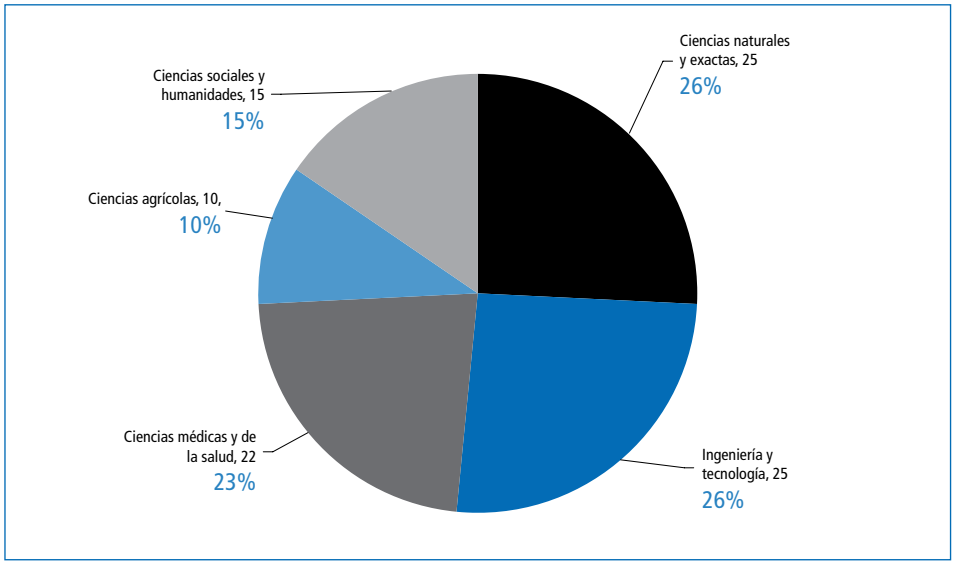
5.4.1.4. Producción

La gráfica 5.5 muestra los tipos de producción de los CAIDT por área de la ciencia. En ella se observa que ciencias médicas y de la salud es el área con una mayor producción bibliográfica, seguida por ciencias naturales y exactas. Del mismo modo, ciencias médicas presenta el mayor porcentaje de producción técnica (57,7%), seguida por ingeniería y tecnología, esta última es la que representa la mayor proporción de la producción de divulgación[12], con cerca del 59%. Con respecto a la formación, el área con mayor producción es ciencias sociales y humanidades (32,8%), seguida por ciencias naturales y exactas, y ciencias médicas y de la salud (con un 26,2% y 25,6%, respectivamente).

11 Para efectos de este análisis se asume que el área de la ciencia de cada grupo corresponde al área del centro que la avala.

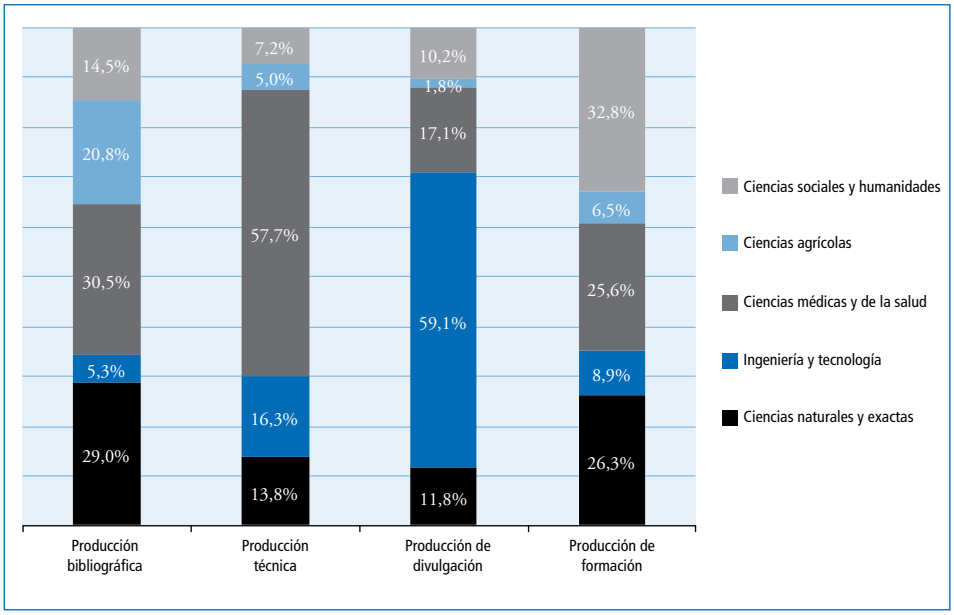
12 En la denominada producción de divulgación se tienen en cuenta productos de divulgación y extensión, dentro de los que se cuentan los informes de "servicios de consultoría", que para algunos centros del área de ingeniería y tecnología tienen un peso muy importante.

Gráfica 5.4. Grupos activos de los CAIDT, según área de la ciencia, 2010



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Gráfica 5.5. Distribución de la producción de los CAIDT, según área de la ciencia, 2006 - 2010



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.1.5. Análisis general

En la gráfica 5.6 presentamos una serie de indicadores que recogen información general de los centros, en algunos de los aspectos que se han analizado en los apartados anteriores, expuestos en cinco paneles, así:

- **Superior izquierdo:** primer plano factorial de un ACP que incluye las siguientes variables y sus relaciones: el número de grupos reportados en el aplicativo web, el personal en I+D, la antigüedad del centro, el indicador de inversión en I+D, el indicador de inversión en ACTI, el indicador de producción bibliográfica, el indicador de producción técnica, el indicador de producción de divulgación y el indicador de producción de formación.

- **Superior derecho:** personal promedio por nivel de formación.

- **Inferior izquierdo:** antigüedad de los centros teniendo en cuenta el año de inicio de actividades.

- **Inferior central:** inversión en I+D vs. la inversión en ACTI.

- **Inferior derecho:** gráfico de dispersión de la producción bibliográfica vs. producción técnica. Con este gráfico no se pretende sugerir que deba existir una relación entre estos dos tipos de producción, sino simplemente describir, simultáneamente, el comportamiento de estas dos variables.

En cuanto a los promedios de personal por nivel de formación, cabe destacar la notable diferencia entre el pregrado y los otros niveles, en especial con el técnico y la secundaria que son los de menores índices de participación.

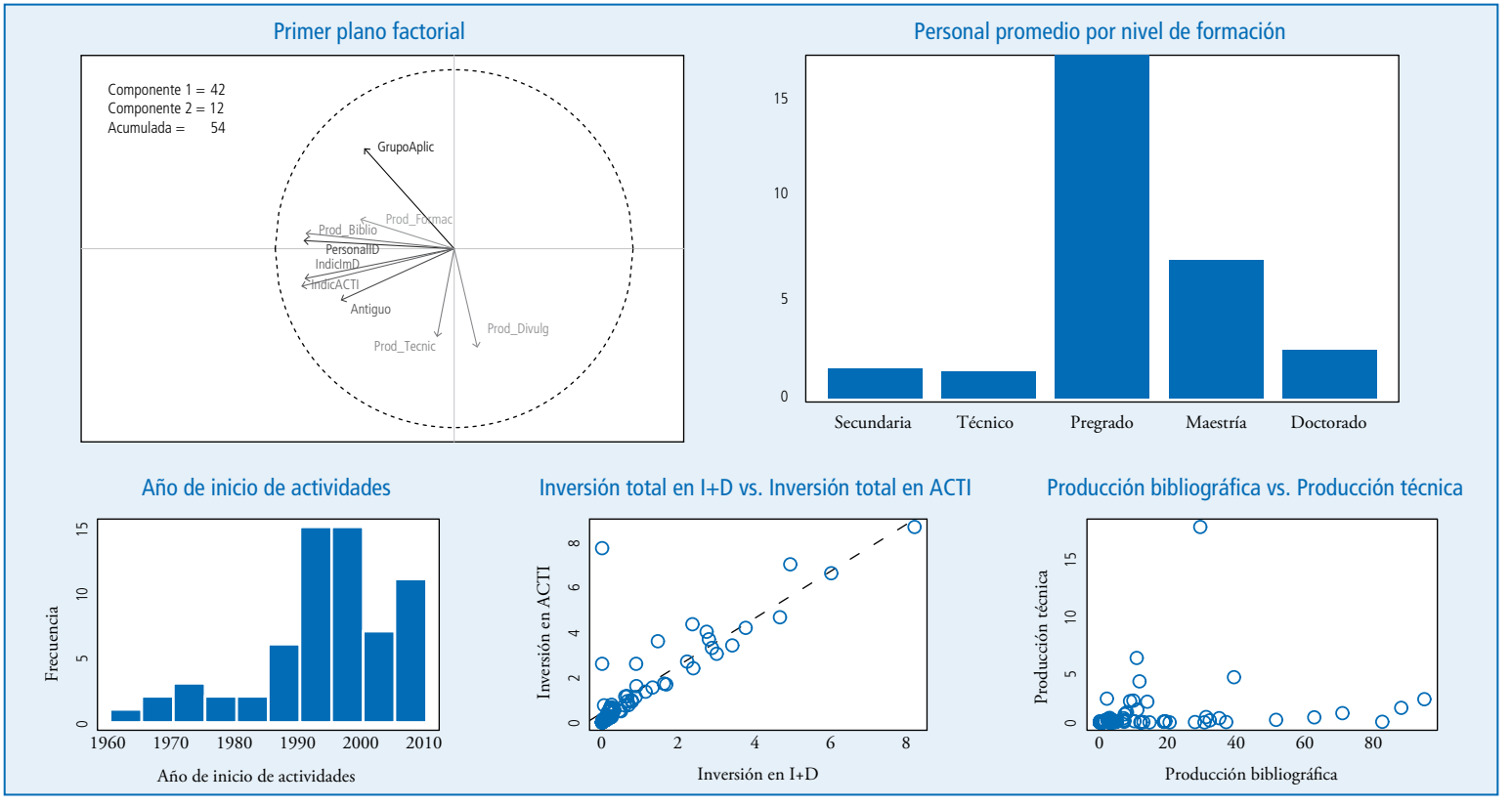
Respecto a la edad de los centros, calculada a partir del inicio de sus actividades, resalta la década de los 90, que fue cuando se creó cerca de la mitad de los centros de la muestra.

El panel inferior central permite observar una alta correlación entre la inversión en ACTI y la inversión en I+D: los centros con una baja inversión en I+D tienden a tener una baja inversión en ACTI y aquellos con una alta inversión en I+D, tienden a tener una alta inversión en ACTI. Aun así hay dos centros que presentan un comportamiento alejado de esta tendencia, pues a pesar de contar con inversión en ACTI no registran inversión en I+D.

Por otra parte, el diagrama de dispersión entre la producción bibliográfica y la producción técnica no muestra relación alguna entre estas dos variables.

El ACP evidencia una alta correlación entre la inversión en ACTI, la inversión en I+D y la antigüedad, la producción bibliográfica y el personal en I+D.

Gráfica 5.6. Perfil general de los CAIDT



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.2. Análisis por áreas de la ciencia

En esta sección presentamos un análisis descriptivo de cada una de las áreas de la ciencia de acuerdo con los centros que inscriben sus actividades en ellas. El propósito es identificar comportamientos y dinámicas comunes a los centros pertenecientes a cada área analizada. En el análisis de cada área se incluye una gráfica dividida en cinco paneles dispuestos en la misma forma que los de la gráfica 5.6, con la diferencia que el panel inferior central corresponde a la inversión en I+D vs. inversión en el área de la ciencia en la cual registra sus actividades el centro. La línea negra que se observa corresponde a $x = y$, el área por debajo de esta recta se encuentra sombreada; la línea azul corresponde a la recta de regresión entre las dos variables. La ubicación de un centro con respecto a la línea negra tiene diferentes significados: en ella denota que toda su inversión está dedicada al área de la ciencia en la cual se inscribe; por debajo de ella expresa que aunque el centro inscribe sus actividades en un área de la ciencia, su inversión en I+D no es exclusiva en esta sino que se distribuye en dos o más áreas; por encima de ella resulta improbable, puesto que significaría que la inversión de un centro en el área es mayor que la inversión total, lo cual es imposible. En cuanto a la línea azul —recta de regresión—, es importante aclarar que esta se presenta únicamente con fines descriptivos, es decir, no se harán inferencias en este aspecto. Sobre la posición de los centros en relación con la línea azul hay que decir que si todos se ubicaran sobre esta recta, significaría que para todos los casos la proporción de inversión en el área de la ciencia con respecto a la inversión total es constante; en la medida en que los centros se alejen de esta recta significa que la proporción de inversión de los centros en el área de la ciencia es heterogénea.

5.4.2.1. Ciencias naturales y exactas

En la categoría de ciencias naturales y exactas se agruparon un total de 11 centros, los cuales presentaron las siguientes características específicas (ver gráfica 5.7):

- **Recurso humano asociado:** el mayor promedio de personal está en el nivel de pregrado, seguido por maestría y doctorado, este último supera incluso el de nivel técnico.

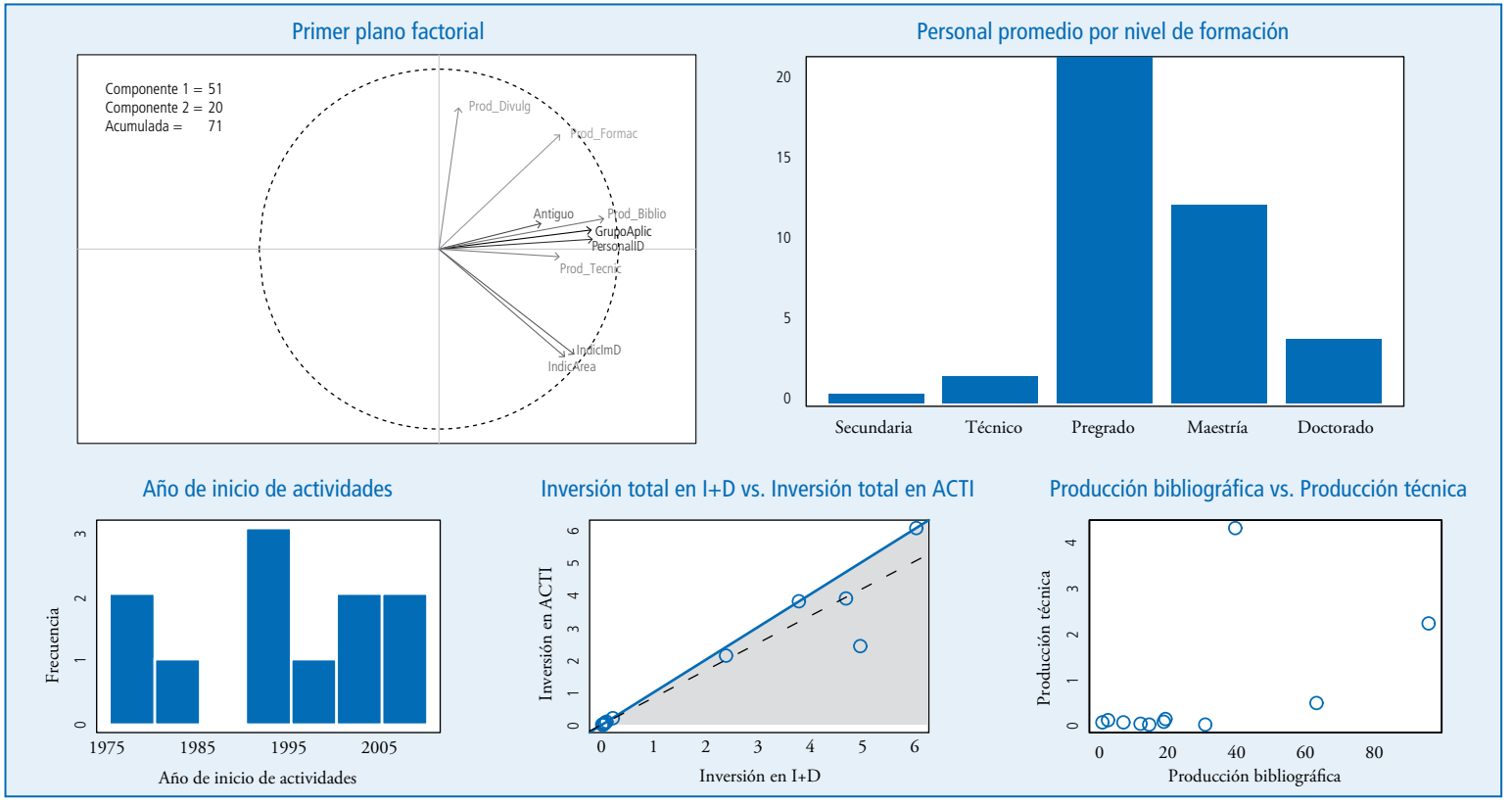
- **Año de inicio de actividades:** el mayor número de estas instituciones iniciaron actividades en los años 90, sin embargo, se registraron centros que iniciaron actividades en 1975.

- **Inversión en I+D vs. inversión en ciencias naturales y exactas:** la mayoría de centros invierten el mayor porcentaje de su I+D en esta área de la ciencia —en varios casos la inversión en el área es del 100%—, sin embargo, hay un centro que se aleja de este comportamiento, ya que su inversión en el área es cercana al 50%.

- **Producción técnica:** a excepción de dos centros, en los demás esta tiende a ser baja; la producción bibliográfica es más heterogénea: se encuentran centros con bajos, medios y altos niveles de producción.

- **Primer plano factorial ACP:** la revisión del comportamiento de las variables que se tuvieron en cuenta para el análisis evidencia una alta correlación, tanto en las variables referidas a producción bibliográfica, personal en I+D, grupos de investigación y producción técnica como entre la inversión en I+D y la inversión en ciencias naturales.

Gráfica 5.7. Perfil de los centros en ciencias naturales y exactas



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.2.2. Ingeniería y tecnología

Esta área agrupó 22 de los 64 centros analizados. La revisión de la información y los cruces de datos que se realizaron permitieron describir las siguientes características (ver gráfica 5.8):

- **Recurso humano:** en lo que se refiere a nivel de formación, los centros tienen en promedio un mayor número de personas con pregrado, seguido por el de maestría y doctorado; sin embargo, se destaca en esta área la importancia de la categoría "secundaria", que puede ser explicada por la vinculación de estudiantes de pregrado que aún no han alcanzado el título, en una proporción considerable.

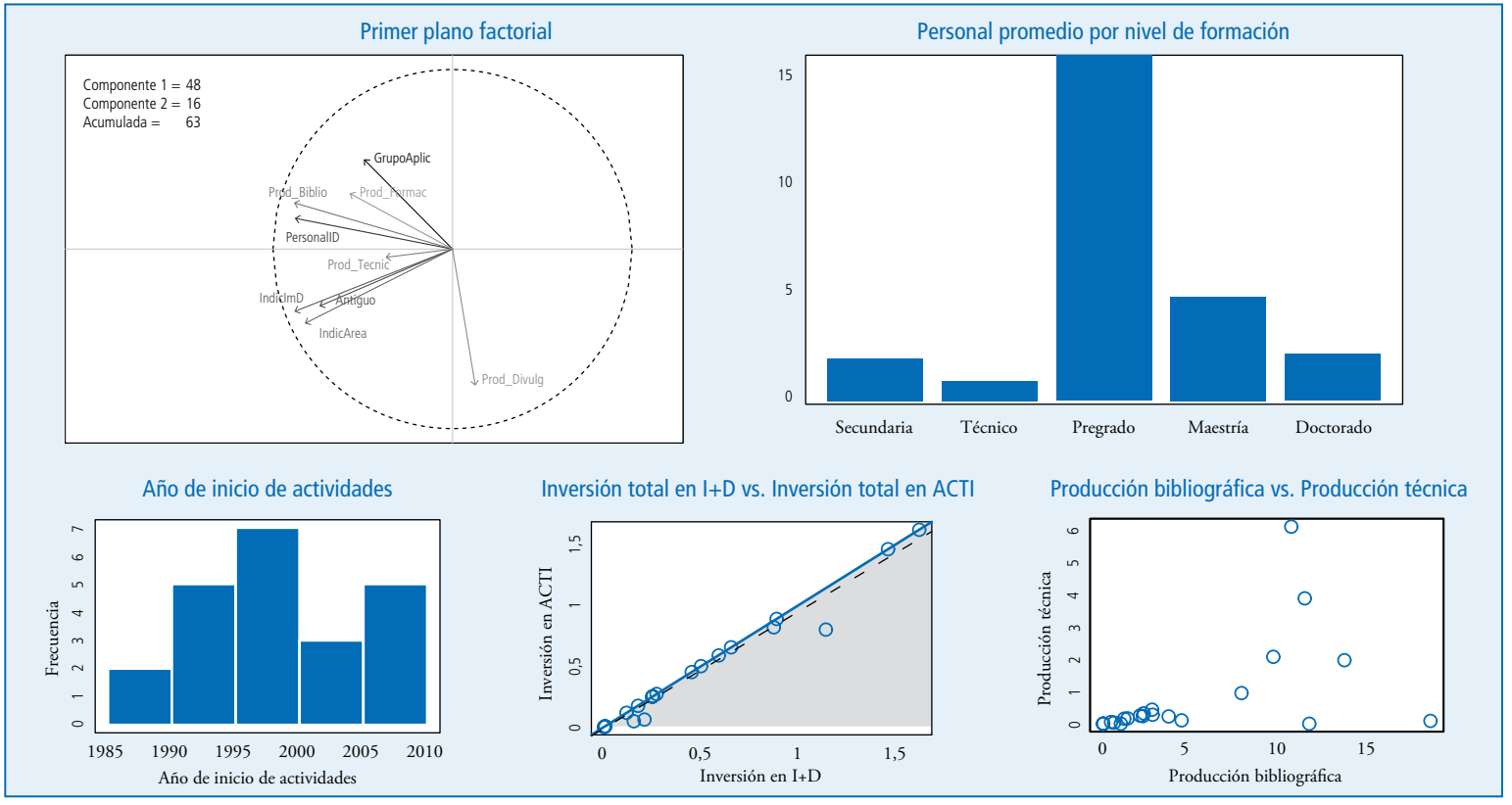
- **Inicio de actividades:** un poco más del 50% de estos centros comenzó en el periodo 1990 a 2000, siendo este el decenio de mayor actividad; 8 de los 22 centros iniciaron actividades después del año 2000.

- **Inversión:** el grupo de centros categorizados en esta área presenta una alta correlación entre la inversión en I+D y la inversión en el área de ingeniería y tecnología.

- **Producción:** en general, los centros registran bajos valores en producción técnica y tienden a enfocarse más en la producción bibliográfica.

- **Primer plano factorial ACP:** permite identificar dos grupos de variables relacionadas: en el primero se encuentran las variables de producción (bibliográfica y de formación) y recurso humano (grupos registrados en el aplicativo y personal en I+D), en el segundo las variables correspondientes a la inversión en el área de ingeniería y tecnología e inversión en I+D y antigüedad.

Gráfica 5.8. Perfil de los centros en ingeniería y tecnología



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.2.3. Ciencias médicas y de la salud

Aquí se agruparon 8 de los 64 centros de la muestra. La gráfica 5.9 muestra el perfil de estas instituciones, cuyas principales características se describen a continuación:

- **Recurso humano:** el mayor porcentaje de personal reportado por estos centros tiene estudios de pregrado, seguido por quienes tienen título de maestría (casi triplican el promedio del personal con doctorado); el menor promedio correspondió a los niveles de formación técnica y secundaria.

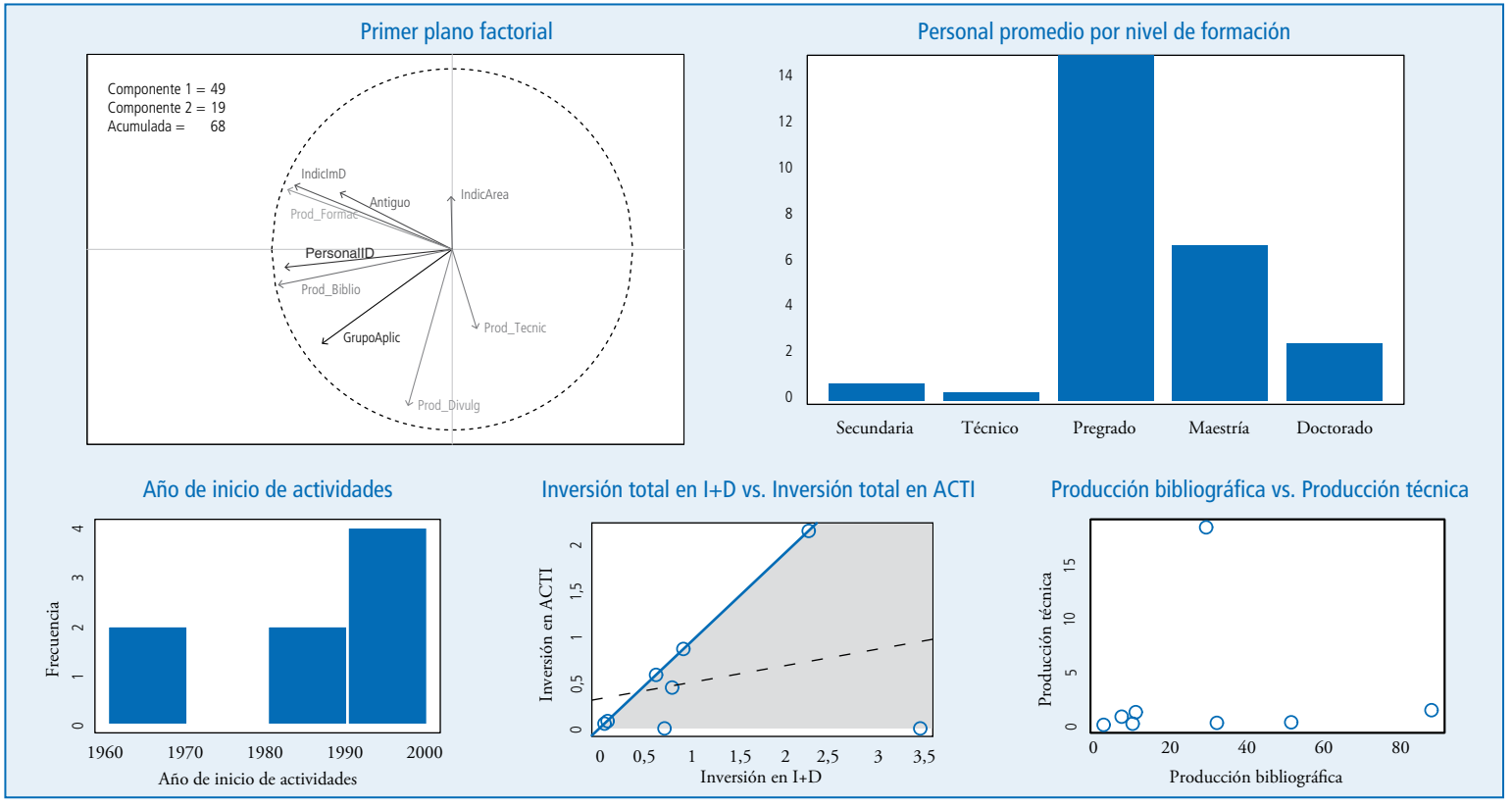
- **Año de inicio de actividades:** si bien el número de centros agrupados en esta área es pequeño, se destacan dos situaciones importantes: dos de ellos fueron creados en el periodo 1960 a 1970, lo cual habla de un grado de "madurez" alto adquirido a lo largo de, por lo menos, 40 años de actividad; el 50% se crearon a partir del 90, llevan 20 años de funcionamiento y esto significa que ya tienen solidez.

- **Inversión:** la relación inversión en ciencias médicas y de la salud vs. inversión en I+D muestra, en contraste con las demás áreas, un comportamiento heterogéneo puesto que invierten en distintas áreas y no exclusivamente en la propia.

- **Producción:** el comportamiento es similar al de las áreas anteriores en cuanto tiende a enfocarse más en la producción bibliográfica que en la producción técnica; aún así, vale la pena mencionar que se observa un centro con una producción técnica notablemente mayor que la de los demás.

- **Primer plano factorial ACP:** respecto a las variables incluidas para este grupo de centros, se evidenció baja correlación de estas y asociaciones entre las variables personal de I+D y producción bibliográfica. El otro grupo de variables que muestra relación corresponde a la antigüedad de las instituciones con la inversión en I+D y los productos de formación.

Gráfica 5.9. Perfil de los centros en ciencias médicas y de la salud



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.2.4. Ciencias agrícolas

En esta área fueron agrupados 8 de los 64 centros analizados. La gráfica 5.10 presenta las características de este conjunto, cuyos principales resultados se describen a continuación:

- **Recurso humano:** al igual que en las áreas precedentes, la mayor proporción de personal se encuentra en el pregrado, sin embargo hay que destacar que dicho promedio en este grupo de centros es el más alto de los observados en el presente análisis. El segundo lugar corresponde al personal con maestría. Vale la pena mencionar que en los centros de esta área, en promedio, la cantidad de personal con grado de doctorado es menor que el de aquellos con grado técnico o con secundaria, como también del personal promedio sin educación postsecundaria.[13]

- **Año de inicio de actividades:** una de las instituciones categorizadas en esta área de la ciencia inició actividades en el periodo 1970 - 1980, cinco lo hicieron en la década 1990 - 2000, y dos entre los años 2000 - 2010.

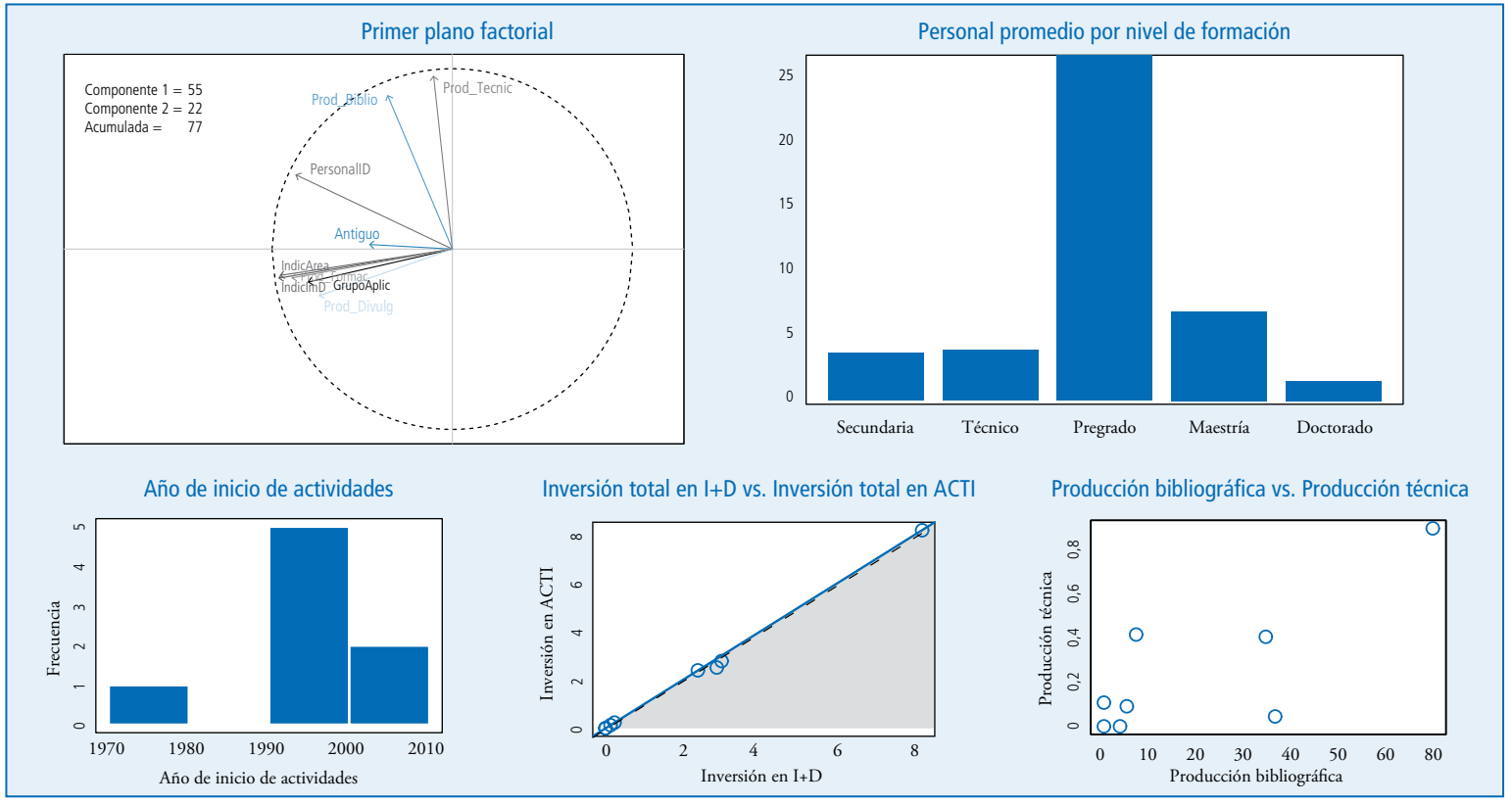
- **Inversión:** el análisis de la inversión en el área y su relación con la inversión en I+D presentó un comportamiento más homogéneo: la inversión de los centros en I+D es casi exclusiva en ciencias agrícolas, por esta razón las líneas negra y azul se encuentran prácticamente superpuestas.

- **Producción:** este grupo de centros registra la mayor correlación entre producción bibliográfica y técnica, hecho que se muestra claramente en el panel respectivo, y en la asociación entre sus correspondientes vectores en el plano factorial del panel superior izquierdo.

- El plano de relación de variables ACP muestra, por un lado, una fuerte correlación entre la inversión en I+D, la inversión en ciencias agrícolas, la producción de formación, la producción de divulgación y el número de grupos; por otro lado, la mencionada correlación entre producción bibliográfica y técnica.

13 Se debe tener en cuenta, como se señaló previamente, que los niveles de formación corresponden a grado alcanzado y no en curso, de esta manera secundaria sería el nivel que los estudiantes de pregrado (pasantes) registraron en las fuentes de información del proyecto *Caracterización de los CAIDT.*

Gráfica 5.10. Perfil de los centros en ciencias agrícolas



Fuente y cálculos: OCyT, 2010

5.4.2.5. Ciencias sociales y humanidades

Como ya se señaló, los centros que inscriben sus actividades en ciencias sociales y humanidades fueron agrupados en una misma categoría. Las siguientes características corresponden a los 15 aquí clasificados, de los 64 analizados.

- **Recurso humano:** por nivel de formación, el promedio de quienes tienen pregrado duplica el de profesionales con maestría, y el de doctorado está por encima del promedio de técnicos y de quienes terminaron su secundaria.

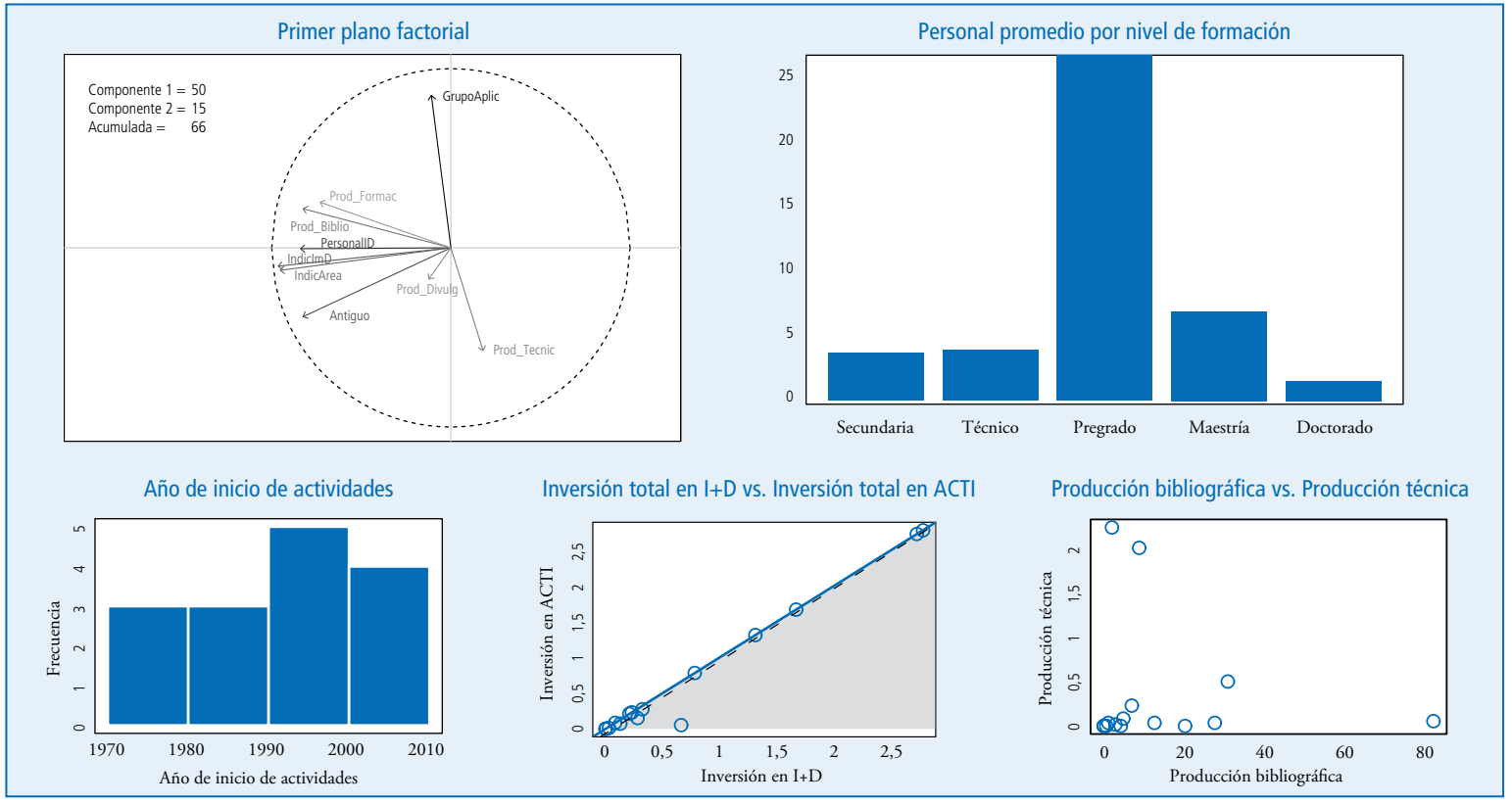
- **Año de inicio de actividades:** la mayor proporción de centros inscritos en estas áreas iniciaron actividades en el periodo comprendido entre 1990 y 2000 (5), sin embargo en años anteriores a este lapso ya se contaba con 6 centros en funcionamiento, 3 en el periodo 1970 a 1980, e igual número en la década de los 80.

- **Inversión:** el comportamiento en este caso fue homogéneo, ya que, con excepción de un centro que presenta una inversión media en I+D y prácticamente no invierte en ciencias sociales, los demás invierten cifras cercanas al promedio del grupo; así mismo, la inversión se da, casi exclusivamente, en ciencias sociales o humanidades.

- **Producción:** estos centros tienen un comportamiento que difiere de lo observado en los de las cuatro áreas anteriores: un cúmulo de centros con baja producción bibliográfica y técnica, 2 centros con alta producción técnica pero baja producción bibliográfica y 1 centro con alta producción bibliográfica pero baja producción técnica.

- **ACP:** el análisis factorial mostró que, con excepción de la producción técnica, de divulgación y los grupos de investigación, las restantes variables tienen correlación positiva, es decir, en términos generales la producción, la inversión y el personal registran comportamientos comunes al interior del área de la ciencia.

Gráfica 5.11. Perfil de los centros en ciencias sociales y humanidades



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

5.4.3. Análisis entre áreas de la ciencia

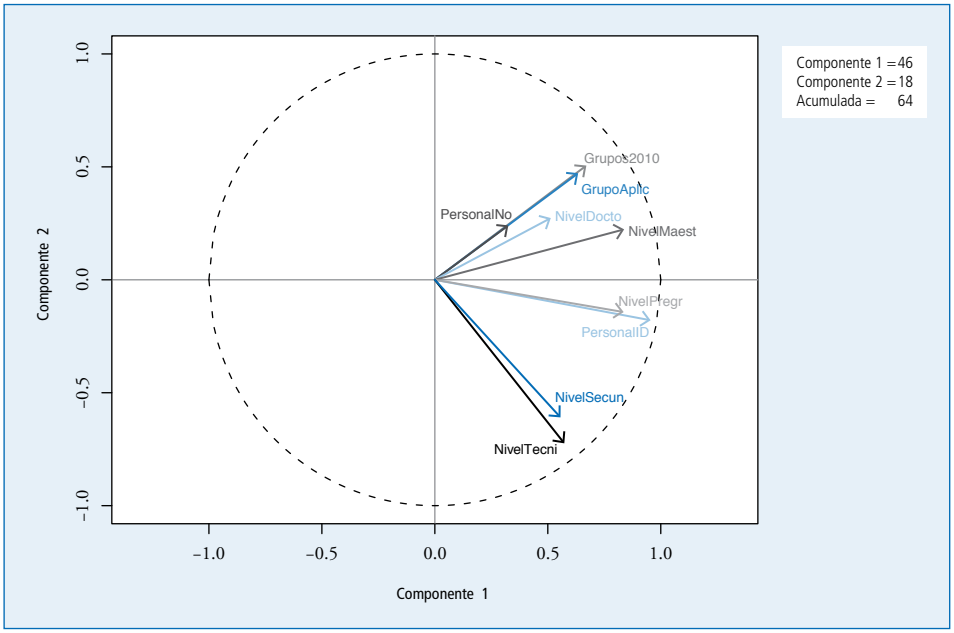
La sección anterior permite visibilizar características particulares de los centros *al interior* de cada área de la ciencia, sin hacer comparaciones del comportamiento entre áreas. En esta sección presentamos una comparación entre los CAIDT, diferenciados por área de la ciencia. Dicha comparación se realiza alrededor de tres dimensiones: inversión, recurso humano y producción. Para este fin identificamos las variables asociadas a cada una de estas tres dimensiones (el listado de variables consideradas en cada dimensión se presentó en la sección 5.3). Posteriormente, para cada área, realizamos un ACP y construimos dos indicadores sintéticos que den cuenta de las características de los centros. Finalmente, los seis indicadores construidos se analizan nuevamente mediante un ACP que permite ver las particularidades de cada área de la ciencia. La intención tras la creación de estos indicadores sintéticos es lograr resumir en un pequeño número de variables una buena parte de la información aportada por las 34 variables incluidas en el análisis; de esta forma se ponen en evidencia resultados que habrían sido confusos utilizando el conjunto original de variables.

Inicialmente realizamos un ACP con las variables de capacidades. El resultado del ACP con las variables originales proyectadas sobre el primer plano factorial se puede ver en la gráfica 5.12, en la que se observa que el primer factor (eje X) muestra una mayor correlación con el número de personas en I+D, el número de personas con formación de pregrado y el número de personas con formación de maestría. Este factor puede interpretarse como un indicador del tamaño del recurso humano del centro y se conservará con el nombre de *CapacTaman* para posteriores análisis. En cuanto al segundo factor (eje Y), se observa que los niveles académicos (excepto la formación técnica/tecnológica) aparecen organizados, por lo tanto, se considera como un indicador del nivel de formación de los integrantes de los centros y se conservará con el nombre de *CapacForma*.

Seguidamente elaboramos un ACP con las variables de inversión (sin incluir las referentes a la inversión en cada área de la ciencia). La gráfica 5.13 presenta las variables originales proyectadas sobre el primer plano factorial resultante de este análisis. En ella se observa que el primer factor se encuentra relacionado principalmente con la inversión total en ACTI y en I+D, además, con los recursos privados para ACTI e I+D y los recursos públicos para I+D; este factor se considera un indicador del tamaño de inversión de los centros y se conservará con el nombre de *GastoTaman*. El segundo factor está relacionado con la inversión internacional en I+D y en ACTI, por lo que se considerará como un indicador de recursos internacionales y se conservará con el nombre de *GastoInter*.

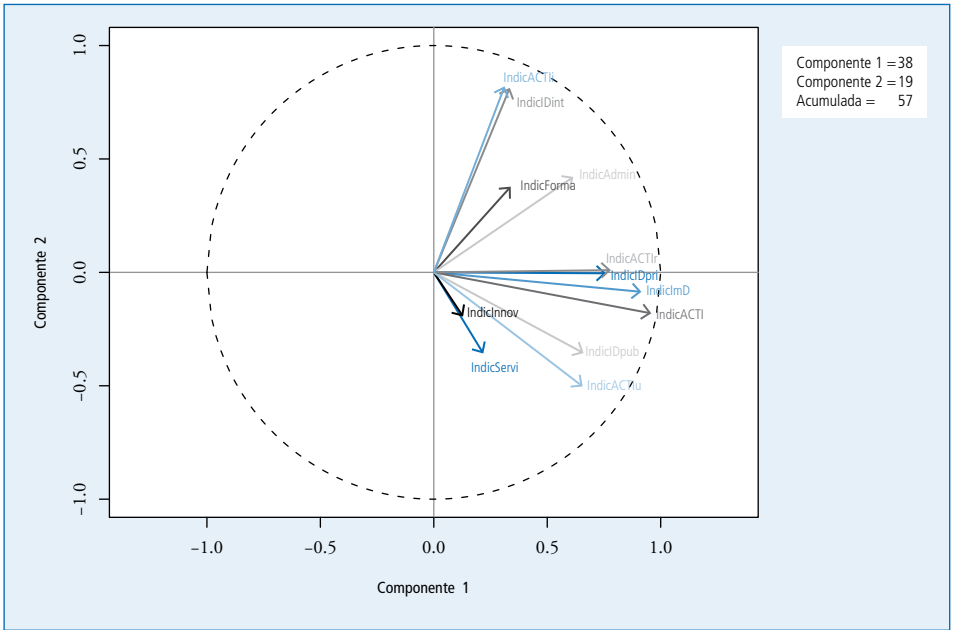
Siguiendo la misma lógica enunciada en los análisis previos realizamos un ACP con las variables de producción. En la gráfica 5.14 se presentan las variables originales proyectadas sobre el primer plano factorial resultante de este análisis. Como se observa, los indicadores de producción bibliográfica y de formación registran una alta correlación entre sí y con el primer plano factorial, por lo tanto este eje será considerado como un indicador de la producción de los centros en estas dos actividades.

Gráfica 5.12. Primer plano factorial de las variables de capacidades



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Gráfica 5.13. Primer plano factorial de las variables de inversión

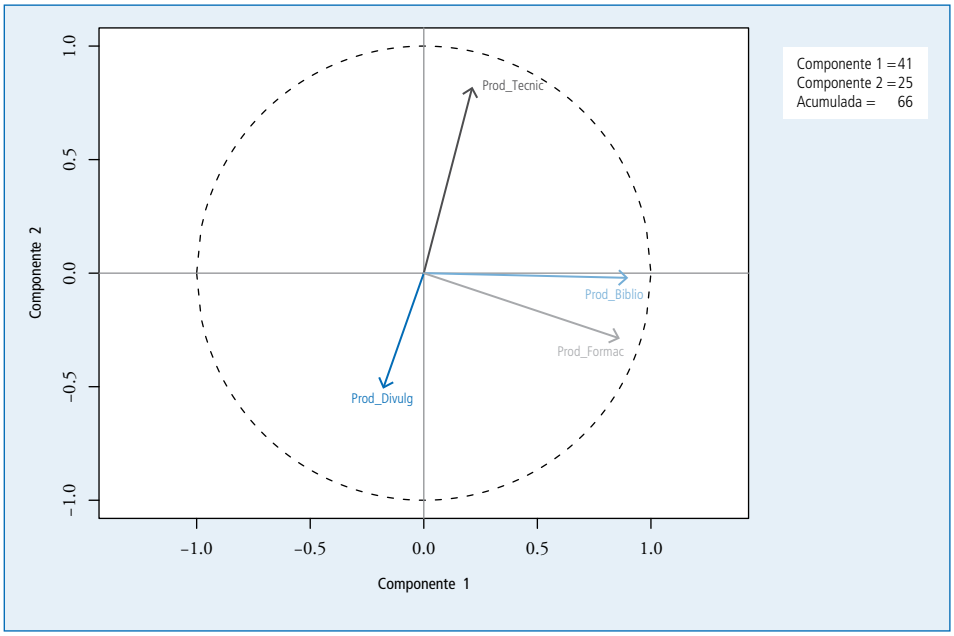


Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Para posteriores análisis, el indicador se conservará con el nombre de *ProduBibFo*. El segundo factor está relacionado principalmente con el indicador de producción técnica y se conservará con el nombre de *ProduTecni*.

Posteriormente, calculamos los promedios de cada uno de los seis indicadores mencionados, agrupándolos por área de la ciencia.[14] La tabla 5.3 presenta los resultados de estos promedios.

Gráfica 5.14. Primer plano factorial de las variables de producción



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Tabla 5.3. Promedio de los indicadores, según área de la ciencia

Área de la ciencia	N	Antigüedad	CapacTaman	CapacForma	GastoTaman	GatoInter	ProduBibFo	ProduTecni
Ciencias naturales y exactas	11	17,273	0,301	0,680	0,324	0,364	0,246	0,363
Ingeniería y tecnología	22	11,864	0,180	0,618	0,092	0,352	0,131	0,354
Ciencioas médicas y de la salud	8	24,375	0,206	0,686	0,175	0,364	0,266	0,437
Ciencias agrícolas	8	16,750	0,291	0,515	0,328	0,285	0,187	0,366
Ciencias sociales y humanidades	15	18,867	0,164	0,649	0,148	0,450	0,203	0,350
Global	64	16,609	0,214	0,632	0,185	0,370	0,192	0,367

Fuente y cálculos: OCyT, 2012

14 Es importante aclarar que si bien los indicadores construidos mediante ACP se miden en unidades abstractas, pueden considerarse en escala de intervalo, esto significa que las distancias entre ellas tienen sentido, además tienen orden, lo que permite hacer comparaciones entre los valores que toman los centros o, particularmente, los promedios según cada área de la ciencia.

Los resultados presentados en la tabla 5.3 y los comentarios a continuación se refieren al promedio de los centros dentro de cada área de la ciencia. Con el fin de hacer más cómoda la lectura, se omitirá deliberadamente la expresión *en promedio*.

- En la primera columna se indica el área de la ciencia a la cual hará referencia la información de la fila.

- La columna *N* indica el número de centros que inscriben sus actividades en cada área.

- La columna *Antigüedad* indica el tiempo de vida, en años, de los centros en cada área. Los centros cuyas actividades se inscriben dentro de las ciencias médicas tienen una antigüedad mayor que los demás, mientras que los centros de ingeniería son los de formación más reciente.

- La columna *CapacTaman* corresponde al indicador de recurso humano. Los centros de ciencias naturales y agrícolas presentan mayores valores en estas capacidades que los demás.

- La columna *CapacForma* indica el nivel de formación de los integrantes de los centros. Los centros de ciencias naturales y médicas muestran una mayor tendencia a contar con integrantes con altos niveles de formación, mientras que los de ciencias agrícolas tienen los niveles más bajos.

- La columna *GastoTaman* muestra el tamaño de la inversión. Las áreas con mayores niveles de inversión son ciencias naturales y agrícolas, mientras que ingeniería tiene los menores valores.

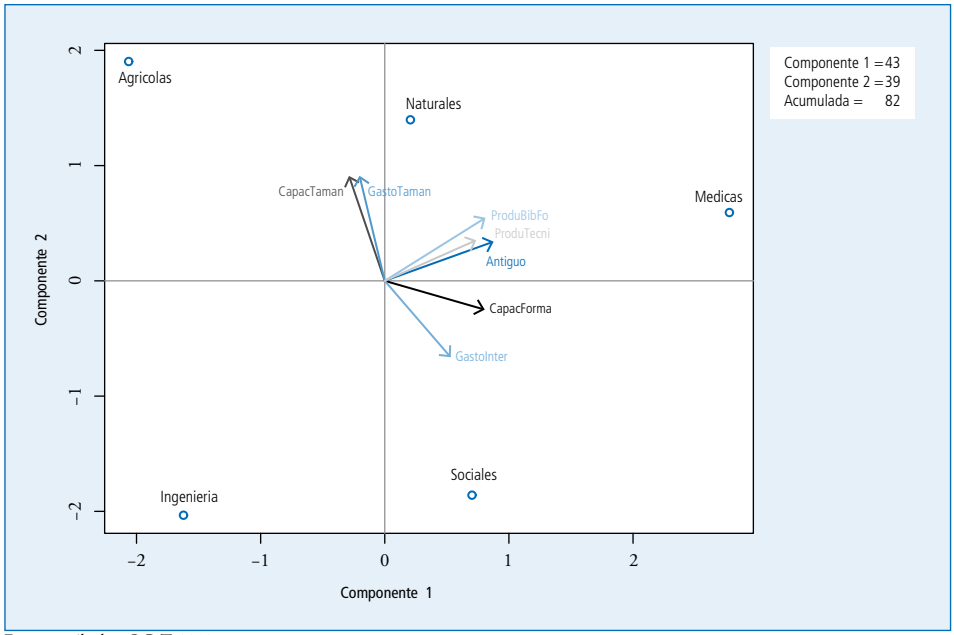
- La columna *GastoInter* presenta el financiamiento por fuentes internacionales. Los centros en ciencias sociales son los que cuentan con mayor financiamiento de este tipo.

- La columna *ProduBibFo* corresponde al indicador de producción bibliográfica y de formación. Los centros de ciencias naturales y médicas son los que tienen una mayor producción en estas tipologías, mientras que los de ingeniería presentan los niveles más bajos.

- La columna *ProduTecni* indica la producción técnica. En este, los centros de ciencias médicas registran los mayores valores.

Finalmente, a partir de la información de la tabla 5.3 se llevó a cabo un ACP considerando las áreas de la ciencia como individuos. La gráfica 5.15 corresponde al primer plano factorial obtenido y permite hacer múltiples análisis.

Gráfica 5.15. Áreas de la ciencia según recurso humano, producción y capacidades. Primer plano factorial



Fuente y cálculos: OCyT, 2012

Como se observa, el primer factor está relacionado principalmente con la antigüedad de los centros y su producción, tanto bibliográfica como de formación y técnica; en menor medida con el indicador de formación del recurso humano, cuyo resultado puede explicarse por el carácter acumulativo de las capacidades. El segundo factor está relacionado con los dos indicadores de tamaño (inversión y capacidades). El indicador de financiación internacional e inversión en ciencias sociales se encuentra en un punto intermedio entre los dos ejes. A continuación se describen los principales resultados que se obtienen de la gráfica 5.15 y la tabla 5.3.

1. Los centros que inscriben sus actividades en ciencias naturales y exactas se caracterizan por:

   - Tener una antigüedad, en años, muy cercana al promedio.
   - Ser los más grandes en cuanto a capacidades, y los segundos con mejor formación.
   - Ser, después de los centros de ciencias agrícolas, los que más invierten en ACTI e I+D y tener una financiación internacional muy cercana al promedio.
   - Estar, en cuanto a su producción, entre los primeros en producción bibliográfica y de formación, mientras que su producción técnica está muy cercana al promedio.

2. Los centros de ingeniería y tecnología tienen la siguientes características:

   - Son los más "jóvenes" (en promedio tienen menos de 12 años), pero también los más numerosos (22 centros de la muestra de 64).

   - En cuanto a sus capacidades, son los segundos más pequeños y su formación está muy cerca al promedio.

   - Son los que menor inversión tienen en ACTI e I+D y su financiación internacional es muy cercana al promedio.

   - Su producción bibliográfica y de formación es la menor y una de las dos más bajas en producción técnica.

3. Sobre los centros de ciencias médicas y de la salud se puede decir que:

   - En lo que tiene que ver con sus capacidades, el tamaño está en el promedio, pero su formación es la más alta de la muestra.

   - La inversión en ACTI e I+D así como la financiación internacional está muy cercana al promedio.

   - Muestran la mayor producción bibliográfica y técnica.

   - Son los más antiguos y, posiblemente, como consecuencia de esto tienen características que los muestra como centros "maduros": alta producción y personal con altos niveles de formación, a pesar de no contar con los mayores niveles de inversión o el personal más numeroso.

4. Los centros de ciencias agrícolas se caracterizan por:

   - Estar cerca del promedio de la muestra en cuanto a su antigüedad.

   - Ser, junto con los de ciencias naturales y exactas, los más grandes en capacidades, pero los niveles de formación de su personal son los más bajos.

   - Tener la mayor inversión en ACTI e I+D de toda la muestra aunque su financiación internacional es la menor.

     - Estar ubicados justo en el promedio en cuanto a su producción bibliográfica y técnica.

5. Los centros cuyas actividades están inscritas en ciencias sociales y humanidades presentan las siguientes características generales:

- Tienen una edad superior en dos años frente al promedio de los centros de la muestra.

- Son los más pequeños en sus capacidades, sin embargo su formación se ubica ligeramente por encima del promedio de los centros.

- Tienen una de las menores inversiones en ACTI e I+D, a pesar de ser los que tienen mayor financiación internacional para desarrollar estas actividades.

- Su producción bibliográfica se ubica casi en el promedio de todos los centros, mientras que su producción técnica es la menor de la muestra.

5.4.3.1. Comparaciones entre áreas de la ciencia

Con la anterior información podemos establecer algunas comparaciones entre los comportamientos de los centros de las diferentes áreas de la ciencia, haciendo especial énfasis en insumos (capacidades e inversión) y productos (producción bibliográfica, de formación y técnica).

- Los centros de ciencias naturales y exactas y los de ciencias sociales y humanidades se asemejan en cuanto a su antigüedad, el nivel de formación del personal de I+D y su producción (técnica y bibliográfica); difieren ampliamente en el tamaño de sus capacidades y de su inversión. En general, podemos decir que para lograr un nivel de producción similar, los centros de ciencias naturales y exactas necesitan hacer un esfuerzo casi dos veces mayor en cuanto al recurso humano e inversión, con respecto a los centros de ciencias sociales y humanidades.

- Entre los centros de ciencias agrícolas e ingeniería y tecnología sucede algo parecido. Manteniendo una producción bibliográfica y técnica similar, los esfuerzos en inversión que deben hacer los centros de ciencias agrícolas son más de tres veces los de ingeniería y tecnología. Hay que tener en cuenta que estos últimos son los más jóvenes, los que menos invierten, así como los que menos producen, y aunque se esperaría de ellos una producción técnica importante, apenas superan a los de ciencias sociales y humanidades, sin embargo tienen una importante producción de divulgación.

- Los centros de ciencias médicas y de la salud parecieran ser los más "eficientes". Si bien son los que tienen una mayor producción técnica y bibliográfica, están en el promedio en el tamaño de sus capacidades (menor que los de ciencias naturales y agrícolas) y en los niveles de inversión. Además del tipo de investigación que realizan, es importante tener en cuenta que son los centros más antiguos, por lo que se podría asumir, también, que son los más maduros.

5.5. Conclusiones de los análisis

Haber contado con diferentes fuentes de información, aunque implicó un proceso complejo y dispendioso, posibilitó, utilizando diversas clases de herramientas, la homogeneización e integración de datos, aunque para realizar estudios de este tipo, sin duda, deben ser complementados con estudios de caso en profundidad. La información de ScienTI y de los proyectos *Cálculo de la inversión en ACTI* y *Caracterización de los CAIDT* fue insumo fundamental para comprender el comportamiento de los CAIDT desde las áreas de la ciencia y la tecnología.

El grupo de 64 centros analizados no corresponde a una muestra probabilística de la población, razón por la cual no se pueden generalizar los comportamientos aquí descritos al resto de centros del país, sin embargo, sí fue posible identificar algunas de sus principales características, que usualmente no son visibles en los diversos estudios realizados sobre el SNCTI. Por ejemplo, al revisar los indicadores correspondientes a formación de investigadores se evidenció que esta se encuentra en un alto porcentaje concentrada en las IES, y que los resultados de datos nacionales le restan visibilidad en este aspecto a otro tipo de instituciones, como por ejemplo, los centros de investigación y desarrollo.

Como resultado del análisis podemos presentar, a grandes rasgos, las condiciones más relevantes de un grupo de 64 centros, teniendo en cuenta como principal elemento diferenciador las áreas de la ciencia en las cuales inscriben sus actividades. Las conclusiones que presentamos a continuación complementan los hallazgos descritos en la sección 4 del presente capítulo.

- Guardando relación con los demás indicadores que anualmente ha producido el OCyT y con las cifras a nivel nacional, la concentración o distribución del mayor número de centros de este tipo se da en tres entidades territoriales principalmente: Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca.

- Si bien es cierto que por la forma en que son constituidos, usualmente los centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico son analizados como unidades estándar con características homogéneas, el objetivo de este capítulo era mostrar que existen diferencias en su comportamiento, y que una de las variables que permite caracterizar estas diferencias es el área de la ciencia en la que se inscribe cada centro.

- De acuerdo con los indicadores calculados por el OCyT para el 2010, existe una diferencia en la distribución de los indicadores de formación del recurso humano de los centros con respecto al total nacional. Mientras que a nivel nacional el 30% de los investigadores reportaron como último título alcanzado el pregrado universitario, en los centros esta cifra corresponde al 65%; a nivel de maestría un 43% frente a 26%, y con doctorado un 24% frente a un 9% respectivamente. Estos datos nos muestran que los niveles de formación en los centros son más bajos comparados con el promedio nacional, lo que puede indicar que tienen mayor dificultad para contratar y retener personal altamente calificado.

- En cuanto a formación del recurso humano, los centros pertenecientes a ciencias naturales y exactas, ciencias médicas y de la salud, y ciencias sociales y humanidades muestran niveles más altos de formación en su personal de I+D, adicionalmente, en estas áreas se encuentran los centros con mayor antigüedad. Así podemos concluir que los centros con mayor grado de "madurez" presentan los niveles de formación más altos.

- Respecto a la producción bibliográfica y técnica es claro que los centros inscritos en las áreas de ciencias naturales y exactas deben duplicar la inversión en I+D frente a la realizada por los centros de ciencias sociales. Con lo anterior podríamos afirmar que producir un artículo de investigación en ciencias sociales y humanidades "cuesta" cerca de la mitad de lo que vale uno de ciencias naturales y exactas; para ciencias agrícolas la relación es de 3 a 1 con respecto a ingeniería y tecnología.

- La investigación en ciencias médicas y de la salud muestra el mayor grado de eficiencia, a juzgar por las más altas producciones bibliográficas y técnicas de los centros analizados, a pesar de que su inversión en I+D está ligeramente por debajo del promedio de todas las áreas.

En general, los CAIDT colombianos son muy jóvenes (menos de 25 años de antigüedad) y pequeños, por eso es difícil que se comporten como instituciones consolidadas. De hecho, 48 de los 64 centros de la muestra (el 75%) iniciaron sus actividades después del año 1990. Si los comparamos, por ejemplo, con Cenicafé, centro que no entró en el estudio por no ser autónomo (depende de la Federación Nacional de Cafeteros), vemos que este inició sus actividades en 1938 (hace 75 años), lo cual le permite contar con agendas de investigación y recursos humanos estables y sólidos.

Este estudio presenta unos rasgos generales de los centros por área de la ciencia. Sin embargo, se debe tener en cuenta que estos son muy diferentes entre ellos, incluso entre centros de una misma área. Por eso es muy importante complementar este tipo de análisis con estudios sectoriales de caso, de manera que se pueda revisar su comportamiento con mayor detalle y en interacción con las instituciones. Específicamente, sería interesante hacer un estudio sobre los centros de investigación y desarrollo tecnológico del sector agropecuario (CENI), instituciones con características particulares, en razón de que nacen como iniciativa de los diversos gremios de la producción agropecuaria (el primero de ellos fue Cenicafé) y se caracterizan por el carácter mixto de sus recursos de financiamiento: de una parte, recursos privados de los gremios y, de otra, dineros públicos representados, por ejemplo, en recursos parafiscales. Actualmente existen este tipo de instituciones en los sectores agroforestal, banano, café, camarón de cultivo, caña de azúcar, flores y papa.

Este tipo de análisis se constituye en insumo importante para los formuladores de política, por cuanto les permite conocer en detalle los rasgos esenciales de esta clase de centros, crear mecanismos e instrumentos ajustados a sus condiciones, y

por esa vía propiciar el mayor desarrollo y consolidación de estas instituciones como agentes importantes del SNCTI.

Referencias

Arnold, E., Brown, N., Eriksson, A., Jansson, T., Muscio, A., Nählinder, J. & Zaman, R. (2007). *The role of industrial research institutes in the national innovation system.* Estocolmo: VINNOVA - Swedish Governmental Agency for Innovation Systems.

Auteri, M. & Wagner, R. (2007). The organizational architecture of nonprofit governance: economic calculation within an ecology of enterprises. *Public Organization Review, 7*(1), 57 - 68.

Colciencias. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2008). *Colombia construye y siembra futuro. Política nacional de fomento a la investigación y la innovación.* Bogotá: Colciencias.

Cruz-Castro, L., Sanz-Menéndez, L. & Martínez, C. (2008). *Research Centers in transition: meeting new paradigms.* [Documento presentado en Europe-Latin America Conference on Science and Innovation Policy]. Jornada PRIME. México, septiembre de 2008.

De Andres, A., Cruz, N. & Romero, M. (2006). The governance of nonprofit organizations: Empirical evidence from nongovernmental development organizations in Spain. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly, 35*(4), 588.

Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from national systems and mode 2 to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy, 29*(2), 109 - 123.

Gibbons, M., Limoges, C., Noworny, H., Schwartzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage Publications.

Guston, D. (2000). *Between politics and science: Assuring the integrity and productivity of research*. Cambridge: Cambridge University Press.

Leydesdorff, L. (2000). The Triple Helix: An Evolutionary Model of Innovation. *Research Policy, 29*(2), 243 - 255.

Martin, B. R. (2003). The changing social contract for science and the evolution of the university. En Geuna A., Salter A. & Steinmueller E. (Eds.). *Science and innovation: rethinking the rationales for funding and governance*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Inc.

Mondrego-Rico, A., Barge-Gil, A. & Núñez-Sánchez, R. (2005). Developing indicators to measure technology institutes' performance. *Research Evaluation*, 14(2), 177 - 184.

Nelson, R. & Rosenberg, N. (1993). Technical innovation and national systems. En Nelson, R. (Ed.), *National innovation systems: A comparative analysis.* New York, Oxford: Oxford University Press.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2010a). *Resumen ejecutivo. Proyecto Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico.* [Documento de trabajo]. Bogotá D. C.: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2010b). *Segundo informe del proyecto Diseño y aplicación de una metodología para la caracterización de centros autónomos de investigación y desarrollo tecnológico. Marco conceptual y metodológico.* [Documento de trabajo]. Bogotá D. C.: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2011). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2011*. Bogotá D. C.: OCyT.

Pardo, C. E. & Del Campo, P. C. (2007). Combinación de métodos factoriales y de análisis de conglomerados en R: el paquete FactoClass. *Revista Colombiana de Estadística,* 30(2): 235 - 245.

R Development Core Team. (2011). *R: A language and environment for statistical computing. Reference Index.* Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: http://www.R-project.org/.

Rico, M. del P. (2009). *La política tecnológica y sus efectos sobre el cambio de las organizaciones de I+D: el caso de los centros tecnológicos del País Vasco (1980 - 1999).* Memorias para optar por el grado de doctor, Universidad Complutense de Madrid.

Salazar, M. (2006). *Estudio para el diseño de una metodología para el cálculo del gasto público en ciencia, tecnología e innovación.* Bogotá D. C.: Ministerio de Hacienda, Departamento Nacional de Planeación. Disponible en: http://ocyt.org.co/html/archivosProyectos/MetododlogiaParaInvACTI_MS.pdf

Anexo 5.1. Listado de centros analizados

Área de la ciencia	Nombre del CAIDT
Ciencias naturales y exactas	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - CENICAÑA
	Centro de Investigación y Desarrollo en Biotecnología - CIDBIO
	Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas - CIDEIM
	Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico Piscícola Surcolombiano - ACUAPEZ
	Corporación Centro de Investigación Carbono & Bosques - C&B
	Corporación Geológica ARES - CGARES
	Fundación Natura Colombia
	Fundación Squalus
	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI
	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR
Ingeniería y tecnología	Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas - CDT DE GAS
	Centro de Desarrollo Tecnológico Fundación Esicenter Sinertic Andino - SINERTIC
	Centro de Desarrollo Tecnológico para la Competitividad de la Industria de la Comunicación Gráfica - CIGRAF
	Centro de Desarrollo Tecnológico para las Industrias del Calzado, Cuero y Afines - CEINNOVA
	Centro de Investigación en Ciencias y Recursos GeoAgroAmbientales - CENIGAA
	Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Electro, Electrónica e Informática - CIDEI
	Centro de Investigaciones de las Telecomunicaciones - CINTEL
	Centro de la Investigación y Desarrollo para la Industria de la Construcción - CIDICO
	Centro Internacional de Física - CIF
	Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales - CNPMLTA
	Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca - CREPIC
	Centro Regional de Productividad y Desarrollo Tecnológico del Tolima - CRP
	Corporación Centro de Investigación en Sistemas de Información Geográfica - OIKOS SIG
	Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico - CIDET
	Corporación Centro Tecnológico de la Industria Metalúrgica Eco-Eficiente - CTF-IME - CORPOECO
	Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia - CORPODIB
	Corporación para la Investigación de la Corrosión - CIC
	Corporación para la Investigación y Desarrollo en Asfaltos en el Sector Transporte e Industrial - CORASFALTOS
	Fundación Centro de Investigación en Modelación Empresarial del Caribe - FCIMEC
	Fundación Centro Tecnológico de la Información y las Comunicaciones B & M
	Fundación para la Ciencia y la Agroindustria Tropical - TROPILOGIA
	Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho - ICIPC
Ciencias médicas y de la salud	Centro de la Ciencia y la Investigación Farmacéutica - CECIF
	Corporación Corpogen
	Corporación para Investigaciones Biológicas - CIB
	Fundación Canguro
	Fundación Cardiovascular de Colombia
	Fundación para la Educación Superior - FUNDACION FES SOCIAL
	Fundación para la Investigación y el Desarrollo de la Salud y la Seguridad Social - FEDESALUD
	Instituto Colombiano de Medicina Tropical - ICMT Antonio Roldán Betancur
Ciencias agrícolas	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Innovación del Departamento del Cesar - CDT CESAR
	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria - CIPAV
	Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia - CENIACUA
	Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite - CENIPALMA
	Corporación Centro de Investigación para la Gestión Tecnológica de Passiflora del Departamento del Huila - CEPASS HUILA
	Corporación Colombia Internacional - CCI
	Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF
	Corporación para el Desarrollo de la Biotecnología - Corporación BIOTEC

Área de la ciencia	Nombre del CAIDT
Ciencias sociales y humanidades	Centro de Estudios de Economía Sistemática - ECSIM
	Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales - CRECE
	Centro de Investigación y Educación Popular - CINEP
	Centro Regional de Gestión para la Productividad y la Innovación de Boyacá - CREPIB
	Corporación Observatorio del Caribe Colombiano - OCARIBE
	Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia - CINSET
	Corporación Parque Explora
	Corporación Región
	Fundación AFFIC - Ciencias Forenses al Servicio de la Justicia y los Derechos Humanos
	Fundación Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano - CINDE
	Fundación ERIGAIE
	Fundación País del Conocimiento
	Fundación para el Desarrollo del Caribe - FUNDESARROLLO
	Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo - FEDESARROLLO
	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jonh von Neuman - IIAP

Anexo 5.2. Listado inicial de variables

Fuente	Variable	Observaciones
GrupLAC	Grupos activos en GrupLAC	Desglosado por años (2006 a 2010)
Proyecto de medicion de la inversión en ACTI	Inversión en I+D	Desglosado por años (2006 a 2010)
	Inversión en formación	
	Inversión en servicios	
	Inversión en administración	
	Inversión en innovación	
	Inversión en ciencias naturales	
	Inversión en ingeniería	
	Inversión en ciencias médicas	
	Inversión en ciencias agrícolas	
	Inversión en ciencias sociales y humanidades	
	Monto de I+D financiado mediante recursos públicos	
	Monto de I+D financiado mediante recursos privados	
	Monto de I+D financiado mediante recursos internacionales	
	Inversión en ACTI	
	Monto de ACTI financiado mediante recursos públicos	
	Monto de ACTI financiado mediante recursos privados	
	Monto de ACTI financiado mediante recursos internacionales	
Proyecto de caracterización de CAIDT	Personal en I+D	Desglosado por sexo y nivel de formación
	Personal en I+D diferente a I+D	#
	Año de inicio de actividades	Año
	Objetivo socioeconómico	Desglosado por los once OSE
	Campo de la ciencia	Desglosado por la seis grandes áreas
	Oferta científico-tecnológica	Desglosado por: Investigación básica, aplicada y desarrollo experimental; capacitación y entrenemiento; asistencia técnica; certificvación y estándares; servicios de laboratorio; consultoría; prospectiva y vigilancia tecnológica; servicios de consulta de información; otras actividades científicas
	Número de proyectos de I+D en los últimos tres años	#
	El centro tiene grupos de investigación	s/n
	Número de grupos de investigación del centro	#
	Identificador	#

Proyecto de caracterización de CAIDT	Nombre	texto
	Sigla	texto
	Departamento	depto
	Libros de investigación o técnicos	#
	Artículos publicados en revistas científicas	#
	Capítulos en libros de investigación o técnicos	#
	Revistas o publicaciones periódicas editadas por el centro	#
	Informes de investigación o técnicos	#
	Textos en publicaciones no científicas	#
	Trabajos en eventos (capítulos de memoria)	#
	Documento de trabajo (Working paper)	#
	Libros editados	#
	Producto tecnológico patentado o registrado	#
	Registros de signos distintivos	#
	Normas ... basadas en resultados de investigación	#
	Diseño industrial registrado o protegido por secreto industrial	#
	Spin off	#
	Desarrollo de prototipos registrados o patentados	#
	Diseño Industrial no registrado o protegido por secreto industrial	#
	Productos o procesos de software o multimedia registrados	#
	Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables…	#
	Base de datos de referencia para investigación	#
	Desarrollo de plantas piloto no patentadas o registradas	#
	Desarrollo de prototipos no registrados o patentados	#
	Productos o procesos de software o multimedia no registrados	#
	Solicitudes de registro de esquemas de circuitos	#
	Servicios técnicos	#
	Cartillas	#
	Libros de texto	#
	Ponencias o posters en eventos científicos o tecnológicos	#
	Revistas de difusión	#
	Servicios de consultoría	#
	Cursos de capacitación en técnicas científicas o tecnológicas	#
	Cursos de entrenamiento conducentes a certificación	#
	Eventos científicos o tecnológicos organizados	#
	Programas de doctorado apoyados en los cuales participa el centro	#
	Tesis de doctorado dirigidas o realizadas al interior del centro	#
	Programas de maestría apoyados en los cuales participa el centro	#
	Programas de maestría apoyados para su creación	#
	Tesis de maestría dirigidas o realizadas al interior del centro	#
	Trabajos de grado dirigidos o realizadas al interior del centro	#

Capítulo 6

Estudio comparativo de los resultados de las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) en la industria manufacturera de Colombia desde una perspectiva sectorial

Diana Lucio-Arias[*], Erika Sánchez[†],
Henry Mora[‡] y Nelson Fabián Villarreal[§]

Resumen

En este capítulo presentamos una desagregación sectorial a los resultados de las últimas cuatro Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) llevadas a cabo en el país. Para esto tomamos sector como el conjunto de actividades productivas cuyos resultados pueden ser agrupados de acuerdo con sus características, a patrones de demanda similares y a unos conocimientos básicos comunes en estas actividades. Siguiendo esta definición, y respetando las restricciones en algunos resultados de las encuestas, proponemos doce sectores industriales manufactureros para presentar algunos indicadores de tipología de empresas, inversión en actividades conducentes a la innovación, personal ocupado y resultados de innovación. Hasta donde nos fue posible, utilizamos los resultados de las cuatro EDIT para proporcionar una mirada longitudinal de los resultados de estas a través de indicadores comparables para el período 2003 - 2010. La desagregación sectorial de los indicadores que presentamos busca evidenciar el papel de la actividad económica como determinante del comportamiento innovador de las empresas.

Palabras clave: Innovación, Colombia, encuestas de innovación, sectores industriales.

Abstract

In this chapter we propose to use the results of the last four innovation surveys carried out in the country to unveil some differences between the innovation behavior of Colombian manufacturing firms according to the economic sector to

[*] Investigadora en áreas de bibliometría e innovación, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. dlucio@ocyt.org.co
[†] Estudiante de la maestría en Economía de la Industria y la Tecnología de la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), Brasil. Joven investigadora asociada al área de innovación del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología 2011 - 2012. [redacted]
[‡] Investigador del área de innovación, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. hmora@ocyt.org.co
[§] Líder del área de innovación, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. nvillareal@ocyt.org.co

which they belong. We use sector as a set of activities which can be unified by some common characteristics of their output, similarity in their demand patterns and sharing of some basic knowledge. According to this definition and some restrictions in the degree of aggregation of some of the results of the innovation surveys carried out in the country, we propose twelve industrial sectors to present indicators regarding the type of firms, their expenditures in innovation leading activities, employees and innovation results. As far as we were able to, we used the results of the four innovation surveys to be able to provide a longitudinal perspective on their results based in comparable indicators for 2003 - 2010. The importance of the economic activity, as one of the determinants of the innovative behavior of firms, justifies the disaggregation of the indicators in the proposed sectors.

Keywords: Innovation, industrial sectors, innovation surveys

Introducción

La implementación de una cultura abierta a la innovación, no solo en las empresas sino en general al interior del país, sus instituciones académicas, sus entidades públicas y los servicios que prestan a los ciudadanos (Mora & Lucio-Arias, 2013) se ha vuelto una prioridad de política en Colombia. Esto responde al argumento, ya axiomático, de que la innovación es el principal motor de crecimiento económico de largo plazo y la única fuente de generación de ventajas competitivas genuinas, sustentables y acumulativas en el tiempo (Fajnzylber, 1988; Ocampo, 1991; Sutcliffe, 1995; en Jaramillo, Lugones & Salazar, 2001).

La realización de procesos sistemáticos de medición de la innovación atiende al efecto potencializador de esta y a la necesidad de tener insumos claros que permitan orientar las políticas a las necesidades específicas de las empresas. Por ejemplo, se ha encontrado que las innovaciones de producto pueden crear nuevas fuentes de demanda, las cuales a su vez derivan en el aumento de economías de escala y, por ende, en mejoras de productividad; las innovaciones de proceso tienen un efecto directo sobre la productividad a través de la reducción de los costos de los insumos, y un efecto indirecto que se deriva de la disminución de precios por incremento de la demanda, lo cual genera economías de escala. Más recientemente se han encontrado también consecuencias positivas en el desempeño económico de las empresas que emprenden innovaciones organizacionales y de comercialización (Evangelista & Vezzani, 2010).

Sin embargo, caracterizar los procesos conducentes a la innovación es una tarea compleja ya que estos no solo involucran la interacción de un sinnúmero de elementos, sino que también son bastante heterogéneos; están determinados por ciertas condiciones contextuales, como el tamaño de la empresa, su actividad productiva, su grado de internacionalización, el ecosistema que la rodea, entre otras; y son esencialmente dinámicos: el conocimiento, las invenciones y las innovaciones de hoy son posibles gracias a aquellas creadas en el pasado (Hall & Rosenberg, 2010, p. 3). El Manual de Oslo —que se ha convertido en la guía metodológica y conceptual para la recolección e interpretación de datos sobre innovación—, reconoce que en este continuo proceso de cambio de los productos, los procesos o la captación y asimilación de nuevos conocimientos por parte de las empresas se dificulta la medición de la innovación (OCDE, 2005, p. 21). De ahí que la construcción de capacidades que propicien la innovación tome tiempo al interior de las empresas y, además, requiera la combinación de una serie de elementos, tanto a nivel macro como micro, que propicien su consolidación.

Adicional a esta dificultad, el diseño, implementación, seguimiento y evaluación de instrumentos para la promoción de la innovación requiere de esfuerzos permanentes de actualización de información y de análisis, si se quiere monitorear el clima de innovación en el país y su impacto. Disponer de resultados de ejercicios de medición de la innovación, así como de los análisis de estos desde distintas perspectivas y disciplinas, permitirá unas políticas orientadas hacia los objetivos propuestos y diseñadas en orden a las características y condiciones específicas de las distintas

empresas del país. Los primeros ejercicios de medición de la innovación en el mundo datan de 1980, sin embargo, la medición sistemática y periódica se inició solo después de que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) publicara la primera guía para la recolección e interpretación de datos sobre innovación en 1992 (Godin, 2002).

6.1. Medición de la innovación

Las orientaciones para la recolección e interpretación de datos sobre innovación tecnológica de producto y de proceso (TPP) contenidas en el *Manual de Oslo*, se publicaron por primera vez en 1992. En 1997 se produjo la segunda edición de este manual, en la que se incluyeron algunas consideraciones sobre la innovación en el sector servicios. En el año 2001 entró en circulación el Manual para la normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe, denominado *Manual de Bogotá,* el cual, respetando la base conceptual y metodológica del *Manual de Oslo,* buscaba reconocer las especificidades de los procesos de innovación llevados a cabo por firmas en la región (Jaramillo, Lugones & Salazar, 2001). El Manual de Bogotá se alimentó de las primeras experiencias en materia de recolección de información sobre innovación y buscó, bajo un marco común, posibilitar herramientas para la comparación regional de los procesos de innovación. La tercera edición del *Manual de Oslo*, publicada en el año 2005, recoge algunas de las recomendaciones incluidas en el *Manual de Bogotá.*

Tanto el *Manual de Oslo* como su aplicación al contexto de América Latina y el Caribe —el *Manual de Bogotá*—, se centran en el sujeto de la innovación, es decir, se caracterizan por enfatizar en los esfuerzos de las empresas en esta materia, identificando los elementos que determinan el comportamiento innovador mediante cuestionarios que incluyen preguntas sobre las actividades que realizan, los obstáculos que encuentran y los resultados que obtienen. Al tener la firma como unidad básica de análisis, este enfoque pretende proveer una visión de las capacidades de innovación de las empresas de un país o de una región y por esta razón privilegia el uso de muestras representativas, usualmente por sector y tamaño, para la recolección de información (OCDE, 2005, p. 30).

Godin (2002) argumenta que la preferencia por el enfoque de sujeto en las encuestas de innovación obedece a una evolución de las encuestas de I+D que ya se estaban llevando a cabo en muchos de los países de la OCDE, y un reconocimiento de que existían otras variables que podrían también incidir en la obtención de innovaciones en la empresa. Un enfoque de objeto, por otro lado, resalta el resultado mismo de la innovación y recoge información sobre este. Algunas razones por las que el enfoque de objeto no recibió la misma difusión que el de sujeto fueron: la dificultad de diseñar indicadores que permitieran medir el desempeño de las innovaciones tecnológicas de forma sistemática, la existencia de muestras limitadas y en ocasiones sesgadas que impedían obtener información útil para la formulación de

política pública y problemas, tanto para identificar el país de origen de la innovación como para evaluar la importancia relativa de esta (Godin, 2002).

A la fecha existen ciertos ejercicios importantes y puntuales que utilizan el enfoque de objeto, sin embargo, la dificultad de establecer prácticas de recolección sistematizadas y de aplicar los resultados en el diseño de políticas de estímulo a la innovación han favorecido la adopción del enfoque sujeto como alternativa de medición periódica de la innovación. Los países de Escandinavia, finalizando la década de los 80, fueron los primeros en realizar un trabajo regional de recolección de información con este enfoque, esfuerzo que fue capitalizado por la Unión Europea quien, a través de la Encuesta de la Comunidad sobre la Innovación (CIS por su nombre en inglés), ha institucionalizado este tipo de iniciativas (Godin, 2002). En América Latina, la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICyT) ha jugado un papel importante en socializar la necesidad de esta clase de mediciones, y son varios los países de la región que la aplican en forma periódica.

Además de mantener un enfoque de sujeto, las encuestas de innovación tienen una tradición Schumpeteriana (Schumpeter, 1942; 1947). En los posibles resultados de innovación indagados en la encuesta se distingue entre cinco diferentes áreas donde se puede dar la novedad: (i) bienes o servicios, (ii) métodos de producción, (iii) apertura de nuevos mercados, (iv) nuevas fuentes de provisión de materias primas y (v) nuevas formas de organización. En un principio, el Manual de Oslo reconocía únicamente "los productos y procesos implementados tecnológicamente nuevos, así como las mejoras tecnológicas de importancia producidas en productos y procesos. Se considera que una innovación tecnológica en productos y procesos (TPP) ha sido implementada si se introdujo en el mercado (innovación de producto) o si fue usada dentro de un proceso de producción (innovación de proceso)" (OCDE, 1997, p. 31). En las primeras encuestas que se realizaron en América Latina se tuvieron en cuenta otro tipo de innovaciones, además de las TPP; esto permitió identificar el peso que tenían aquellas "vinculadas a aspectos administrativos y comerciales" en la región (Jaramillo et al., 2001, p. 17) y, por lo tanto, incluir en el Manual de Bogotá la innovación organizacional y en comercialización.

En el Manual de Bogotá se concluyó que, al limitar la innovación a solo una perspectiva tecnológica, se ignoraban otros elementos importantes de los esfuerzos de innovación realizados por las empresas, como son la adopción o reorganización de rutinas y prácticas empresariales, el establecimiento de relaciones externas o actividades novedosas relacionadas con la comercialización. Considerar también la innovación organizacional y de comercialización es más acorde con las cinco áreas de novedad que había contemplado Schumpeter cuando definió la innovación. La última versión del Manual de Oslo incluye una definición más amplia de la innovación, en donde esta 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, p. 56).

Como mencionamos anteriormente, las innovaciones TPP se refieren a la introducción de productos o procesos nuevos o mejorados significativamente. Una innovación de producto puede ser el resultado de dos actividades: la implementación en el mercado de un producto nuevo, cuyas características y uso específico difieren con respecto a otros bienes elaborados previamente o la implementación de un producto significativamente mejorado, que hace alusión a la modificación o mejoramiento del desempeño de un bien ya existente. Una innovación de proceso es la introducción de un nuevo o mejorado método de producción y de distribución del producto, cuyo objetivo puede ser producir o entregar productos tecnológicamente nuevos o mejorados (los cuales no pueden ser producidos o entregados usando métodos de producción convencionales) o disminuir los costos unitarios de producción o entrega del producto (OCDE, 2005).

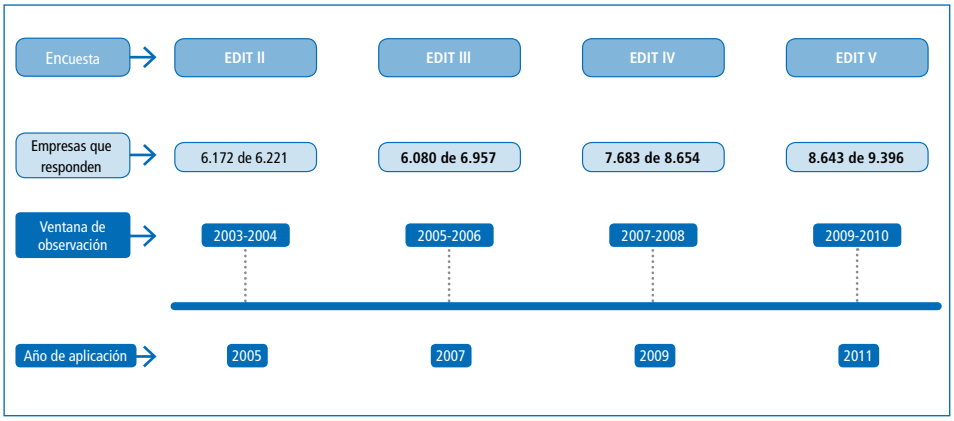
La innovación organizacional es la introducción de un nuevo método organizativo que involucra cambios en la forma, la estructura y la gestión de la empresa; en la administración del proceso productivo e introduce orientaciones estratégicas nuevas o sustancialmente modificadas (Jaramillo, et al., 2001). Este tipo de innovación busca reducir los costos de administración y de transacción de la empresa (OCDE, 2005).

La innovación en comercialización se define como la aplicación de nuevos métodos de entrega y comercialización de un producto o servicio, los cuales involucran cambios sustanciales en su diseño y su embalaje. Estas innovaciones tienen como propósitos principales la apertura de nuevos mercados y el incremento de las ventas de la empresa mediante la presentación diferenciada de sus productos en el mercado (OCDE, 2005).

En el caso específico de Colombia, se han realizado cinco ejercicios de medición de la innovación en el sector de manufactura[1]. La EDIT I, aplicada en 1996, recogió información de una muestra representativa de 885 establecimientos industriales. Para la EDIT II (2005) se cambió la metodología de muestra representativa a censo y la unidad estadística de establecimiento a empresa; se recolectó información sobre actividades de innovación llevadas a cabo en 6.172 empresas. Con estos mismos parámetros y objetivos, el número de empresas se ha venido incrementando al pasar de 6.080 en la EDIT III (2007) a 7.683 en la EDIT IV (2009) y 8.643 en la EDIT V (2011). Además de que las encuestas han tenido un carácter censal, la tasa de respuesta de las últimas cuatro EDIT ha estado consistentemente sobre el 85%. El propósito fundamental de las EDIT en el país ha sido institucionalizarse como instrumento que permita la identificación de factores determinantes del desarrollo tecnológico y la innovación en la industria colombiana, así como establecer una caracterización de su dinámica.

1 En el país se han realizado tres ejercicios similares de recolección de información sobre innovación en el sector servicios.

Gráfica 6.1. Cronología de las encuestas de desarrollo e innovación tecnológica en Colombia



Fuente: Elaboración propia

6.2. Innovación y diferencias sectoriales

Es un hecho ampliamente constatado que los patrones de innovación varían según los sectores productivos de una economía. En la literatura sobre las diferencias en la innovación y el desempeño productivo entre industrias se pueden distinguir dos grandes corrientes: la corriente principal (*mainstream*) y la economía evolutiva (Castellacci, 2007, 2008).

La primera corriente de investigación, fundamentada en los nuevos modelos de crecimiento basados en la innovación, se ha centrado en las diferencias sectoriales y en los efectos directos e indirectos del gasto en I+D y la innovación sobre el crecimiento de la productividad (ver la revisión de Los & Verspagen, 2007). La segunda corriente, sustentada en la economía evolutiva, pone especial énfasis en que los sectores difieren sustancialmente debido a la existencia de características particulares definidas por las oportunidades tecnológicas, las bases de conocimiento, las condiciones de apropiabilidad de la innovación y la acumulación del avance técnico (Dosi, 1988; Malerba, 2002; Nelson & Winter, 1982; Pavitt, 1984). La unión de estas características ha dado lugar a la formulación del concepto de régimen tecnológico, que se puede definir como el entorno tecnológico en el cual toma lugar el aprendizaje y la innovación en cada sector de la economía (Nelson & Winter, 1982). Con base en estos planteamientos, existen estudios empíricos que han demostrado que los regímenes tecnológicos son un fuerte determinante en la explicación de las diferencias en el desempeño productivo de los sectores (Castellacci, 2007; Castellacci & Zheng, 2010; Peneder, 2008).

Varios esfuerzos se han realizado en esta línea, de los cuales se pueden distinguir dos tipos de trabajos: i) los que estudian y comparan los patrones de la innovación y productividad por sectores individualmente (Mairesse, Mohnen, Zhao, &

Zhen, 2012) y, ii) aquellos que intentan evaluar los determinantes de la innovación y la productividad comparando las empresas por grandes sectores, de acuerdo con su intensidad tecnológica, con el fin de establecer diferencias y patrones de comportamiento (Mohnen, Mairesse, & Dagenais, 2006; Ortega-Argilés, Potters & Vivarelli, 2011).

6.3. Metodología

En el presente trabajo utilizamos información de las últimas cuatro encuestas de innovación y desarrollo tecnológico realizadas en Colombia, para construir una serie de indicadores que permitieran comparar los resultados de estos ejercicios. Información básica sobre cada una de estas encuestas como el año de aplicación, la ventana de observación, la tasa de respuesta y el tamaño de la muestra puede verse en la gráfica 6.1. Vale la pena mencionar que la aplicación sistematizada de la encuesta cada dos años ha significado un proceso de aprendizaje, tanto para el encuestado como para el encuestador, traducido en cambios en el instrumento de recolección de información que deben ser tenidos en cuenta para contextualizar los resultados que presentamos a lo largo del capítulo.

En este sentido, la EDIT II y la EDIT III presentan algunas similitudes en la aplicación de un cuestionario matricial con el que se buscaban asociaciones entre los elementos del formulario; este resultó complejo y no agregó valor para el análisis posterior. Información sobre actividades y montos invertidos en estas se encontraba asociada con los tipos y los resultados de la innovación (en proceso, obtenidos o abandonados), con los objetivos del proceso de innovación y con los obstáculos presentados. Esto incidió en que no fuera posible estimar cuántas innovaciones introdujo una empresa y restringirse al número de empresas que declararon haber obtenido resultados asociados a los 44 objetivos establecidos.

En la EDIT IV se introdujo un cambio significativo en el cuestionario: se abandonó el diseño matricial y se adoptó un formulario más sencillo inspirado en la CIS; un formulario similar se aplicó en la EDIT V. En estas dos encuestas se opta por preguntar directamente sobre los resultados de los procesos de innovación al inicio del cuestinario, esto permite estimar un total de innovaciones introducidas por las empresas.

Las cuatro encuestas coinciden en separar los resultados en cuatro grandes tipos de innovaciones: de producto, de proceso, organizacional y de comercialización, con algunas pequeñas diferencias que no impiden hacer comparaciones. Mientras que en la EDIT II se indagó por bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados, en las siguientes, para las innovaciones de producto, se distinguió entre nuevo y significativamente mejorado. El ámbito de novedad de la empresa, el mercado nacional y el mercado internacional se mantuvo en las cuatro encuestas.

La forma de preguntar por las innovaciones de proceso también presenta algunas diferencias menores entre cuestionarios, que creemos no imposibilita la comparación de los resultados. La EDIT II indagó por "nuevo proceso productivo o mejorado significativamente para la línea de producción"; la EDIT III distinguió entre líneas principales y complementarias de producción; las EDIT IV y V, en línea con las directrices del Manual de Oslo, indagaron por los "nuevos o significativamente mejorados métodos de producción, distribución, entrega o sistemas logísticos implementados por la empresa".

La pregunta sobre el dinero destinado a las actividades conducentes a la innovación también ha variado un poco. En la tercera encuesta se hizo el ejercicio de distinguir entre los montos invertidos en las distintas actividades de desarrollo e innovación tecnológica definidas y el porcentaje de estos montos destinado a "la obtención de productos, procesos, técnicas organizacionales y/o de comercialización nuevas o significativamente mejoradas" en el año de referencia. Para guardar consistencia con los otros resultados, en este trabajo utilizamos el monto total y no el porcentaje. Al indagar sobre la financiación de estas actividades, en las EDIT IV y V se introdujo la restricción de que los montos financiados coincidieran con los ejecutados. Esto hace que disminuyan drásticamente los fondos financiados, en particular los de carácter público (Sánchez & Lucio-Arias, 2011), razón por la cual no incluimos indicadores de financiamiento en nuestro análisis.

Para facilitar la comparación entre las encuestas agrupamos las actividades conducentes a la innovación en siete grandes grupos: adquisición de maquinaria y equipo; investigación y desarrollo (I+D); asistencia técnica, consultoría y transferencia de tecnología; mercadeo de innovaciones; tecnologías de la información y la comunicación (TIC); ingeniería y diseño industrial y capacitación, asociando algunos elementos. Por ejemplo, en transferencia de tecnología incluimos tecnologías de gestión y en TIC la inversión realizada en hardware. Toda la información de inversión la mostramos en millones de pesos corrientes del 2011, para lo cual utilizamos el deflactor implícito del IPC.

Ante algunas dificultades para clasificar las empresas de la segunda y quinta encuesta por grados de innovación, utilizamos la agrupación aplicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que distingue entre empresas: a) innovadoras en sentido estricto (IE): aquellas obtienen al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado internacional y realizan proyectos de I+D; b) innovadoras en sentido amplio (IA): suponen haber obtenido al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado nacional o para la empresa, y/o haber implementado un proceso productivo nuevo o significativamente mejorado para la línea de producción principal o las líneas complementarias o una forma organizacional o de comercialización nueva o significativamente mejorada; c) potencialmente innovadoras (PI): empresas que sin haber obtenido resultados de innovación, reportaron tener

alguno en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación; y d) no innovadoras (NI): todas aquellas empresas que no obtuvieron innovaciones, ni reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto para la obtención de innovaciones.

Para presentar la información sectorialmente utilizamos la definición de sector propuesta por Malerba (2005). Agrupamos los resultados de cada una de las encuestas en doce sectores industriales en los que, además de los criterios de Malerba, asimilamos variables importantes como el grado de intensidad tecnológica de las empresas, los resultados de las actividades de innovación, los recursos destinados a estas y el tipo de personal empleado. Preferimos la agrupación en doce sectores, que mostrar los 19 sectores de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) a dos dígitos adoptada por el DANE ya que esto nos facilita la comparación y el análisis además de permitirnos solventar algunas agrupaciones de los resultados de la EDIT V que impedían la construcción de series longitudinales del 2003 al 2010. En la tabla 6.1 mostramos estos doce sectores, con la cantidad de empresas encuestadas en cada una de las EDIT consideradas.

Tabla 6.1. Número de empresas, según sectores considerados

SECTOR	Número de empresas			
	EDIT II	EDIT III	EDIT IV	EDIT V
Alimentación y bebidas	1.233	1.153	1.415	1.517
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	1.306	1.189	1.457	1.705
Madera y corcho	105	112	155	187
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	598	540	750	830
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	27	30	33	37
Química	496	536	664	735
Caucho y materias plásticas	486	516	606	698
Productos minerales no metálicos diversos	286	288	336	388
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	510	513	684	830
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	551	563	676	816
Material de transporte	190	201	237	247
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	434	439	670	653
Total industria manufacturera	**6.222**	**6.080**	**7.683**	**8.643**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

6.4. Resultados

En el país, algunos estudios basados en los resultados de las EDIT (particularmente la primera y la segunda) han explorado la relación entre innovación y tamaño de las empresas. Así, con base en los resultados de la primera encuesta realizada en el año 1996, Alvarado (2000) encontró que el tamaño de las empresas correlacionaba positivamente con la decisión de invertir en I+D, pero negativamente con la intensidad de esta inversión; Langebaek & Vásquez (2007) hallaron una alta correlación entre actividades de innovación y tamaño de la empresa, fundamentados en los resultados de la segunda encuesta, apreciación confirmada por Arbeláez & Parra Torrado (2011) quienes, además, a partir del análisis de los resultados de esta misma

encuesta afirman que la inversión en innovación aumenta con el tamaño de la empresa y concluyen que así como las empresas grandes y medianas invierten más en actividades conducentes a la innovación que las pequeñas, tienen una propensión mayor a obtener resultados de la innovación.

Vale la pena resaltar que la participación de empresas pequeñas[2] en las encuestas se ha incrementado, pasando del 65,8% en la EDIT II al 70,3% en la EDIT V (OCyT, 2012, p. 102). De acuerdo con el Boletín de prensa de la EDIT V, 2009 - 2010, emitido por el DANE, la cantidad de empresas pequeñas que la respondió alcanzó a 6.113, lo cual representó un incremento cercano al 50% con respecto a la EDIT II. En la tabla 6.2 presentamos la participación de las empresas que respondieron la EDIT II, III y IV de acuerdo a su tamaño.

Tabla 6.2. Participación de las empresas, según tamaño*

SECTOR	Empresas pequeñas				Empresas medianas				Empresas grandes			
	EDIT II	EDIT III	EDIT IV	EDIT V	EDIT II	EDIT III	EDIT IV	EDIT V	EDIT II	EDIT III	EDIT IV	EDIT V
Alimentación y bebidas	63,3%	63,6%	65,6%		24,5%	23,1%	21,4%		12,2%	13,4%	13,0%	
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	62,5%	63,1%	67,0%		27,3%	25,5%	22,4%		10,2%	11,4%	10,6%	
Madera y corcho	83,8%	83,0%	85,8%		13,3%	14,3%	11,6%		2,9%	2,7%	2,6%	
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	69,6%	67,6%	73,1%		23,2%	24,3%	19,5%		7,2%	8,1%	7,5%	
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	77,8%	80,0%	75,8%		11,1%	13,3%	15,2%		11,1%	6,7%	9,1%	
Química	57,7%	54,7%	60,2%		29,0%	32,1%	28,3%		13,3%	13,2%	11,4%	
Caucho y materias plásticas	64,0%	62,0%	65,2%		28,4%	27,7%	25,9%		7,6%	10,3%	8,9%	
Productos minerales no metálicos diversos	58,4%	56,6%	56,3%		28,7%	32,3%	32,4%		12,9%	11,1%	11,3%	
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	73,3%	71,2%	70,3%		19,6%	21,1%	21,3%		7,1%	7,8%	8,3%	
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	72,2%	69,6%	69,4%		21,6%	23,6%	24,4%		6,2%	6,7%	6,2%	
Material de transporte	65,3%	61,7%	63,3%		25,3%	28,9%	27,4%		9,5%	9,5%	9,3%	
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	71,9%	71,1%	74,6%		23,5%	23,2%	19,7%		4,6%	5,7%	5,7%	
Total industria manufacturera	**65,8%**	**64,7%**	**67,6%**	**70,7%**	**24,9%**	**25,2%**	**22,9%**	**20,9%**	**9,3%**	**10,2%**	**9,5%**	**8,4%**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT
* Los datos del boletín de prensa de la EDIT V no permitieron hacer la distribución de empresas de acuerdo con el tamaño.

2 Las empresas pequeñas son aquellas con menos de 50 empleados, las empresas medianas tienen entre 51 y 200 empleados y las empresas grandes cuentan con más de 200 empleados.

6.4.1. Inversión en actividades conducentes a la innovación

En total, los resultados de las EDIT nos permiten estimar que del 2003 al 2010 las empresas manufactureras colombianas han invertido alrededor de 26 billones de pesos constantes del 2011 en actividades conducentes a la innovación. Es decir, se podría pensar que, en promedio, en el país se invierten al menos 3 billones de pesos al año en intenciones de innovación empresarial. Un poco menos del 30% de esta inversión se concentra en el sector de alimentación y bebidas, el cual a su vez concentra el mayor número de empleados. En la tabla 6.3 mostramos la distribución de la inversión realizada en el periodo por sector, al igual que la distribución del personal ocupado en el 2010 en las empresas que respondieron la EDIT V.

En general, tanto la inversión como el porcentaje de empresas que en Colombia destinaron recursos a actividades de innovación fueron disminuyendo en el periodo considerado. En pesos del 2011, la inversión reportada para el 2003, según la EDIT II fue de 3,7 billones y para el 2010, de acuerdo con los resultados de la EDIT V, esta cifra disminuyó en un billón y se situó en un poco menos de los 2,7 billones. En la gráfica 6.2 se evidencia que el auge de la inversión en innovación se dio en el año 2004, cuando 4.765 empresas, un poco menos del 77% del total de las que respondieron la EDIT II, registraron inversiones en este tipo de actividades. Para el 2010, la cantidad de empresas que declararon inversión en actividades conducentes a la innovación había decrecido un 43% y la inversión declarada un 38% con respecto al 2004.

Tabla 6.3. Distribución de la inversión realizada en el período en actividades conducentes a la innovación y del total de empleados en las empresas manufactureras en el 2010

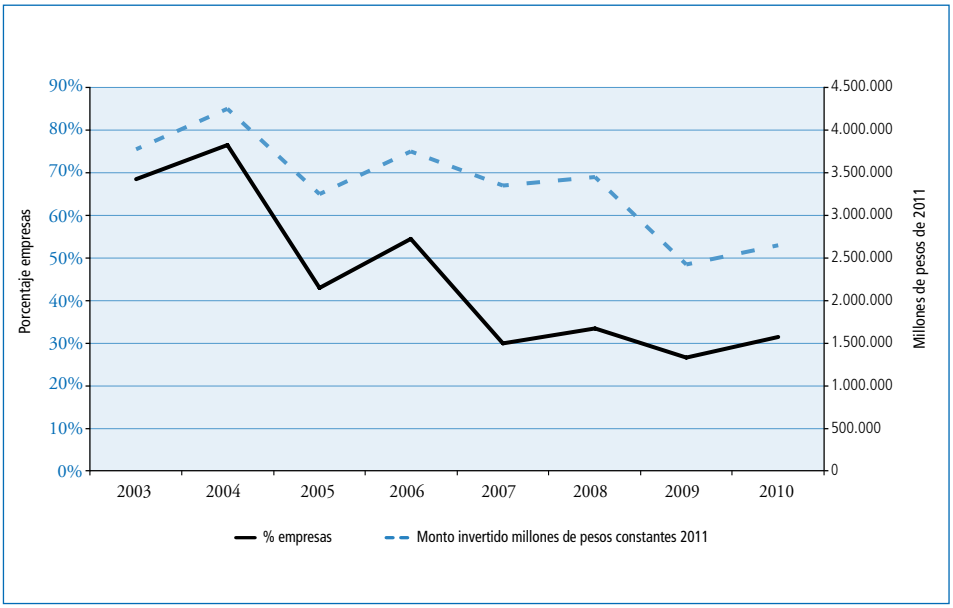
(millones de pesos de 2011, número de personas)

SECTOR	Inversión*	Empleados
Alimentación y bebidas	28,64%	25,0%
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	6,68%	18,6%
Madera y corcho	0,56%	0,8%
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	9,85%	7,5%
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	9,32%	1,2%
Química	13,65%	10,6%
Caucho y materias plásticas	7,72%	7,0%
Productos minerales no metálicos diversos	6,82%	5,8%
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	7,61%	7,2%
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	4,25%	7,5%
Material de transporte	2,58%	3,9%
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	2,32%	4,9%
Total inversión y total empleados	**26.906.872,68**	**731.942**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

* Los valores varían un poco respecto a los publicados en *Indicadores de ciencia y tecnología 2012, Colombia (*OCyT, 2012, p. 104) porque excluimos el total correspondiente a biotecnología para los años 2003 - 2006.

Grafica 6.2. Empresas que invirtieron en actividades conducentes a la innovación y montos invertidos, 2003 - 2010



Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

Como mencionamos en la metodología, los formularios aplicados para medir la innovación en el país han experimentado algunas modificaciones. En el caso específico de la inversión, en la EDIT III se permitía distinguir, del gasto en actividades de desarrollo e innovación tecnológica, el porcentaje destinado en el año "para la obtención de productos, procesos, técnicas organizacionales y/o de comercialización nuevas o significativamente mejoradas"[3]. Sin embargo, dado que en los otros formularios no se permitió esta distinción, tomamos el valor total. Vale la pena mencionar que, de las 2.625 empresas que en el 2003 indicaron gastos en actividades de desarrollo e innovación tecnológica, solo 2.020 especificaron este porcentaje; en el 2004 únicamente 2.620 de las 3.301 empresas lo hicieron. En términos de dinero, esto significó 822 mil millones menos para el 2003 y 737 mil millones menos para el 2004.

En la tabla 6.4 presentamos la inversión por empleado que se da en cada uno de los sectores definidos. En general la tabla sugiere que la innovación no es una prioridad en las empresas colombianas, puesto que en pocos sectores se invierte más de 10 millones de pesos por empleado en actividades conducentes a la innovación. La caída acentuada de esta inversión, en un periodo que no puede calificarse de crisis económica, puede también responder a ciertos efectos de aprendizaje en la aplicación sistemática del cuestionario, tanto para quien responde la encuesta como para quien diseña el formulario.

3 Aclaración tomada textualmente del formulario aplicado.

Tabla 6.4. Inversión por empleado en actividades conducentes a la innovación
(millones de pesos del 2011)

SECTOR	EDIT II	EDIT III	EDIT IV		EDIT V	
	2004	2006	2007	2008	2009	2010
Alimentación y bebidas	7,50	6,89	6,50	8,17	4,65	4,83
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	3,27	2,32	1,44	0,67	0,49	0,81
Madera y corcho	3,11	2,88	14,23	3,53	1,02	1,44
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	8,62	8,08	8,30	7,62	4,25	3,95
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	86,94	129,19	28,69	30,01	17,42	16,62
Química	9,70	11,07	6,13	5,31	5,17	4,62
Caucho y materias plásticas	8,87	8,69	4,42	4,97	3,37	3,74
Productos minerales no metálicos diversos	13,23	5,93	4,96	2,79	2,33	8,58
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	4,72	19,37	4,99	5,09	4,43	2,13
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	4,17	3,46	2,48	3,58	2,22	2,64
Material de transporte	5,01	4,42	5,61	4,08	1,88	1,97
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	6,71	2,16	2,01	2,27	1,81	1,66
Total industria manufacturera	**7,52**	**6,89**	**4,88**	**4,97**	**3,36**	**3,63**

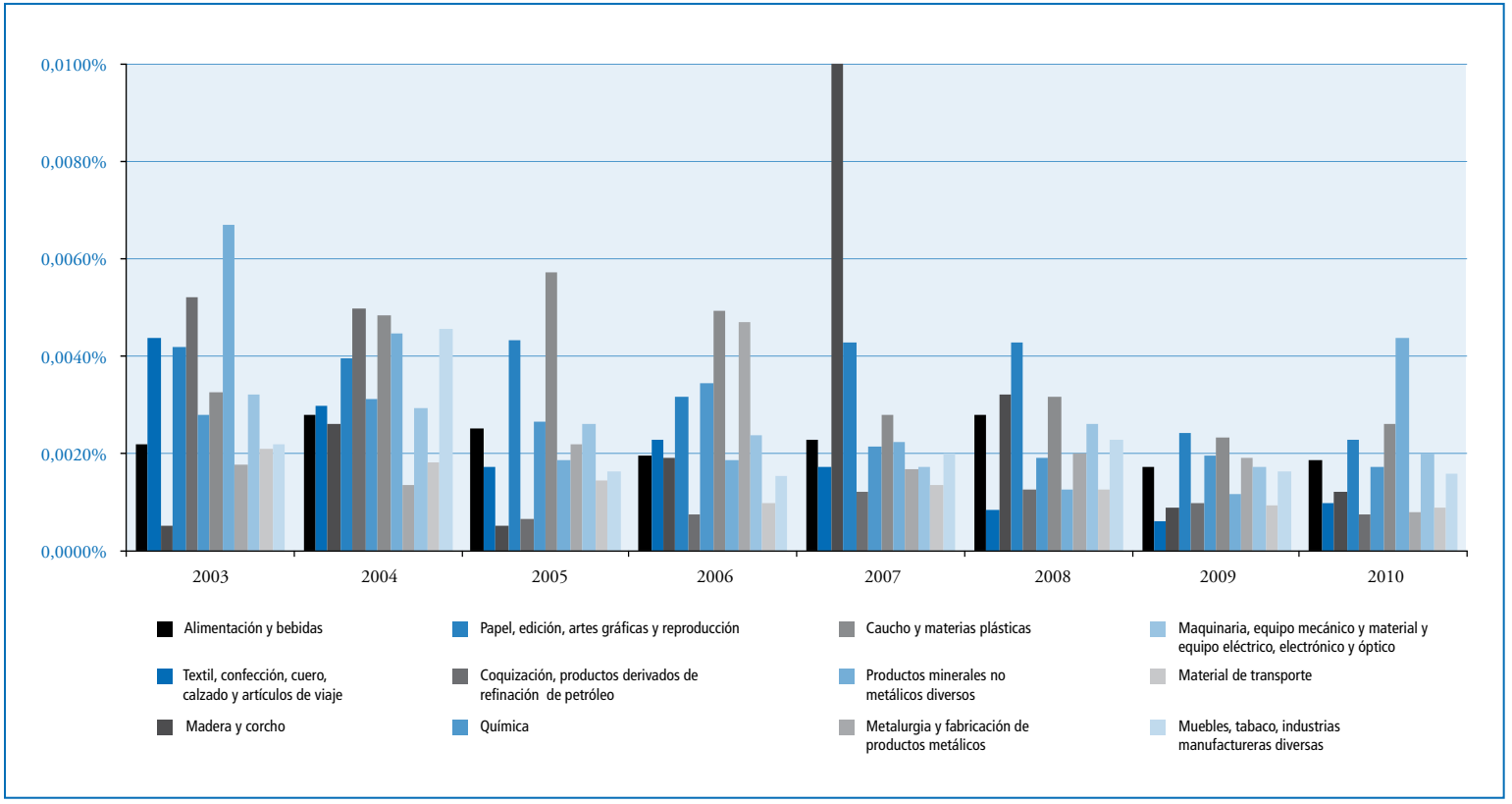
Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

En la gráfica 6.3 presentamos la tasa de inversión en actividades conducentes a la innovación como porcentaje de las ventas. Aunque en casi todos los sectores se evidencia una disminución durante el periodo, los resultados del 2010 podrían sugerir un cambio en esta tendencia para los años posteriores.

Tradicionalmente la innovación ha estado relacionada con la realización de actividades de I+D. Sin embargo, en Colombia se reconocen otro tipo de actividades que pueden estimular la innovación en las empresas y, siguiendo las recomendaciones del Manual de Bogotá, las encuestas preguntan por inversiones en maquinaria y equipo, transferencia de tecnología, asistencia técnica y consultoría, TIC, formación y capacitación, ingeniería y diseño industrial, y mercadeo de las innovaciones. A nivel agregado, la mayor parte de la inversión reportada en actividades conducentes a la innovación corresponde a maquinaria y equipo —76% según la EDIT II—, a pesar de que en la EDIT V bajó al 65% del total de la inversión.

Uno de los problemas de considerar toda esta inversión como conducente a la innovación es la dificultad para distinguir entre la destinada a apoyar los procesos productivos y a reposición, de la realmente utilizada para adquisición de maquinaria y equipo con el propósito de obtener resultados de innovación. Solo a manera de ejemplo: los resultados de la tercera encuesta —que permitieron distinguir del total invertido el porcentaje orientado a obtener resultados de innovación— indican que del total de inversión en maquinaria y equipo, en promedio 74% estuvo relacionado con la obtención de innovaciones, destacándose, por sectores, las empresas que tienen como actividad la coquización y producción de derivados de la refinación del petróleo, donde el 95% del total de inversión en maquinaria y equipo tenía el propósito de obtener innovaciones, mientras que en materiales de transporte y muebles y tabaco esta relación no alcanzó el 60%.

Grafica 6.3. Inversión en actividades conducentes a la innovación como porcentaje de las ventas, 2003 - 2010



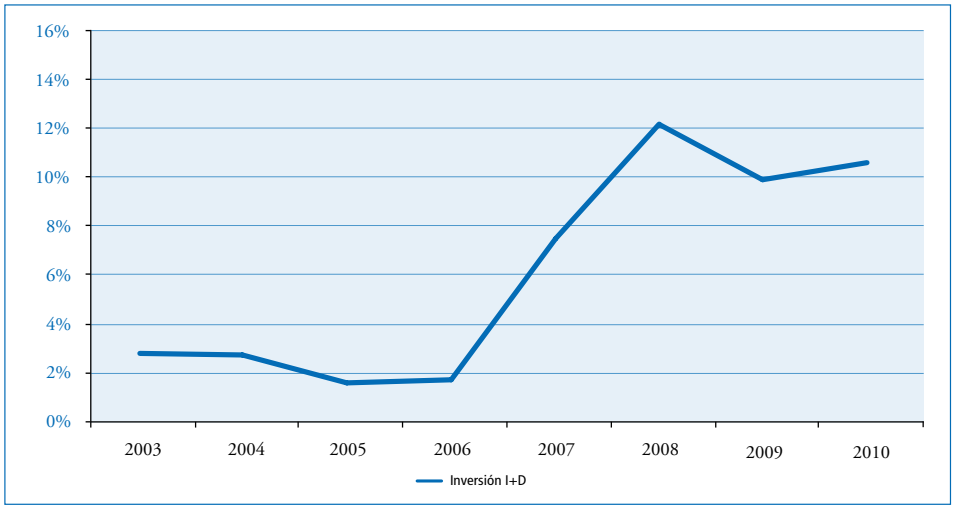
Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV; boletín de prensa EDIT V; Indicadores EAM 2000 - 2011
Cálculos: OCyT

La tabla 6.5 permite hacer algunas interpretaciones sobre la complejidad de las estrategias de innovación que aplican las empresas de acuerdo con el sector al que pertenecen. La intensidad tecnológica de los sectores incide en la diversificación de la inversión en actividades conducentes a la innovación. Esta intensidad está determinada por la tasa de renovación de conocimientos y la necesidad de articular estos conocimientos para mantener una posición en el mercado. Sectores como madera y corcho; alimentos y bebidas; papel, impresiones y edición; muebles y tabaco y textiles han sido considerados como de baja intensidad tecnológica. Los sectores de caucho y plásticos; productos minerales no metálicos; metalurgia y coquización se han caracterizado por ser de media-baja tecnología. Como sectores de media-alta tecnología podemos clasificar a materiales de transporte, maquinaria y química.

Es de esperarse que a mayor intensidad tecnológica mayor complejidad en las estrategias de innovación, menor concentración de la inversión en un solo tipo de actividades y mayor importancia de actividades relacionadas con la generación, transferencia, apropiación y asimilación de conocimientos como la I+D. La gráfica 6.4 muestra que, aún a pesar de la disminución en la inversión dedicada a actividades conducentes a la innovación, los montos destinados a actividades de I+D se mantienen relativamente estables en el tiempo, ocasionando que su participación dentro del total de la inversión que declaran las empresas con el propósito de innovar se haya incrementado desde el 2006.

El incremento reflejado en la gráfica 6.4 se explica sobre todo por la inversión en I+D realizada por los sectores de coquización, productos derivados de refinación de petróleo; química; maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico; y material de transporte (ver tabla 6.6).

Gráfica 6.4. Gasto en I+D como porcentaje del gasto total en actividades conducentes a la innovación, 2003 - 2010



Fuente: OCyT, 2012, p. 107

Tabla 6.5. Distribución de la inversión en actividades conducentes a la innovación, según tipo de actividad, 2003 - 2010

SECTOR	Maquinaria y equipo	Transferencia de tecnología, asistencia técnica y consultoría	I+D	TIC	Mercadeo Innovaciones	Ingenieria y Diseño Ind.	Capacitación
Alimentación y bebidas	74,0%	7,9%	4,1%	3,7%	7,8%	1,5%	1,0%
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	62,9%	22,7%	2,4%	6,2%	3,1%	1,2%	1,5%
Madera y corcho	90,0%	1,9%	2,9%	1,5%	3,1%	0,3%	0,4%
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	77,0%	8,2%	3,5%	4,2%	4,8%	0,9%	1,4%
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	42,8%	20,7%	23,4%	11,3%	0,2%	0,4%	1,0%
Química	65,4%	12,9%	8,3%	6,6%	4,0%	1,0%	1,7%
Caucho y materias plásticas	80,7%	7,4%	3,1%	3,6%	0,9%	3,1%	1,2%
Productos minerales no metálicos diversos	78,1%	12,6%	3,9%	1,6%	0,9%	1,7%	1,2%
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	63,8%	8,6%	2,6%	21,2%	1,6%	1,4%	0,9%
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	52,2%	15,2%	12,3%	7,2%	5,5%	5,5%	2,0%
Material de transporte	55,2%	15,5%	9,6%	4,9%	5,3%	7,5%	1,9%
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	70,1%	9,2%	2,8%	7,3%	5,7%	3,8%	1,1%
Total industria manufacturera	**67,7%**	**11,9%**	**6,6%**	**6,6%**	**3,6%**	**2,4%**	**1,3%**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

Tabla 6.6. Participación de la inversión en I+D dentro del total de inversión en actividades conducentes a la innovación

SECTOR	EDIT II	EDIT III	EDIT IV	EDIT V
Alimentación y bebidas	1,3%	1,6%	7,3%	3,3%
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	0,1%	0,9%	6,8%	4,2%
Madera y corcho	0,3%	3,7%	2,7%	5,6%
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	1,2%	0,3%	3,1%	8,6%
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	8,2%	8,7%	23,9%	66,2%
Química	2,5%	3,0%	10,3%	15,5%
Caucho y materias plásticas	0,2%	0,4%	8,9%	2,6%
Productos minerales no metálicos diversos	0,4%	2,0%	2,8%	9,0%
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	0,3%	0,1%	5,1%	5,2%
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	1,0%	5,1%	14,8%	20,5%
Material de transporte	1,4%	8,8%	8,8%	19,8%
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	0,1%	1,1%	3,8%	5,7%
Total industria manufacturera	**2,16%**	**1,93%**	**8,54%**	**11,12%**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

6.4.2. Personal ocupado en las empresas encuestadas

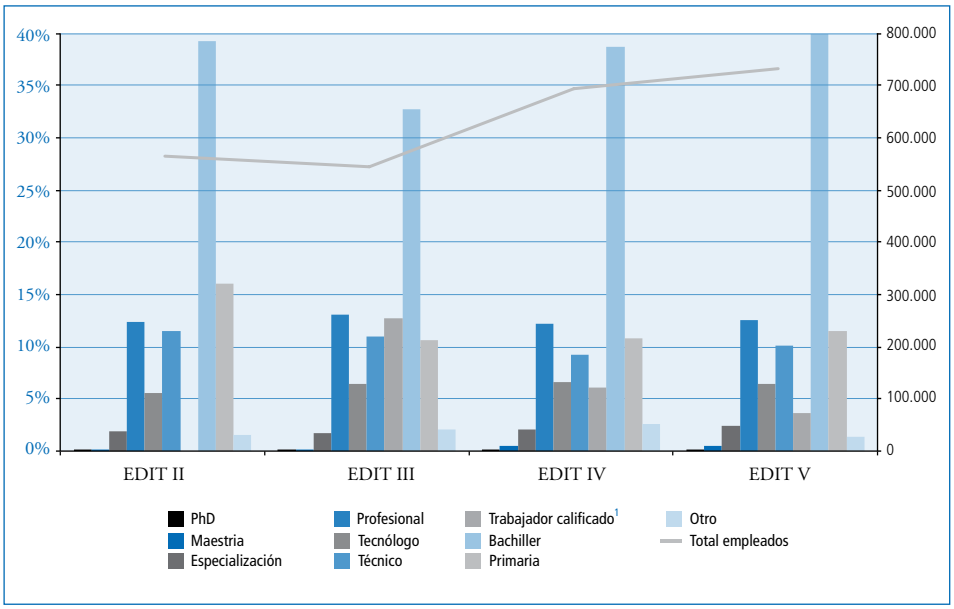
Además de los recursos financieros, el capital humano ha sido reconocido como uno de los elementos fundamentales para la apropiación de diversos conocimientos que pueden conllevar a innovaciones efectivas dentro de las empresas. Esto ha impulsado en el país una política fuerte de formación doctoral (Rivera, Pallares, Galvis & Cárdenas, 2013); sin embargo, es posible que esta aún no haya impactado el sector productivo, particularmente el manufacturero, al haber tenido un enfoque principalmente de oferta y no de demanda.

En la gráfica 6.5 se muestra el crecimiento del personal ocupado durante el periodo cubierto por las cuatro últimas encuestas[4]: un poco menos del 30% de la EDIT II a la EDIT IV. Aunque en el periodo se incrementaron los empleados con maestría y especialización y decreció el total de quienes solo tienen educación primaria en casi un 4% —aunque entre el 2008 y el 2010 se dio un leve incremento—, el personal empleado que solo cuenta con bachillerato continúa consistentemente en el 50% y el que certifica un grado universitario escasamente supera el 15% en la última encuesta.

A esta baja cualificación del personal se añade su poca participación en actividades de innovación. Para el periodo 2006 - 2010, del 5% del total de empleados que se encontraban vinculados a procesos de innovación, en promedio, el 27% tenían doctorado, el 15% maestría, el 11% pregrado y especialización y solo 2% secundaria, composición que muestra una relación inversamente proporcional entre participación en procesos de innovación vs. nivel de formación (OCyT, 2010, p. 121; 2011, p. 158; 2012, p. 108). Si bien esto muestra que los empresarios reconocen las mayores capacidades para generar, apropiar y articular

4 Si bien en las últimas dos encuestas la información cubría los dos años de observación de cada una de ellas, presentamos solo la del último año para guardar consistencia con la información de las EDIT II y III.

Gráfica 6.5. Personal ocupado por las empresas, según nivel de formación



Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT
[1] La EDIT II no incluyó la categoría trabajador calificado.

nuevos conocimientos en las personas con un alto grado de formación, existe todavía un porcentaje considerable de estas que no participan directamente de dichos procesos.

A nivel sectorial, los resultados indican que, en promedio, alrededor del 55% de los empleados se concentran en actividades relacionadas con alimentación y bebidas; textiles, confección, cuero, calzado y artículos de viaje. En estos, la tasa de crecimiento del total de empleados también se ha incrementado por encima del promedio del total de las empresas manufactureras encuestadas. De acuerdo con la tabla 6.7, el nivel de calificación del personal es bajo en el sector que agrupa textiles, confección, artículos de cuero y viajes, pues tiene la menor participación de profesionales (6,5%); mientras que en el de actividades relacionadas con la coquización y los productos derivados de la refinación de petróleo un poco más de la mitad (50,9%) tiene grado profesional, alrededor de 17% ha realizado algún tipo de estudios de posgrado (incluyendo especialización) y el 63,6% de los empleados con título de doctorado participan en los procesos de innovación.

En la tabla 6.8 mostramos el personal que participa en las actividades conducentes a la innovación, de acuerdo con el sector y el grado de formación, para el 2010.

Tabla 6.7. Personal ocupado en las empresas, según grado de formación, 2010

SECTOR	PhD	Maestría	Especialización	Profesional	Técnico, tecnólogo y trabajador calificado	Bachillerato	Primaria	Otros	Total empleados sector
Alimentación y bebidas	0,05%	0,32%	2,24%	11,39%	17,38%	53,17%	12,75%	2,71%	183.837
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	0,01%	0,09%	0,90%	5,35%	17,46%	53,14%	15,69%	7,36%	145.688
Madera y corcho	0,03%	0,18%	1,26%	7,34%	13,13%	49,28%	26,07%	2,71%	5.950
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	0,08%	0,59%	3,10%	18,93%	24,77%	43,29%	5,12%	4,13%	56.864
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	0,41%	4,81%	12,55%	33,16%	20,37%	26,38%	1,36%	0,95%	8.006
Química	0,09%	0,84%	4,87%	21,67%	21,89%	43,31%	5,66%	1,67%	78.951
Caucho y materias plásticas	0,09%	0,40%	2,21%	10,38%	19,70%	56,79%	8,40%	2,03%	52.292
Productos minerales no metálicos diversos	0,11%	0,51%	3,06%	12,53%	18,69%	46,04%	17,67%	1,39%	41.728
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	0,03%	0,27%	2,09%	11,00%	20,63%	51,51%	11,19%	3,28%	53.351
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	0,04%	0,38%	2,22%	13,82%	23,49%	49,09%	7,47%	3,48%	56.420
Material de transporte	0,14%	0,51%	2,85%	15,25%	33,10%	39,02%	6,07%	3,07%	29.295
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	0,05%	0,31%	1,52%	10,16%	14,11%	57,55%	14,44%	1,86%	36.089
Total industria manufacturera	**0,06%**	**0,42%**	**2,45%**	**12,31%**	**19,81%**	**50,14%**	**11,26%**	**3,55%**	**748.471**

Fuente: DANE, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

Tabla 6.8. Personal ocupado por las empresas que participa en las actividades conducentes a la innovación, según grado de formación, 2010

SECTOR	PhD	Maestría	Especialización	Profesional	Técnico, tecnólogo y trabajador calificado	Bachillerato	Primaria	Otros	Total empleados en procesos de innovación
Alimentación y bebidas	21,84%	19,28%	10,62%	7,11%	4,02%	1,41%	1,33%	1,36%	5.103
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	4,76%	13,33%	14,09%	9,16%	4,69%	2,78%	3,52%	0,03%	5.069
Madera y corcho	50,00%	27,27%	10,67%	8,24%	4,61%	1,30%	0,26%	0,00%	126
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	32,61%	24,93%	15,20%	7,12%	3,87%	0,95%	0,79%	1,36%	1.968
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	63,64%	21,30%	3,18%	3,69%	0,74%	0,52%	0,00%	0,00%	256
Química	20,27%	15,99%	12,23%	10,12%	4,28%	3,45%	1,30%	0,00%	4.299
Caucho y materias plásticas	55,10%	29,19%	14,03%	11,57%	9,11%	3,02%	2,59%	0,00%	2.826
Productos minerales no metálicos diversos	11,36%	24,88%	12,60%	21,73%	8,07%	6,61%	3,16%	1,03%	3.493
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	6,67%	17,36%	12,54%	9,30%	7,26%	2,06%	1,32%	0,00%	2.156
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	24,00%	16,13%	13,78%	9,80%	4,70%	1,40%	1,23%	0,00%	2.042
Material de transporte	45,00%	16,22%	6,95%	7,81%	5,25%	2,20%	9,74%	1,45%	1.395
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	11,76%	25,66%	20,07%	11,94%	7,32%	1,79%	1,19%	0,00%	1.386
Total industria manufacturera	**28,92%**	**20,03%**	**12,04%**	**9,44%**	**5,18%**	**2,33%**	**2,27%**	0,46%	30.119

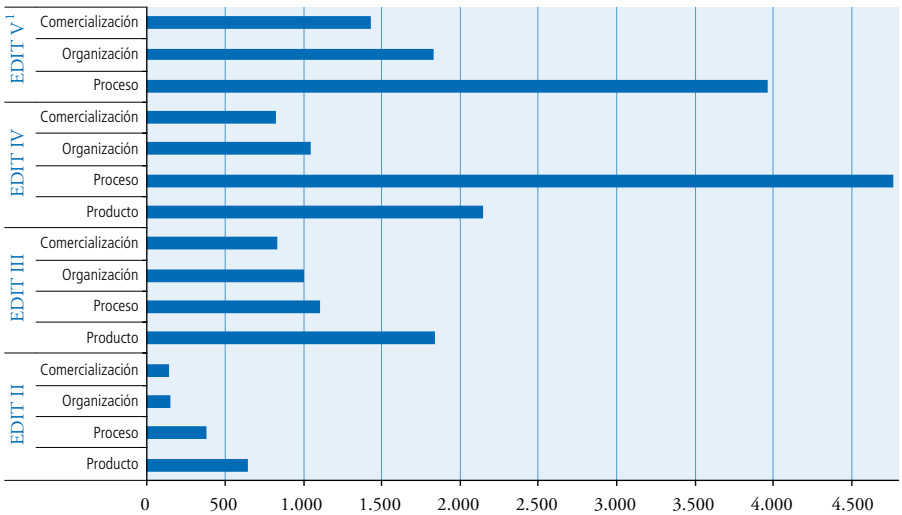
Fuente: DANE, Boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

6.4.3. Resultados de innovación

Una de las dificultades comunes en la caracterización de los procesos de innovación es identificar cuáles son los resultados finales de estos. Todas las definiciones existentes de innovación coinciden en destacar la importancia del cambio y la novedad en esta (Schumpeter, 1939, p. 84; Nelson & Winter, 1982, p. 136; OCDE, 2005, p. 33). Sin embargo, al hacer análisis de novedad es importante distinguir entre "qué es nuevo, qué tan nuevo y nuevo para quién" (Johannessen, Olsen y Lumpkin, 2001). En los formularios aplicados en el país esta necesidad se ha traducido en una distinción, con más o menos detalle (como se especificó en la metodología) entre innovaciones de producto, de proceso, innovaciones organizacionales y de comercialización, pero no puede decirse que exista un patrón en la obtención de resultados de innovación a partir de las últimas EDIT. En la segunda, tercera y quinta encuestas la innovación de producto es la más frecuente en las empresas, mientras que en la cuarta el 62% de las empresas reportan haber obtenido innovaciones de procesos (ver gráfica 6.6).

Mientras que las innovaciones de proceso, organizacionales y de comercialización pueden pasar desapercibidas para el usuario de un mercado, el impacto de las innovaciones de producto en los patrones de demanda justifican que estas se miren con mayor detenimiento. En el caso de los formularios aplicados en el país,

Gráfica 6.6. Número de empresas que obtienen resultados de innovación, según tipo.



Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

[1] Debido a las condiciones de los datos de la EDIT V no fue posible saber cuántas empresas introdujeron innovaciones en producto. En la tabla 6.9 mostramos la cantidad de empresas que obtuvieron productos nuevos o productos mejorados para el mercado internacional, nacional o la propia empresa.

se ha realizado un esfuerzo importante por distinguir entre los posibles contextos de novedad del producto (nacional, internacional o si es nuevo únicamente para la propia empresa). Adicionalmente, desde la EDIT III se hace una distinción entre productos nuevos y significativamente mejorados (ver tabla 6.9).

Tabla 6.9. Porcentaje de empresas que reportan innovación de productos, según novedad del producto

SECTOR	Producto nuevo											
	Empresa				Mercado nacional				Mercado internacional			
Encuesta	II	III	IV	V	II	III	IV	V	II	III	IV	V
Alimentación y bebidas	7,6	16,3	19,9	39,6	4,8	14,5	8,5	15,4	1,7	6,0	2,1	2,2
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	8,4	13,1	15,9	10,3	5,6	10,8	5,5	10,0	3,5	7,1	2,4	2,2
Madera y corcho	4,8	7,1	14,2	12,8	2,9	8,0	5,2	6,4	-	1,8	1,3	-
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	8,9	24,3	18,7	24,2	6,5	22,6	5,5	6,1	2,7	9,6	2,0	-
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	-	23,3	24,2	2,7	-	10,0	9,1	2,7	-	6,7	3,0	-
Química	11,7	25,2	30,9	99,3	10,7	28,7	22,3	54,1	5,4	17,4	6,5	3,0
Caucho y materias plásticas	9,5	20,3	23,3	37,2	7,4	19,6	11,6	6,4	4,5	10,7	5,0	0,1
Productos minerales no metálicos diversos	9,1	19,4	20,2	14,7	7,3	14,9	6,3	5,9	1,7	8,7	3,6	0,5
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	5,7	17,7	19,7	19,4	4,7	18,7	8,2	6,1	2,4	10,3	2,8	0,4
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	10,5	19,4	19,2	21,3	8,9	19,5	12,6	11,6	4,7	14,4	7,0	3,4
Material de transporte	10,0	20,4	19,4	51,4	7,9	17,9	10,5	13,4	3,7	9,5	3,8	2,0
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	12,0	14,4	18,4	30,6	8,8	16,6	7,5	11,2	3,9	8,0	3,4	0,6
Total industria	**8,8**	**17,9**	**19,9**	**31,4**	**6,6**	**17,2**	**9,2**	**13,7**	**3,2**	**9,4**	**3,5**	**1,6**
SECTOR	**Producto mejorado significativamente**											
	Empresa				Mercado nacional				Mercado internacional			
Encuesta		III	IV	V		III	IV	V		III	IV	V
Alimentación y bebidas		19,1	15,3	18,3		20,1	7,0	21,2		6,6	1,7	0,9
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje		14,7	9,8	7,9		12,0	5,8	4,0		7,1	2,5	0,1
Madera y corcho		9,8	11,0	5,3		8,0	3,9	3,7		1,8	0,6	-
Papel, edición, artes gráficas y reproducción		28,5	12,7	11,7		25,6	6,4	5,3		11,3	2,7	-
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo		16,7	12,1	5,4		10,0	12,1	5,4		6,7	3,0	-
Química		26,5	24,5	43,3		29,5	17,6	36,5		17,4	5,7	2,2
Caucho y materias plásticas		22,1	18,0	30,1		20,9	11,2	13,0		9,7	3,6	0,3
Productos minerales no metálicos diversos		20,5	13,7	100,0		17,7	7,4	26,3		7,3	2,7	0,5
Metalurgia y fabricación de productos metálicos		20,3	13,3	16,4		19,1	8,3	13,0		10,9	2,9	0,5
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico		22,7	17,9	27,1		23,8	13,0	11,3		12,3	6,2	9,4
Material de transporte		16,4	13,9	18,6		17,4	8,9	9,3		8,5	3,4	-
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas		17,1	13,1	16,7		17,5	9,3	11,5		8,9	3,1	0,3
Total industria manufacturera		**20,1**	**14,7**	**22,6**		**19,5**	**8,9**	**13,9**		**9,4**	**3,1**	**1,4**

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT

Las innovaciones de producto para el mercado internacional se han reducido desde la aplicación de la primera encuesta en el año 2005. El porcentaje de empresas que introducen nuevos, o significativamente mejorados, bienes y servicios en los mercados internacionales se viene reduciendo para todos los sectores analizados. Esto podría significar disminuciones de competitividad para las empresas colombianas en los mercados globales, caracterizados por un rápido cambio tecnológico. Esta caída, sin embargo, se encuentra de cierta manera compensada por el incremento del porcentaje de empresas que realizan innovaciones de producto para el mercado nacional o la propia empresa.

Las innovaciones de producto para la propia empresa tienen que ver con la forma en que esta asimila y adopta desarrollos de otras empresas que le permiten diferenciaciones incrementales en sus propios productos. Por lo general, estas se encuentran asociadas a objetivos de mercado, ya sea para mantener la posición o abrirse a nuevos segmentos de este. Este tipo de innovaciones también se han asociado con sectores de media tecnología —tanto media baja como media alta—, ya que en estos la dinámica del cambio tecnológico es tal que solo las empresas de vanguardia logran introducciones frecuentes de innovaciones internacionales. Tal es el caso de los sectores de química y de productos minerales no metálicos.

Como mencionamos en la metodología, la combinación de actividades conducentes a la innovación y a la obtención de resultados de esta permite una categorización del grado de innovación de las empresas, que sintetiza de cierta manera sus capacidades de innovación. Creemos que la distribución sectorial de las empresas de acuerdo con el grado de innovación es una manera de concluir esta contribución ya que, de cierta manera, este indicador permite una síntesis de otros que hemos mostrado a lo largo del capítulo (ver tabla 6.10).

En general, la mayoría de las empresas que han respondido las encuestas realizadas en el país son clasificadas como no innovadoras, es decir, no realizan esfuerzos ni obtienen resultados en materia de innovación. Este tipo de empresas explica consistentemente la mitad de la muestra y para la quinta encuesta el porcentaje alcanzó a ser el 60% del total de empresas interrogadas, corroborando los resultados de la tabla 6.9, de acuerdo con la cual las empresas que realizan innovaciones de proceso, organizacional, de comercialización o de producto generalmente lo hacen para el mercado nacional o la propia empresa. En un ambiente de globalización como el actual es preocupante comprobar que las dificultades que enfrentan las empresas colombianas para introducir innovaciones en mercados internacionales no han disminuido desde el 2003, a pesar del discurso político sobre la importancia de fortalecer este tipo de actividades en la cultura empresarial del país.

Tabla 6.10. Distribución de empresas, según grado de innovación

SECTOR	EDIT II				EDIT III				EDIT IV				EDIT V[1]		
	IE	IA	PI	NI	IE	IA	PI	NI	IE	IA	PI	NI	Innovadoras	PI	NI
Alimentación y bebidas	3,4%	25,8%	19,2%	51,6%	8,4%	25,5%	7,6%	58,5%	2,8%	38,8%	5,8%	52,6%	38,1%	5,5%	56,4%
Textil, confección, cuero, calzado y artículos de viaje	0,8%	24,2%	21,7%	53,3%	9,1%	16,7%	6,4%	67,9%	3,6%	26,6%	4,7%	65,1%	26,5%	3,8%	69,7%
Madera y corcho	2,9%	12,5%	16,3%	68,3%	2,7%	21,4%	9,8%	66,1%	1,3%	29,7%	5,2%	63,9%	23,0%	3,7%	73,3%
Papel, edición, artes gráficas y reproducción	1,7%	24,7%	23,4%	50,3%	12,8%	29,6%	8,9%	48,7%	3,3%	34,3%	4,5%	57,9%	35,5%	3,6%	60,8%
Coquización, productos derivados de refinación de petróleo	14,8%	3,7%	14,8%	66,7%	10,0%	20,0%	16,7%	53,3%	3,0%	33,3%	0,0%	63,6%	29,7%	5,4%	64,9%
Química	4,5%	24,7%	26,7%	44,1%	20,5%	21,6%	12,9%	45,0%	8,0%	41,4%	6,8%	43,8%	47,2%	4,9%	47,9%
Caucho y materias plásticas	0,8%	26,3%	20,1%	52,8%	12,8%	22,9%	13,6%	50,8%	5,9%	35,5%	4,6%	54,0%	37,5%	7,4%	55,0%
Productos minerales no metálicos diversos	4,6%	24,2%	21,1%	50,2%	11,1%	23,3%	12,8%	52,8%	4,8%	33,9%	6,0%	55,4%	34,0%	8,5%	57,5%
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	1,2%	22,6%	21,6%	54,7%	13,1%	19,5%	7,0%	60,4%	3,7%	30,3%	7,0%	59,1%	32,7%	6,0%	61,3%
Maquinaria, equipo mecánico y material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	2,6%	26,2%	18,0%	53,2%	16,5%	20,2%	11,2%	52,0%	8,7%	31,1%	4,3%	55,9%	36,8%	4,7%	58,6%
Material de transporte	2,2%	28,6%	24,2%	45,1%	11,4%	19,9%	13,4%	55,2%	5,5%	32,1%	6,8%	55,7%	34,4%	4,0%	61,5%
Muebles, tabaco, industrias manufactureras diversas	1,4%	22,0%	22,0%	54,5%	10,7%	21,6%	6,2%	61,5%	4,6%	30,9%	4,6%	59,9%	29,6%	4,7%	65,7%
Total industria manufacturera	2,3%	24,5%	21,2%	52,0%	11,8%	21,9%	9,2%	57,1%	4,6%	33,2%	5,3%	56,8%	34,4%	5,1%	60,6%

Fuente: DANE, EDIT II, EDIT III, EDIT IV, boletín de prensa EDIT V
Cálculos: OCyT
IE: innovadoras en sentido estricto. IA: innovadoras en sentido amplio. PI: potencialmente innovadoras. NI: no innovadoras.
[1] Debido a las condiciones de los datos de la EDIT V no fue posible desagregar las empresas innovadoras por sector, sin embargo, de las 8.643 empresas que respondieron esta encuesta, 0,59% fueron clasificadas por el DANE como innovadoras en sentido estricto y 33,76% como innovadoras en sentido amplio.

6.5. Conclusiones

Los resultados que mostramos a lo largo de este capítulo sugieren que en las empresas colombianas existe una relación significativa entre el comportamiento innovador y la intensidad tecnológica, razón por la que muchas políticas se han basado en apostarle a la creación de emprendimientos de alta tecnología o de uso intensivo del conocimiento. En este marco se destacan como más innovadores los sectores de química y el de coquización y productos derivados del petróleo, en consecuencia, en ambos hay mayor participación de personal altamente calificado, una vinculación de este recurso humano a procesos de innovación, mayor inversión relativa en I+D como estrategia de innovación y un mayor número de empresas reportando resultados de innovación a pesar de no ser las que tienen una mayor inversión por empleado en actividades de este tipo.

En general, los resultados parecieran indicar una caída en las capacidades de innovación al interior de las empresas, en los recursos destinados a estas actividades y en el número de empresas que han introducido innovaciones de producto en el mercado internacional.

Al comienzo de este capítulo mencionábamos la importancia de implementar una cultura hacia la innovación a nivel nacional y quizás esta pérdida de capacidades muestre la urgencia de hacer de esta una prioridad en la política nacional.

En general, existe la percepción de que no hay cultura de innovación en el país (e. g. Orduz, 2013; Cárdenas, 2012) y los resultados de las últimas EDIT, en cuanto a que más de la mitad de las empresas encuestadas ni obtienen resultados ni realizan esfuerzos en materia de innovación (OCyT, 2012, p. 103), parecen confirmarlo. Sin embargo, estos resultados hay que leerlos también a la luz del aprendizaje que han conllevado las encuestas.

Recientemente el OCyT lideró un proyecto que buscaba reconstruir la historia de Colciencias como organismo de fomento a la ciencia, la tecnología y la innovación en el país. Una de las conclusiones es que, a pesar de sus recursos limitados ha logrado mucho en la consolidación e institucionalización de la ciencia y la tecnología en Colombia. Sin embargo, subsiste una recurrente dificultad para acercarse al empresariado nacional, como consecuencia de la poca apropiación del concepto de innovación y de su asociación con la ciencia y la tecnología.

Creemos que los ejercicios de medición que ha institucionalizado el DANE a través de la aplicación de las EDIT han ayudado a sembrar la inquietud por la innovación en nuestro empresariado. El que cada dos años, propietarios o directivos de pequeñas, medianas y grandes empresas diligencien un formulario sobre innovación ha hecho que estos empiecen a pensar cada vez más juiciosamente sobre el tema. En otras palabras, es posible que los resultados puedan explicarse por dos vías: la primera, que efectivamente para las empresas colombianas no sea prioridad apostarle a la innovación; la segunda, que el ejercicio sistemático de recolección de información haya significado una mayor socialización y apropiación de lo que es la innovación,

del tipo de actividades que esta exige y de los resultados que se obtienen con tales procesos, de manera que la confiabilidad y la calidad de la información haya mejorado a lo largo del proceso.

Si aún la cultura de innovación no es una característica entre los empresarios, creemos que al menos las nociones de innovación, las características de estos procesos, las actividades y condiciones que facilitan la obtención de innovaciones si han logrado permearlos en el transcurso de la aplicación de las encuestas. Evidencia de esto bien podría ser la comparación que presentamos en este capítulo. Es muy posible que el decrecimiento en el número de empresas que han invertido en actividades de desarrollo e innovación tecnológica, en los montos y las innovaciones realmente obtenidas no sea tanto como aquí se sugiere, sino que sea consecuencia de una mayor conciencia y comprensión de lo que significa la innovación, de que no toda adquisición de maquinaria puede considerarse actividad innovadora, y de la necesidad de recoger, sistematizar, actualizar y manejar información como medio para avanzar en una cultura de innovación y aportar datos que sirvan para el diseño de políticas públicas en esta materia.

Referencias

Alvarado, A. (2000). Dinámica de la estrategia de innovación: el caso de Colombia. *Coyuntura Económica,* 30(3), 61-119.

Arbeláez, M. & Parra Torrado, M. (2011). Innovation R & D Investment and Productivity in Colombian Firms. *IDB Working Paper Series*, No. IDB-WP-251.

Cárdenas, M. J. (9 de enero de 2012). La cultura de innovación es la clave. *Portafolio*. Recuperado de http://www.portafolio.co

Castellacci, F. (2007). Technological regimes and sectoral differences in productivity growth. *Industrial and Corporate Change,* 16(6), 1105-1145.

Castellacci, F. (2008). Innovation and the competitiveness of industries: comparing the mainstream and the evolutionary approaches. *MPRA Paper 27523*, Munich, Germany: University Library of Munich.

Castellacci, F. & Zheng, J. (2010). Technological regimes, Schumpeterian patterns of innovation and firm-level productivity growth. *Industrial and Corporate Change*, 19(6), 1829-1865.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2011). Documento metodológico Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera –EDIT. Recuperado de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/EDIT.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica de la industria manufacturera – EDIT V, 2009-2010. [Boletín de prensa]. Septiembre 11 de 2012. Recuperado de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera_2009.pdf

Dossi, G. (1988). Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26, 1127-1171.

Evangelista, R. & Vezzani, A. (2010).The Economic Impact of Technological and Organizational Innovations: A Firm-level Analysis. *Research Policy,* 1253-1263.

Fajnzylber F. (1988). Competitividad internacional, evolución y lecciones. *Revista de la CEPAL,* 36, 7-24.

Godin, B. (2002). The Rise of Innovation Surveys: Measuring a Fuzzy Concept, Project on the History and Sociology of STI Statistics. Paper No. 16. Recuperado de http://www.csiic.ca/PDF/Godin_16.pdf

Hall, B. H, & Rosenberg, N. (Eds.). (2010). *Handbook of the Economics of Innovation*. Amsterdam: North Holland, Elsevier.

Jaramillo, H., Lugones, G. & Salazar, M. (2001). *Estandarización de indicadores de innovación tecnológica en los países de América Latina y el Caribe. Manual de Bogotá.* Bogotá: RICyT, OEA, CYTED, COLCIENCIAS, OCyT.

Johannessen, J. A., Olsen, B. & Lumpkin, G. T. (2001). Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom. European Journal of Innovation Management, 4(1), 20-31.

Langebaek, A. & Vásquez, D. (2007). Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana. *Coyuntura Económica* 37(1), 67-89.

Los, B., & Verspagen, B. (2007). Technology spillovers and their impact on productivity. In H. H. a. A. Pyka (Ed.). *Elgar companion to neo-Schumpeterian economics.* Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264.

Malerba, F. (2005). Sectoral Systems of Innovation: A framework for linking innovation to the knowledge base, structure and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, 14 (1-2), 63-82.

Mairesse, J., Mohnen, P., Zhao, Y. & Zhen, F. (2012). Globalization, Innovation and

Productivity in Manufacturing Firms: A Study of Four Sectors of China [ERIA-Working Paper, DP-2012-10]. Jakarta, Indonesia: Economic Research Institute for ASEAN and East Asia.

Mohnen, P., Mairesse, J. & Dagenais, M. (2006). Innovativity: A comparison across seven European countries. *Economics of Innovation and New technology,* 15(4-5), 391-413.

Mora, H. & Lucio-Arias, D. (2013). *Caracterización de la innovación en el sector público*. Informe final presentado al Departamento Nacional de Planeación. Bogota: OCyT.

Nelson, R. R. & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Ocampo J.A. (1991). Las nuevas teorías del comercio internacional y los países en vías de desarrollo. *Pensamiento Iberoamericano*, 20, 193-214.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico –OCDE. (1997/2005). *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Oslo Manual.* Paris: Autor.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCyT. (2012). Indicadores de ciencia y tecnología 2012, Colombia. Bogotá: Autor.

Orduz, R. (28 de enero de 2013). Ciencia e innovación: como el cangrejo. *El Espectador*. Recuperado de http://elespectador.com.co

Ortega-Argilés, R., Potters, L. & Vivarelli, M. (2011). R&D and productivity: testing sectoral peculiarities using micro data. *Empirical Economics,* 41(3), 817-839.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373.

Peneder, M. (2008). *Entrepreneurship, technological regimes, and productivity growth*. Working Paper 28. *EU Klems* Working Paper Series product.

Rivera, C., Pallares, C., Galvis M., & Cárdenas J. F. (2013 - en impresión). Un recuento de dos décadas. El papel de Colciencias en la formación de recursos humanos. En: Salazar, M. (Ed.). *Colciencias 40 años: Entre la normatividad, la legitimidad y la práctica.* Bogotá: OCyT.

Sánchez,E. & Lucio-Arias, D. (2011). Public mechanisms to finance innovation in Colombian firms: Evidence from the second, third and fourth Innovation Surveys. Paper presentado en *9th Globelics International Conference (Globelics 2011)* Buenos Aires, Argentina.

Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process.* New York and London: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Schumpeter, J. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New Cork: Harper and Brothers (Harper Colophon ed. 1976).

Schumpeter, J. A. (1947). The Creative Response in Economic History. *Journal of Economic History*, 7, 49 - 159.

Sutcliffe R. (1995). Development after ecology. En Bhaskar, V. & Glyn, A. (Eds.). *The South, and the environment : ecological constraints and the global economy.* New York: St. Martin's Press.

Capítulo 7

Una mirada a la producción de software de la comunidad científica colombiana

Clemencia Navarro*, Sandra Daza-Caicedo† y Edwin Bernal‡

Resumen

El capítulo presenta los resultados del análisis de la producción de software según la información registrada en la Plataforma Scienti, tomando como referencia dos preguntas básicas: ¿Cuáles son las características de los productos de software que registran los investigadores colombianos? y, ¿hasta qué punto la Plataforma Scienti permite un buen registro de este tipo de productos? Si se tiene en cuenta que la información registrada en esta plataforma se utiliza como base para la clasificación de grupos, el desarrollo de políticas y la aplicación de apoyos e incentivos, es fundamental preguntarse por producciones que como la de software han adquirido una gran importancia dentro de comunidades específicas pero que no han sido contempladas en los indicadores tradicionales. Este desconocimiento tiene consecuencias sobre la visibilidad y estímulos a ciertas comunidades académicas. El capítulo ofrece conclusiones sobre tres aspectos: el contexto de la producción y registro de los productos de software por parte de los investigadores y grupos de investigación; el proceso de selección, depuración y trabajo a partir de la información obtenida de las bases de datos; y los hallazgos realizados a partir de los datos extraídos.

Palabras clave: Software, producción científica, plataforma ScienTI, indicadores de CTI.

Abstract

The chapter analyses software production in Colombia as it is registered in Scienti online database. The Chapter attempts to answer two basic questions: Which are the software features registered in the data base by Colombian investigators?, to what extent Scienti allows for an adequate description of this type of products? Considering that the information recorded in this database is used as an input for rankings, design of policies and grants, it is crucial to develop indicators of software production in the academic realm based on a sound description of this kind of

* Joven investigadora hasta diciembre de 2012. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, clemencia@software-shop.com
† Investigadora. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, sdaza@ocyt.org.co
‡ Investigador hasta mayo de 2012. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, [redacted]

products. Otherwise it will revert into disincentives or invisibility of certain academic communities and practices. The chapter concludes on three different levels: the context of the production and recording of software products in the DB, the selection process and debugging of the information obtained from the databases; and the findings from the extracted data.

Keywords: Software, scientific production, ScienTI Platform, Science indicators.

Introducción

Durante las últimas décadas se ha hecho un gran esfuerzo por identificar y medir la producción de la comunidad científica colombiana. Para ello se ha constituido toda una red de actores, sistemas informacionales y normas que han permitido establecer lo que podríamos considerar un sistema para la medición de las actividades de ciencia y tecnología en Colombia. Ejemplos de ello son la misma creación, hace más de una década, del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT); los decretos 1444 de 1993 y 1279 de 2002; el diseño de plataformas como Publindex y ScienTI, así como normas y reglamentos de las universidades para estimular la productividad entre sus investigadores, entre otros.

Este sistema de medición de la ciencia y la tecnología en Colombia —como consecuencia de un fenómeno global (Gómez, 2005)— ha puesto un énfasis particular en la medición de la producción vía publicaciones científicas indexadas, lo cual no ha estado libre de críticas. Para algunos, este énfasis desconoce los patrones locales y de área de las publicaciones (Gómez, 2009; Hanafi, 2011; Kreimer, 2006); para otros excluye o subrepresenta las dinámicas de las regiones menos avanzadas en el país y otras formas de producción de la comunidad académica, por ejemplo, las de investigadores en artes y arquitectura, en ingeniería o en comunicación.

Es en este último punto donde se inscribe este capítulo, que hace parte de una serie de trabajos que se vienen desarrollando en el OCyT con el propósito de estudiar el comportamiento de otros tipos de producción que generan los investigadores colombianos, diferentes a las publicaciones en revistas indexadas (Daza-Caicedo & Bucheli, 2008; Flórez Niño, 2011). Para explorar estos otros tipos de producción hemos partido de la plataforma ScienTI, por ser esta —a pesar de las críticas y sesgos que se le puedan atribuir— la que contiene la mayor y mejor cantidad de información sobre la producción científica nacional.

El presente capítulo muestra los resultados de una revisión que realizamos específicamente sobre la producción de software incluida por los investigadores en la plataforma ScienTI. El objetivo de la revisión fue responder dos preguntas: ¿cuáles son las características de este tipo de producción? y ¿hasta qué punto la plataforma ScienTI permite una buena caracterización y seguimiento de este tipo de productos?

Consideramos que dentro de la producción de la comunidad científica colombiana, la de software es una de las que no ha sido suficientemente explorada ni tenida en cuenta en los actuales sistemas de medición. Si tenemos presente que la información registrada en esta plataforma se utiliza como base para la clasificación de grupos, el desarrollo de políticas y la aplicación de apoyos e incentivos, es fundamental preguntarnos por producciones que, como esta, han adquirido una gran importancia dentro de comunidades específicas, y cuyo desconocimiento y subrepresentación pueden estar afectando los incentivos que ciertas colectividades de investigación, por ejemplo, la de ingenieros, podrían estar recibiendo. En ese sentido, con este capítulo queremos aportar elementos para mejorar las clasificaciones de la plataforma, así como insumos para la elaboración de futuros indicadores para este tipo de productos.

Es importante señalar acá que los productos de software pueden ser comprendidos por lo menos en dos dimensiones: como productos de investigación o como productos comerciales. En el segundo caso, como mostraremos, existen algunas normas y clasificaciones que aunque no son del todo idóneas para el contexto nacional permiten algún tipo de seguimiento al software nacional. Sin embargo, lo que a nosotros nos interesa es el software en su dimensión de producto de investigación, pues allí las clasificaciones y normativas son aún más precarias. De ahí que en la primera parte del capítulo dediquemos un espacio a mostrar las normativas y clasificaciones existentes, que podrían ser utilizadas para la elaboración de futuros indicadores sobre estos productos.

La segunda parte del capítulo muestra la caracterización propiamente dicha, la cual fue realizada a partir de la selección de algunos campos de interés tomados de los datos incluidos como producción de software en las bases de datos CvLAC y GrupLAC de la plataforma ScienTI.

El capítulo se encuentra dividido en cuatro secciones. En la primera reflexionamos sobre algunos aspectos relacionados con la medición y clasificación de la producción de software, que se constituyen en elementos necesarios si se quiere elaborar indicadores sistemáticos en este campo. En la segunda mostramos la metodología seguida haciendo énfasis en las limitaciones de la información, no como una crítica sino con la pretensión de aportar un insumo para reflexiones futuras sobre el registro y seguimiento a este tipo de producción. En la tercera sección mostramos los resultados del análisis realizado a partir de los productos de software incluidos en ScienTI, tanto por investigadores como por grupos, los cuales revelan un panorama general y ofrecen una idea de los problemas encontrados para el manejo de los datos con el sistema de registro actual. Finalmente, ofrecemos un conjunto de conclusiones apoyadas en apartes de las contribuciones realizadas por algunos grupos de investigación consultados que registran productos de software, planteando temas de interés para futuras investigaciones.

Nota para el lector: en las páginas que siguen se utilizará la palabra registro en dos sentidos: el primero para referirnos al registro jurídico o legal que se hace de los productos de software ante las autoridades competentes; el segundo, al registro de productos de software en las bases de datos GrupLAC y CvLAC de la plataforma ScienTI. Cuando lo hacemos en el primer sentido utilizamos la sigla RJL y cuando usamos la palabra registro sola nos estamos refiriendo a la segunda acepción.

7.1. Aspectos generales sobre el software

En el *Diccionario de la Lengua Española* (Real Academia Española, 2011) el software es definido como: "El conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora". En consecuencia, al referirnos a software estamos incluyendo todas las aplicaciones informáticas tales como procesadores de texto, planillas de cálculo, editores de imágenes, etc., lo que a nivel mundial configura una gran industria. Este es uno de los sectores más activos y grandes de la economía mundial y, en general, cuando se habla de producción de software se está haciendo alusión no solo a los productos específicos sino también a todos los servicios asociados, por ejemplo, los de capacitación.

La producción de software y servicios relacionados se caracteriza por su contribución importante a las actividades de innovación y desarrollo (Sancho, 2002) y su aporte de manera directa a la modernización de los sectores que se benefician de ellos. Algunos de estos beneficios se ven representados en la optimización de procesos en ámbitos empresariales y comerciales o en la contribución al desarrollo de disciplinas específicas, como en el caso del software especializado para uso educativo o científico. El desarrollo de software es apenas una parte de las múltiples actividades y servicios relacionados que se derivan de este sector. Algunas de las áreas fundamentales en este proceso están asociadas con el soporte, la capacitación y comercialización de estos productos, con un impacto directo en los índices de empleo y demanda de profesionales en este campo (Heshusius, 2009).

Con respecto a su impacto social, la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá, en su estudio *El sector del software en Colombia,* resalta su importancia planteando que del progreso en el ámbito tecnológico "depende el uso masivo de las tecnologías de información en la sociedad y por ende una mejor calidad de vida de su población" (2005, p. 6). Es decir, que los aportes de este sector desempeñan un rol fundamental en la difusión y masificación del uso de las tecnologías entre esferas más amplias de la población, las cuales pueden beneficiarse de la interacción con estos productos en su vida cotidiana. Estos beneficios van desde las posibilidades de instaurar el voto electrónico, hasta el uso de tecnologías que permitan monitorear el estado del clima para el manejo de las siembras y de la cosecha.

Por otra parte, al ser una actividad que requiere de un alto grado investigativo, tecnológico y científico, se convierte en un factor importante para valorar el nivel de los profesionales de las áreas que desarrollan estos productos, la aplicación de sus conocimientos, su contribución a la innovación y la capacidad de articular su actividad con las necesidades planteadas por el medio. Eischen (2002) señala que el impacto de este tipo de productos va mucho más allá del ámbito profesional y económico que es en donde, por lo general, se detienen muchos estudios. Según este autor, en una sociedad de la información el desarrollo del software y la lógica que lo fundamenta se constituye en un elemento de gran importancia para la comprensión de las transformaciones sociales en términos de interacciones,

comportamientos, actitudes y relaciones de poder asociadas a procesos cada vez más informatizados.

En el ámbito académico se generan, además, espacios de acercamiento y lógicas de producción distintas a las que se utilizan en el sector comercial, lo que facilita la articulación entre diferentes áreas del conocimiento y la generación de nuevas propuestas y aportes multidisciplinarios que contribuyen al avance científico y tecnológico en general.

De acuerdo con Tigre & Marquez (2009, p. 287) los aportes de la producción de software para el desarrollo económico y social se resumen en tres aspectos: el alto nivel de conocimientos aplicados y el rápido crecimiento de la industria, que permite la generación de empleos y profesionales calificados; la transmisión de conocimiento y tecnología en beneficio de la sociedad en general; y el crecimiento de la participación de profesionales nacionales en la producción de software a nivel global, que representa posibilidades para el desarrollo de la industria local y para el aumento de la participación de los países latinoamericanos en la producción mundial de software.

La producción que analizamos en el presente artículo pertenece a investigadores y grupos de investigación de la comunidad científica que crean software particularmente en contextos académicos, y que la han reportado a través del sistema de registro de la plataforma ScienTI.

7.1.1. La medición de los productos de software

Como lo señalamos al comienzo del capítulo, es fundamental que el sistema de medición de actividades de ciencia y tecnología (ACT) tenga mecanismos para valorar la producción técnica colombiana, entre ella la producción de software. Ahora bien, en el mundo, buena parte de los ejercicios de clasificación, seguimiento y medición de software han sido desarrollados más para responder a criterios comerciales o jurídicos que para hacer un seguimiento de su evolución en términos de ACT. Al decir de Ferreira y colegas:

> La medición del software sufre los síntomas típicos de cualquier disciplina relativamente joven. A pesar de los esfuerzos y de los avances en la investigación y en la estandarización internacional durante la última década, la medición del software se encuentra en una fase en que terminología, principios y métodos aún están siendo definidos, consolidados y acordados. En particular, no hay todavía consenso sobre los conceptos y terminologías utilizadas en este campo. Por ejemplo, usuarios e investigadores de la medición del software aún no lograron un acuerdo sobre el significado preciso de algunos términos comúnmente utilizados como "medición". La situación no es mucho mejor si miramos los estándares internacionales de ingeniería del software desarrollados por las principales organizaciones e instituciones de estandarización como IEEE, ISO o IEC. Se pueden encontrar inconsistencias y conflictos de terminología entre

> estándares de diferentes organizaciones e incluso en algunos de una misma organización. Además, ningún estándar contiene una visión completa de la medición del software. Todos ellos ofrecen vistas parciales del dominio de la medición del software: las métricas, el proceso de medición, o las entidades y objetivos de la medición (Ferreira, García, Ruiz, Bertoa, Calero, Vallecillo, Piattini & Mora, 2006, p. 2).

En el caso de Colombia, por ejemplo, no existe un sistema estandarizado de registro jurídico o legal (RJL) de software, lo cual dificulta su análisis y eventual medición. De acuerdo con la revisión inicial de literatura relacionada con la medición y clasificación de productos de software en el mundo, encontramos algunos aspectos a tener en cuenta a la hora de pensar en futuras clasificaciones: RJL, criterios de calidad y los diferentes tipos de software.

7.1.2. Registro jurídico y legal

Los aspectos legales y jurídicos constituyen un factor clave para verificar la existencia del producto de acuerdo con la información recopilada por instituciones del orden nacional que tienen como objeto regular las condiciones de protección, apoyo y comercialización de los productos de software. Dentro de estos se encuentra, por ejemplo, el RJL ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor y categorías de gran importancia relacionadas con los tipos de obras y contratos, que resumen las formas particulares de trabajo alrededor de esta clase de producción y que se hallan reguladas en normatividad específica. En la tabla 7.1 se presenta un resumen de algunos de estos aspectos.

En 1967, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) trató en Estocolmo, por primera vez, el tema del software y la posibilidad de acogerlo bajo esta figura, sugiriendo un estudio a fondo que permitiera conocer sus características principales. En 1978 se publicaron los resultados del estudio realizado y se estableció una "ley tipo" para protección de software como propiedad intelectual. En los años 80 se implementó esta ley tipo que obligaba genéricamente a los países

Tabla 7.1. Aspectos jurídicos y de registro

ASPECTOS JURÍDICOS Y DE REGISTRO	
Aspectos jurídicos relacionados	Derechos morales
	Derechos patrimoniales
Registro	Derechos de autor
Tipo de obras y contratos	Obra originaria
	Obra derivada
	Obra del trabajador
	Obra por encargo
	Obra colectiva
	Obra en colaboración
	Obra compuesta

Fuente: elaboración OCyT, a partir de García, 2011

a proteger el programa de computador como obra literaria y por ende cultural, bajo el argumento de que toda producción local hace parte de la cultura de un pueblo (Zapata, 2011).

Acogiendo estos postulados, en Colombia se adoptó la protección del software bajo derechos de autor caracterizándolo como una obra literaria que se fundamenta en un lenguaje específico, aspecto que se deriva del Convenio de Berna realizado a propósito de este tema. Posteriormente se normalizó el RJL y se reiteró por medio de diferentes leyes, acuerdos y decretos: "Ley 23 de 1982, Ley 33 de 1987, Ley 565 de 2000, Decreto 1360 de 1989, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995, Acuerdo WCT de 1996, Ley 603 de 2000, Circular 05 de 2001 DNDA" (Ríos, 2004, p. 3).

Con respecto a las normas generales acerca de la aplicación de la protección de derechos de autor al software, se considera que la titularidad sobre la creación de la obra no protege la idea sino la obra o producto como tal, el cual debe expresarse en un soporte digital o material cotejable en posibles litigios (Zapata, 2011).

Para efectos del RJL de software ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor el único requisito es el diligenciamiento del formulario destinado para tal fin, en donde se documentan los datos básicos de la persona que realiza el registro, así como los elementos del soporte lógico aportado. Estos elementos solamente son examinados a profundidad en caso de litigios sobre la autoría de la obra.

El registro de derecho de autor, a diferencia de la patente, no está sujeto a formalidades de arbitraje, es decir, el producto no está sometido a ningún tipo de revisión por pares o a evaluaciones de calidad específicas por parte de la entidad.[1] Esto constituye una dificultad para la valoración, ya que la figura del derecho de autor no puede ser considerada una certificación como tal ni garantizar la calidad del producto (Zapata, 2011), lo cual supone un problema para la construcción de indicadores sobre software.

7.1.3. Criterios de calidad

A nivel general existen algunos criterios para el aseguramiento de la calidad de los productos de software, como las normas ISO 9000 que proveen lineamientos para la gestión de calidad en los procesos de producción o el modelo *Failure mode and effects analysis* (FMEA),[2] una metodología analítica para evaluar, detectar y planificar modos de solución de problemas identificados en el ciclo de producción de software y que se aplica antes de la finalización del producto. Sin embargo, frente a este as-

1 En este caso, la Dirección Nacional de Derechos de Autor cumple con la función de ofrecer el servicio gratuito de registro del producto de software, cuya finalidad es la de "otorgar seguridad jurídica a los titulares de acuerdo con sus derechos autorales y conexos". Dirección Nacional de Derechos de Autor. Documentación. Recuperado de: http://www.derechodeautor.gov.co/htm/legal/servicios/conceptos/arch_conceptos/2-2010-10582.pdf

2 http://www.quality-one.com/fmea/

pecto, hay que tener en cuenta la modalidad específica de producción de software en contextos académicos, la cual no siempre atiende a estándares determinados para la producción de software a nivel comercial.

Por este motivo, estudiar nuevas formas de documentar y valorar la producción de software en el ámbito académico supone también un trabajo por parte de las comunidades científicas para caracterizar y optimizar los procesos de producción, valoración y visibilización de sus productos de investigación desde las mismas instituciones y grupos, así como un trabajo de integración de los esfuerzos de estas instituciones, que podrían estar centralizados en la plataforma ScienTI.

Esta necesidad se ha hecho más evidente para las comunidades científicas en procesos como los de acreditación de programas de pregrado y posgrado, en los que el manejo y la documentación de la información referente a la producción científica de estudiantes, docentes e investigadores se han convertido en un factor de enorme importancia. Sin embargo, estos se realizan en algunos casos a través de sistemas de documentación internos que atienden a las necesidades particulares de las instituciones, generalmente relacionadas con la generación de indicadores propios sobre la producción científica de sus miembros.[3]

Al realizar una búsqueda sobre clasificación de productos de software, encontramos que una de las más conocidas es el modelo propuesto por la NAPCS (North American Product Classification System), que utiliza criterios como la complejidad del producto, los recursos utilizados y el tipo de uso al que estos se orientan.

Esta clasificación es utilizada en Canadá, México y Estados Unidos, y ha servido de referencia para proyectos similares en otros países como Finlandia (Kuitunen, s. f.). También es común en los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), con algunas adaptaciones.

En la tabla 7.2 se presenta una sinopsis de esta clasificación, basada en el resumen del modelo realizado por el *Centre of Expertise for Software Product Business* (2005).

Una de las ventajas importantes de la clasificación NAPCS, además de su uso en diferentes países y contextos, es cómo esta se orienta al tipo de uso y a la complejidad del producto, lo que permitiría, en nuestro caso, diferenciar los tipos de productos registrados e identificar de una mejor manera las fortalezas generales y particularidades de la producción local.

3 Un ejemplo de esto son los sistemas de información desarrollados por las universidades para los procesos de acreditación de sus programas, en donde se registra de forma independiente la producción científica de la comunidad para poder obtener indicadores locales. Ver: Universidad Nacional de Colombia, proceso de acreditación de programas de posgrado. Recuperado desde: http://www.autoevaluacion.unal.edu.co/

Tabla 7.2. Clasificación de software de acuerdo con el modelo NAPCS

TIPO	CATEGORÍAS	PRODUCTOS
SOFTWARE DE SISTEMA	Software de sistema operativo (básico)	
	Software de red	Software de administración de redes
		Software de servidor
		Software de seguridad y de encriptación
		Middleware
		Otro software de red
	Software de administración de bases de datos	
	Herramientas de desarrollo de software y lenguajes de programación	Herramientas para software de pruebas y software de prueba
		Herramientas para desarrollo de programas
		Software de lenguajes de programación
		Otras herramientas para desarrollo de software y lenguajes de programación
SOFTWARE DE APLICACIÓN	Aplicaciones generales negocios y productividad (contabilidad y administración)	Aplicaciones de Office Suite
		Procesadores de texto
		Hojas de cálculo
		Bases de datos simples
		Aplicaciones gráficas
		Software para gestión de proyectos
		Software para Computer Based Training (actividades de aprendizaje de autoacceso)
		Otras aplicaciones generales para negocios y productividad
	Aplicaciones de uso en casa	Juegos
		Referencias
		Educación en casa
		Otras aplicaciones de uso en casa
	Cross – Industry Application Software	Software profesional para contabilidad
		Software para gestión de recursos humanos
		Software para gestión de relaciones con los clientes
		Software de sistemas de información geográfica
		Software para diseño de páginas/sitios web
		Other cross – industry application software (otras aplicaciones para la industria
	Mercado vertical de aplicaciones de software	Utilidades de software
		Programas de compresión
		Software antivirus
		Motores de búsqueda
		Fuente
		File viewers (visor de archivos)
		Software de reconocimiento de voz
		Otras utilidades
	Otro software aplicado	

Fuente: elaboración OCyT a partir de Centre of Expertise for Software Product Business, 2005

7.2. Metodología

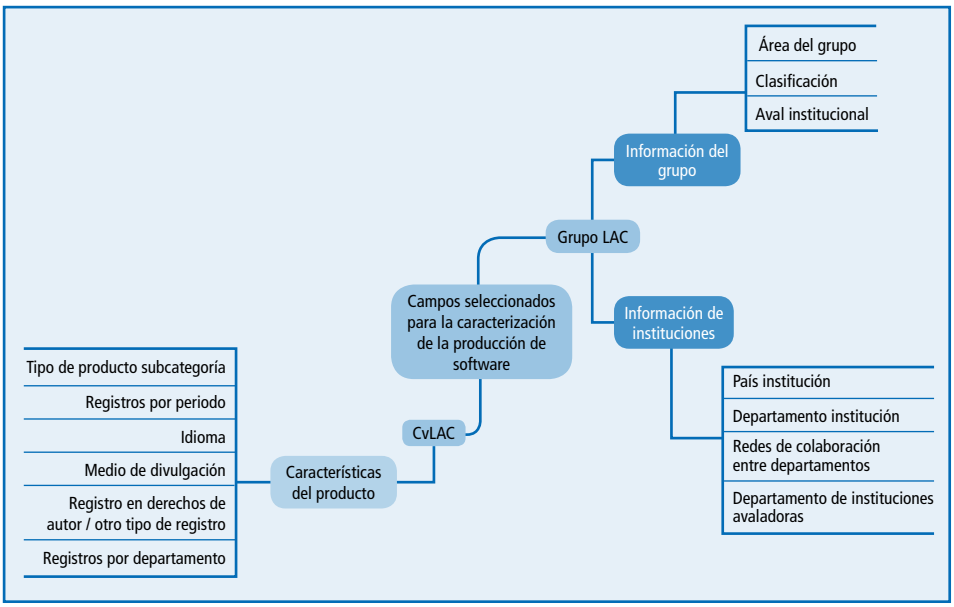
Como lo mencionamos anteriormente, la mejor fuente de información disponible para conocer la producción de software de la comunidad académica colombiana es la plataforma ScienTI. Por esta razón, para el desarrollo de este trabajo utilizamos la información consignada en ella, tanto en CvLAC por parte de los investigadores como en GrupLAC por parte de los grupos de investigación; hicimos un corte de la base de datos a marzo de 2011 y seleccionamos la información registrada hasta el año 2010, lo que nos arrojó productos entre 1972 y 2010. Como es sabido, la producción de los grupos

de investigación que está consignada en GrupLAC corresponde a la registrada en las hojas de vida de sus integrantes y que ha sido asociada al grupo por el líder de este. Esto es, no toda la producción de los integrantes de un grupo está asociada al grupo al que pertenecen. Adicionalmente, hay investigadores en CvLAC que no están vinculados a ningún grupo registrado en GrupLAC. Por tal razón hicimos el ejercicio para las dos bases (CvLAC y GrupLAC), justamente porque pretendíamos determinar si hay algún número significativo de productos registrados por investigadores que no estén asociados a grupos y cuya producción en software tenga alguna característica particular.

Actualmente, cuando un investigador desea registrar su producción en CvLAC se encuentra con tres grandes categorías: producción bibliográfica, producción técnica y otra producción. A su vez, la categoría producción técnica está subdividida en los siguientes productos: normas, procesos y técnicas, productos tecnológicos y software. Para los resultados que mostramos a continuación seleccionamos únicamente aquellos registros que figuran en la categoría producción de software.

Como se muestra en la gráfica 7.1, de CvLAC tomamos la información del producto propiamente dicha y de GrupLAC los campos que nos permitían caracterizar a los grupos que tienen asociada producción de software

Gráfica 7.1. Campos para la caracterización seleccionados de las bases de datos CvLAC y GrupLAC



Fuente: CvLAC y GrupLAC plataforma ScienTI.
Elaboración: OCyT

La preferencia por el uso del término "registros" en lugar de "número de productos" obedece a que no todos los productos registrados en la plataforma pueden considerarse únicos. Un mismo producto puede tener varios registros en las bases de datos debido a variaciones, actualizaciones o a trabajos realizados en colaboración con otros investigadores (en el caso de CvLAC) o entre varias instituciones (en el caso de GrupLAC).

Lo primero que hicimos fue un proceso de depuración de la información buscando registros perdidos y duplicados. Para CvLAC tomamos como datos perdidos aquellos registros que carecieran de información fundamental como el título del producto o que tuvieran la totalidad de los campos en blanco. En el caso de los registros duplicados, tomamos como criterio el 100% de similitud o coincidencia para los campos analizados: título del producto, año de presentación, idioma, país, municipio, disponibilidad, código de registro del producto, institución y nombre del investigador. Como resultado de este proceso de depuración obtuvimos un total de 13.074 registros válidos para la información extraída de la base de datos mencionada (tabla 7.3).

De los 13.074 registros hicimos un análisis de aquellos que aunque tenían 100% de similitud en el título presentaban diferencias en otros campos. Encontramos un total de 1.674 registros con similitud de título pero con registros de productos con el mismo título por parte de diferentes autores, y productos con el mismo título y autor que se diferenciaban en otros campos como institución, número de registro, idioma, disponibilidad y fecha de presentación (tabla 7.4). Algunas de estas diferencias podrían explicarse por trabajos elaborados en colaboración, en el primer caso, y actualizaciones de información en el segundo, teniendo en cuenta que en la plataforma no existe una opción especializada para el reporte de actualizaciones de software.

Tabla 7.3. Depuración de la información extraída de la base de datos CvLAC

Aspecto	Nro. de registros
Número inicial de registros	13.317
Registros perdidos o vacíos	6
Registros repetidos (100% de similitud)	237
Total registros válidos	13.074

Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Tabla 7.4. Análisis de similitud en los registros CvLAC

Registros con 100% de similitud en el título del producto	
Mismo título del producto y diferentes autores	1.557
Mismo título del producto y diferencias en institución/número de registros/idioma del producto/disponibilidad/año de presentación	117
Total registros con similitud	1.674
Registros con título de producto único	
Total registros con título único	11.400
Tota registros CvLAC	13.074

Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Para el análisis de la producción registrada por los grupos de investigación en GrupLAC tomamos, igual que en CvLAC, la información de la producción técnica (software) hasta el 2010. En el proceso de depuración eliminamos 135 registros repetidos, aplicando el criterio del 100% de similitud en todos los campos. Como resultado de este procedimiento obtuvimos un total de 7.977 registros válidos para la información extraída de la base de datos GrupLAC.

En el análisis de similitud de los registros de productos encontramos que 1.814 coincidían totalmente (100%) en el título, principalmente los realizados por parte de diferentes grupos de investigación, y registros con el mismo título y grupo asociados a diferentes instituciones (tabla 7.5).

Tabla 7.5. Análisis de similitud en los registros GrupLAC

Registros GrupLAC con 100% de similitud en el título del producto	
Mismo título del producto y grupo, diferente año de presentación	12
Mismo título del producto y grupo, diferente institución	939
Mismo título del producto e institución, diferente grupo	445
Mismo título del producto, más de tres campos diferentes en el registro	518
Total registros con similitud	1.814
Registros con nombre de producto único	
Total registros con título único	6.163
Total registros GrupLAC	7.977

Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Para los resultados de productos de software en GrupLAC trabajamos con un total de 7.977 registros asociados a grupos.

Como señalaremos con mayor detalle más adelante, uno de los inconvenientes fue que buena parte de los campos de clasificación de la producción de software en Scienti son texto abierto sin categorizaciones previas, lo cual implicó un arduo trabajo de conversión de la información en ellos contenida a variables cuantificables que permitieran cruces de información. La tabla 7.6 describe la manera en que cada campo fue transformado.

Una vez depurada y reclasificada la información procedimos al cálculo de estadísticas.

Adicionalmente, con el propósito de aportar elementos para la mejora del registro de información de este tipo en la plataforma ScienTI, realizamos una consulta a los grupos de investigación que registraron productos de software en los últimos dos años del corte de la base de datos con que trabajamos (2008 - 2010), mediante un formulario web con preguntas abiertas. Tan solo seis grupos de investigación

respondieron y sus aportes se han integrado a las conclusiones del presente trabajo. Con esta primera aproximación a los grupos de investigación a través de una estrategia participativa de carácter voluntario, se deja abierta una vía para futuros estudios en este aspecto, en los que se convoque la colaboración de la comunidad científica en las discusiones acerca de las formas de recolección de información sobre sus productos de software, así como sobre los criterios para clasificación y valoración de este tipo de producción en el marco de los indicadores de ciencia y tecnología.

Tabla 7.6. Transformación de información de campos abiertos en variables

Base de datos	Variable	Tipo de campo	Transformación
CvLAC	Número de registro del producto	Abierto tipo texto	Creamos una nueva variable para determinar el número de registros que reportan información sobre este aspecto, de acuerdo con la presencia o ausencia de información sobre el mismo.
	Disponibilidad	Abierto tipo texto	Creamos una nueva variable para agrupar las categorías de respuesta. De esta depuración quedaron las categorías de disponibilidad restricta, irrestricta y la categoría de no respuesta.
	Año de presentación del producto (año de finalización)	Texto	Creamos una nueva variable para realizar la agrupación en periodos de tres años. Hay que tener en cuenta que para productos de años anteriores a 2002 esta variable coincide con el año de terminación del producto, por lo tanto existen registros desde el año 1972 en adelante.
	Municipio	Texto	Creamos una nueva variable para reagrupación de los municipios por departamento.
GrupLAC	Año de presentación del producto (año de finalización)	Texto	Mismo procedimiento que la base de datos CvLAC.
	Área del grupo	Texto	Creamos una nueva variable para recodificar el área del grupo teniendo como base la clasificación de áreas de la ciencia determinada por la OCDE.

Fuente: elaboración propia OCyT

Limitaciones de la información

Como ya lo señalamos, uno de los principales obstáculos para construir un conjunto de indicadores propiamente dichos sobre la producción de software es que este tipo de productos no cuenta con indicadores de existencia bien definidos[4] y tampoco con clasificaciones de producto que permitan dar cuenta de las diferencias que pueda haber entre ellos. Por ejemplo, aspectos relacionados con la calidad del producto o con criterios técnicos que ayuden a determinar la mayor o menor complejidad en su elaboración. En lo que respecta a la producción de software, el indicador de existencia adoptado dentro del *modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación* (Colciencias, 2008) es el número de registro del producto, y de acuerdo con la normatividad existente en el país predomina el RJL de derechos de autor.

El uso del RJL como indicador de existencia del producto de software genera inquietudes con respecto a otros tipos de registro y protección aplicables al software,

4 Se conocen como indicadores de existencia aquellos aspectos que "demuestran que las actividades/productos existen, permitiendo establecer una fuente o medio de verificación" (Colciencias, 2002, p. 15). Un ejemplo de indicador de existencia es el ISSN de las publicaciones seriadas y el ISBN de los libros.

como la licencia GNU (General Public Licence) y sus derivadas, que no están explícitamente contempladas dentro de la valoración de productos de investigación como un indicador de existencia. Igualmente, la no inclusión de otras formas de producir y contribuir a un producto de software podría generar la exclusión automática de muchos productos definidos como software libre o de código abierto.

Al respecto, los datos encontrados en CvLAC son bastante significativos. De 13.074 registros de productos de software realizados por los investigadores, el 94% no aporta ningún tipo de código de registro del producto, mientras que apenas el 6% reporta información en este campo (tabla 7.7).

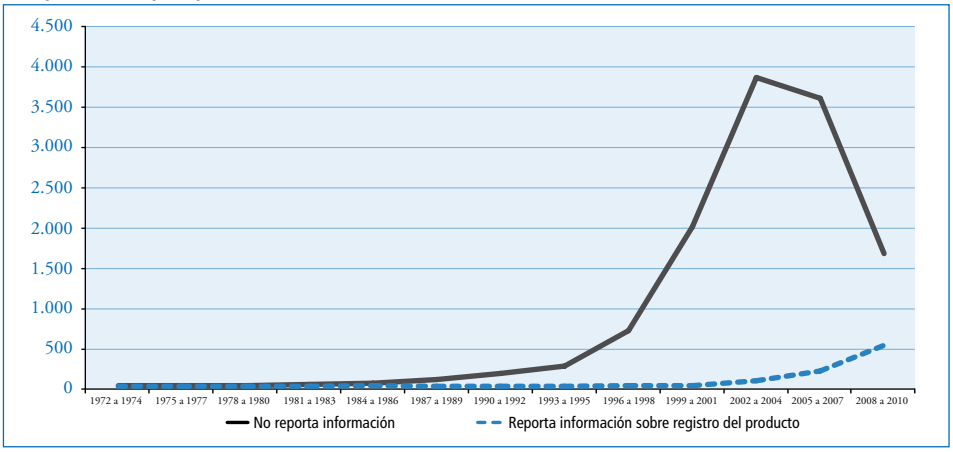
Al discriminar esta información por periodo[5] se evidencia, a partir del año 2002, un aumento en el número de registros que reportan información sobre el código del registro del software. En el mejor de los casos (periodo 2008 a 2010), el número de registros que reportan información sobre este aspecto no supera el 40% (gráfica 7.2).

Tabla 7.7. Número de registros en CvLAC que reportan información sobre registro de software

Estado registro ante entidad	Número de registros	%
No respuesta	12.305	94%
Reporta información sobre registro del producto	769	6%
Total	**13.074**	**100%**

Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Gráfica 7.2. Número de registros en CvLAC que reportan información sobre registro del producto por periodo



Fuente: CvLAC, con corte a diciembre de 2010
Cálculos: OCyT

5 Información basada en la variable "año de presentación". Es importante aclarar que en el momento en que se comenzaron a registrar estos productos en la plataforma, muchos investigadores ingresaron información de productos finalizados en años anteriores utilizando como referencia el año de finalización.

Por otra parte, además de que la mayoría de campos para el registro de productos de software son abiertos, no son de diligenciamiento obligatorio, lo que, como veremos a continuación, genera dificultades metodológicas para el análisis de la información obtenida a partir de ScienTI.

Otro problema recurrente es que al ser campos abiertos y no obligatorios hay un alto porcentaje de no respuesta, lo cual implica una subestimación en los datos que presentamos.

7.3. Resultados

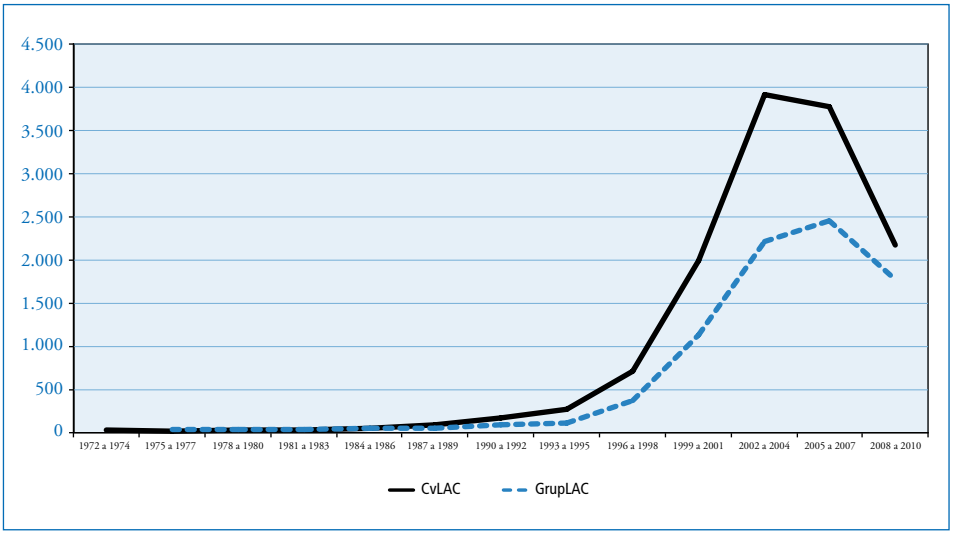
7.3.1. Producción de software

Con respecto al registro de productos de software por parte de investigadores (CvLAC), lo primero que podemos señalar es que, de acuerdo con la información consultada, ha habido un incremento durante los últimos veinte años. Hay que tener en cuenta que en el momento en que se comienza a registrar esta información en la plataforma (año 2002) muchos investigadores ingresaron información de productos de años anteriores utilizando como referencia el año de finalización, por lo que en el campo destinado al año de presentación encontramos registros desde 1972.

Como se observa en la gráfica 7.3, hubo un crecimiento importante en el registro de este tipo de producción en el periodo 1999 a 2001, que se mantuvo hasta el año 2004 cuando se inicia un decrecimiento en el número de registros, lo cual no necesariamente corresponde a una disminución real de la producción, sino a un posible "efecto convocatoria", esto es, "que gran parte de los investigadores actualizan sus hojas de vida solo como respuesta a las convocatorias para la medición de grupos de investigación" (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2011, p. 74) y en ese sentido podría haber un subregistro en los últimos años del periodo contemplado; lo mismo ocurre con la información registrada por los grupos de investigación en GrupLAC.

Igualmente destacamos una diferencia importante entre el número de registros realizado por parte de investigadores en CvLAC (13.074) y el número de registros efectuado por los grupos de investigación (7.977) en el periodo estudiado, lo cual puede indicar que, en efecto, hay un número importante de productos de software desarrollados por investigadores que no están vinculados a ningún grupo.

Gráfica 7.3. Productos de software registrados por periodo



Fuente: CvLAC y GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.2. Registros por entidad territorial

Para este análisis tomamos, de la información extraída de la base de datos CvLAC, la variable recodificada por departamento, diferenciando los datos correspondientes a la ciudad capital (Bogotá), y de la información extraída de la base de datos GrupLAC la variable "departamento institución", que hace referencia a la institución consignada en el registro del producto y que puede ser igualmente institución avaladora del grupo de investigación.

Una dificultad para el análisis de este indicador, y que fue recurrente en otros campos de interés, fue el alto porcentaje de no respuesta en la información extraída de la base de datos CvLAC, lo cual afectó el análisis comparativo entre ambas bases de datos (tabla 7.8).

Tabla 7.8. Información disponible para análisis de registros por entidad territorial

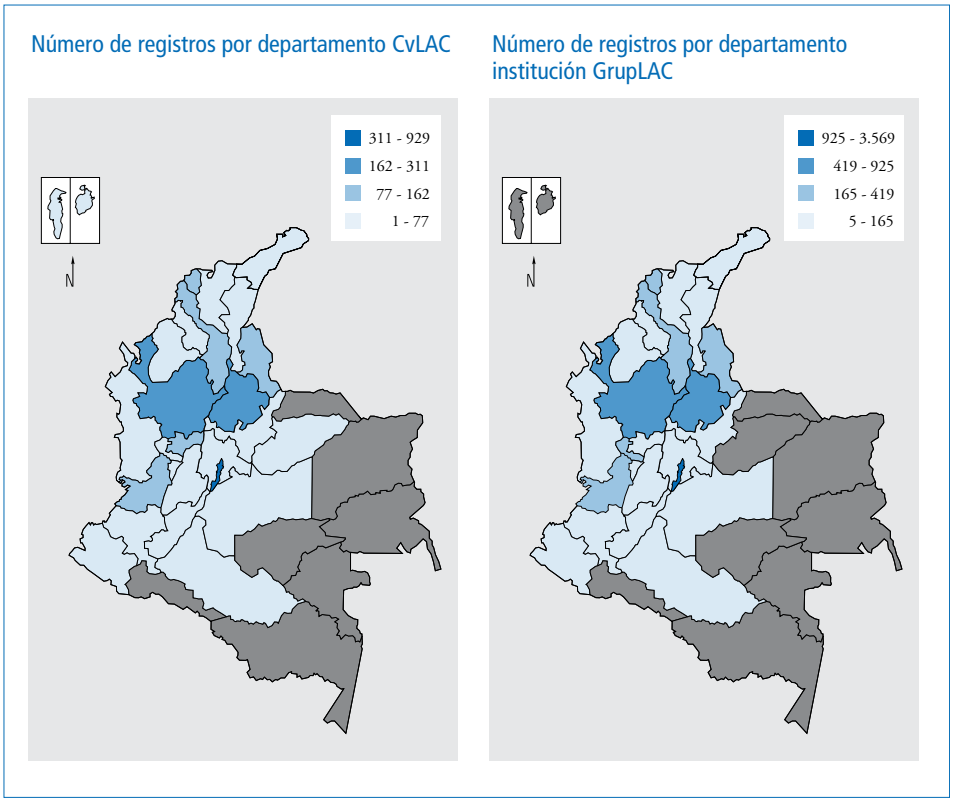
Detalle de registros	CvLAC	GrupLAC
Número total de registros	13.074	7.977
No respuesta	10.231	0
No aplica	92	68
% de no respuesta	78%	0%
Total de registros con información	**2.751**	**7.909**

Fuente: CvLAC y GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Como observamos en la tabla 7.8, el porcentaje de no respuesta en CvLAC para esta variable es del 78%. El campo "no aplica" hace referencia a productos de software reportados para otros países.

Al realizar una distribución geográfica de estos datos apreciamos que en los productos registrados, tanto por investigadores como por grupos, el mayor número de registros se concentra en las principales entidades territoriales; al igual de lo que ocurre con otro tipo de producción, los departamentos de Amazonas, Vaupés, Guainía, Vichada, Guaviare, Arauca y Putumayo no presentan registros de productos de software para el periodo estudiado. El análisis comparativo de la distribución del número de registros por entidad territorial arrojó un comportamiento muy similar para CvLAC y GrupLAC, aspecto que confirma la correspondencia entre los registros individuales de la base CvLAC y los registros realizados por los grupos de investigación en GrupLAC.

Mapa 7.1. Número de registros por entidad territorial



Fuente: CvLAC y GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Con respecto al número de registros por entidad territorial advertimos que la mayor parte de las entidades territoriales en donde se registran productos de software se ubican en los rangos más bajos de frecuencia de registros, tanto para la información obtenida en CvLAC como en GrupLAC, mientras que la mayor concentración de registros de producción de software coincide con la ubicación de las ciudades más grandes del país. GrupLAC presenta una mayor densidad en el número de registros por entidad territorial, teniendo en cuenta que el porcentaje de no respuesta para esta variable es del 0%.

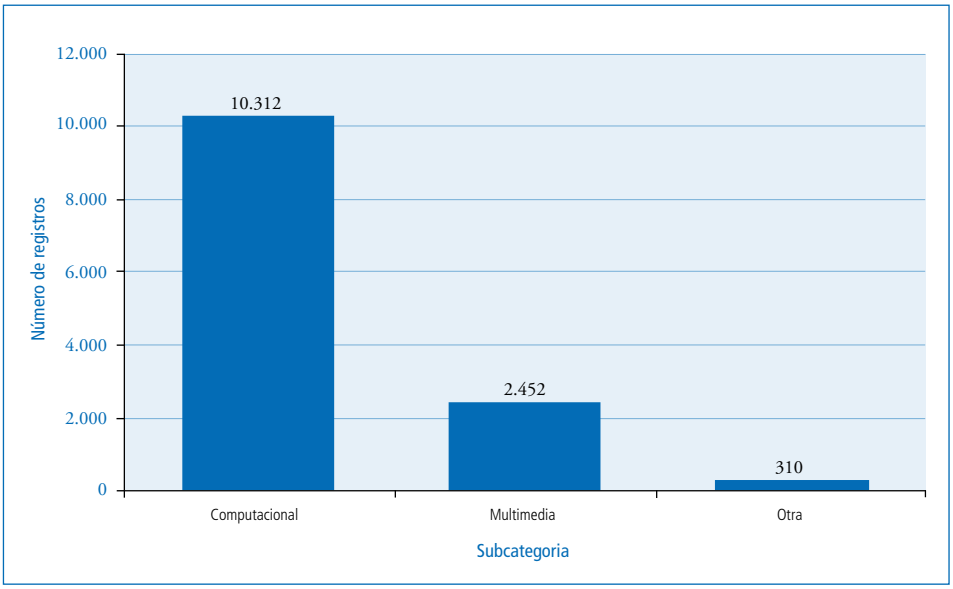
7.3.3. Características de la producción de software registrada por investigadores

Como lo señalamos anteriormente, la información sobre las características del producto fue extraída de CvLAC. Los campos de esta base de datos permiten dar cuenta de aspectos como el tipo de producto o subcategoría, idioma, medio de divulgación y la información sobre el registro del producto ante una institución.

7.3.4. Tipo de producto o subcategoría

Se presenta en el formulario de registro como un campo cerrado que comprende las siguientes subcategorías definidas dentro de la plataforma Scienti: computacional, multimedia y otra. Con respecto a la información extraída, la mayor parte de los productos registrados en CvLAC (78.9%) corresponde a la subcategoría "computacional" (gráfica 7.4).

Gráfica 7.4. Tipo de producto por subcategoría



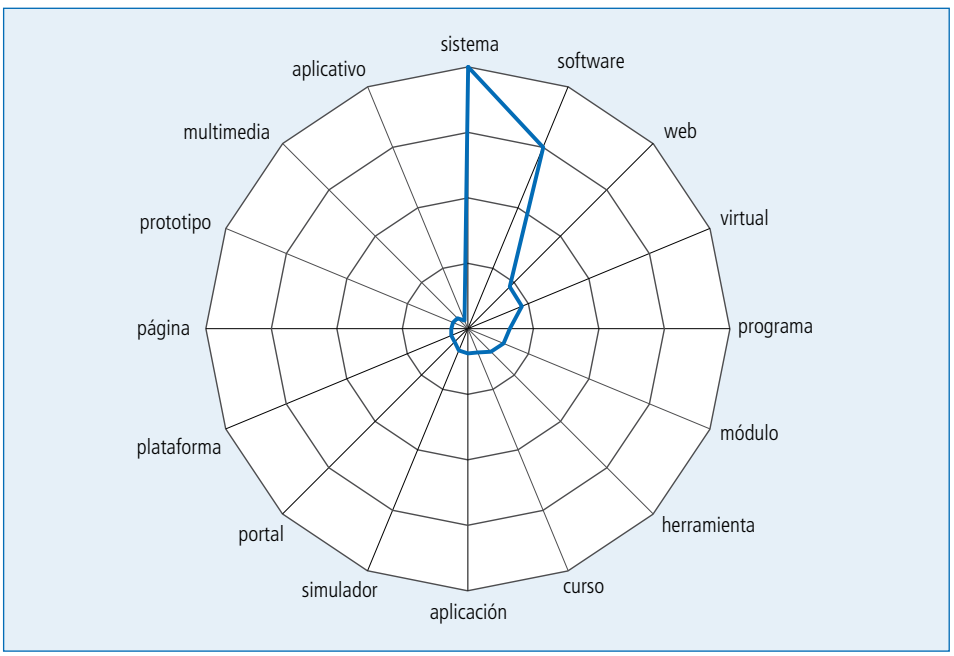
Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Al hacer el análisis de la información de acuerdo con estas subcategorías hallamos que aún resultan muy amplias para evidenciar las posibles diferencias que puedan existir entre los productos, teniendo en cuenta aspectos como su complejidad. Básicamente la información registrada se divide en las dos categorías principales, sin evidenciar una variación importante en la tipología de los productos registrados.

De forma complementaria a esta exploración, realizamos un análisis de las palabras más frecuentes en los títulos de los productos buscando posibles palabras clave que sirvieran como descriptores relacionados con el tipo de producto registrado, esto es, que nos permitieran ampliar la tipología ofrecida por el formulario de registro. Como resultado de esta búsqueda y depuración obtuvimos el listado de palabras, distribuidas por frecuencia, que muestra la gráfica 7.5.

Teniendo en cuenta esta información, las palabras software y sistema son las que se utilizan con más frecuencia en los títulos de los productos. Con una frecuencia mucho menor la palabra web, relacionada en algunos casos con páginas y portales y en otros con el funcionamiento de la plataforma o aplicativo a través de Internet. Otro grupo importante en la exploración de la base de datos es la de aquellos productos relacionados con cursos virtuales y, por último, las herramientas multimediales referidas por lo general a contextos educativos. Esto evidencia que en los registros encontrados predomina la producción de software de aplicación, de acuerdo con la categoría NAPCS introducida anteriormente.

Gráfica 7.5. Palabras más frecuentes en título del producto



Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.5. Medio de divulgación

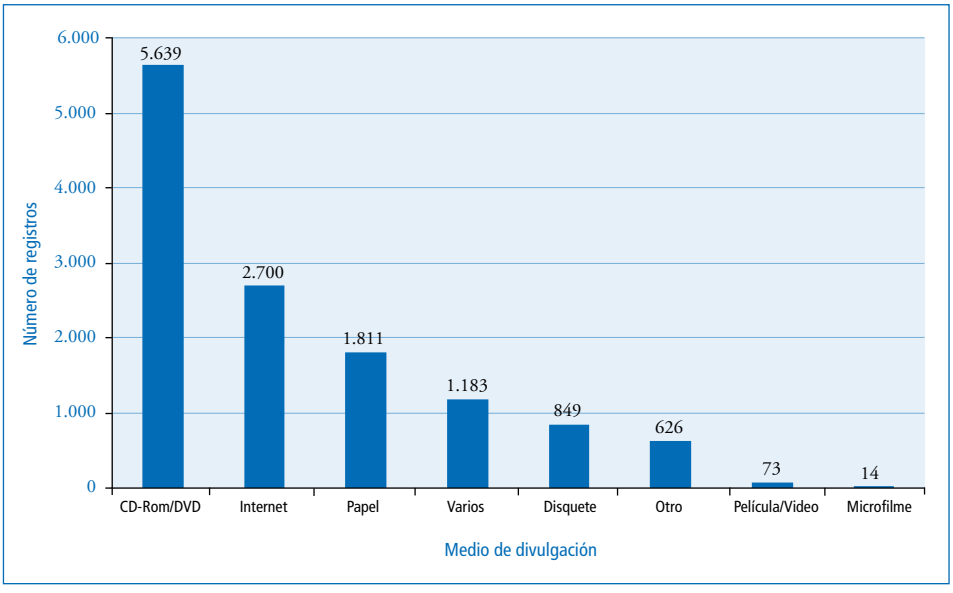
Este se presenta como un campo cerrado que comprende las siguientes categorías dentro de la plataforma ScienTI: CD-ROM/DVD, Internet, papel, disquete, película/video, microfilme, varios, otro.

En el caso de la información extraída, el medio de divulgación predominante es el CD-ROM/DVD con un 43.1%, seguido de Internet con un 20.7% y papel con 13.9% (gráfica 7.6).

De acuerdo con lo anterior, parece necesaria una definición más específica de lo que se entiende por medio de divulgación en referencia a un producto de software, teniendo en cuenta que las categorías "varios" y "otros" muestran un porcentaje alto de selección y no permiten identificar los medios de divulgación utilizados.

Frente al porcentaje de registros en donde se menciona como medio de divulgación la categoría "papel", surge la posibilidad interesante de incluir a futuro un campo que permita a los investigadores reportar si el producto de software tiene que ver, además, con otro tipo de producto de investigación como, por ejemplo, producción bibliográfica. Esto brindaría información adicional sobre la relevancia del producto, área en la que se enmarca y otros puntos de interés para su caracterización.

Gráfica 7.6. Distribución por medio de divulgación*



Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT
* 179 registros no tienen información sobre medios de divulgación

7.3.6. Idioma

Con respecto al idioma del producto reportado, en la información extraída de la base de datos CvLAC encontramos que el 90.91% está en español y el porcentaje restante se distribuye entre un 7.31% en inglés y un 1.78% en productos aislados o únicos en francés, alemán, portugués, ruso, interlingua, italiano, catalán, butaní, finlandés, japonés, aimara, albanés, armenio, checo, eslovaco, esperanto, inupiak, latín y otros.

La elaboración de productos en español, aunque evidente de acuerdo con el contexto, se resalta como uno de los aportes principales de la producción de software a nivel local, teniendo en cuenta que el idioma de un producto se constituye en un factor fundamental para su uso. Por otra parte, la variedad de productos de software elaborados en lenguas pertenecientes a pequeñas comunidades o de uso menos extendido, aunque mínima en términos de porcentaje, permite pensar que algunos de estos pueden estar orientados a suplir necesidades de investigación posiblemente no atractivas para la industria de software a nivel comercial pero sí esenciales por tener un impacto importante sobre ciertas comunidades como, por ejemplo, las indígenas.

7.3.7. Información sobre registro legal o jurídico del producto

Como lo hemos venido mencionando, este campo presenta varias dificultades para el seguimiento de la producción local de software. En primera instancia, la legislación local que insta al registro de derechos de autor genera inquietudes frente a los productos de software libre. En segundo lugar, la manera en que se registra esta información en la plataforma ScienTI no es la más adecuada, ya que los investigadores deben consignarla en CvLAC, en el campo *registro de derechos de autor/otro tipo de registro* que es abierto y no obligatorio. Como consecuencia, apenas el 6% de los registros de software de CvLAC proveen algún tipo de información en este campo y los que si la contienen no utilizan una única forma de registro, lo que redujo aún más el número de los que realmente ingresaron dentro del rango de valoración, de acuerdo con los criterios utilizados para definir un indicador de existencia, esto es, que en efecto correspondían a un producto de software.

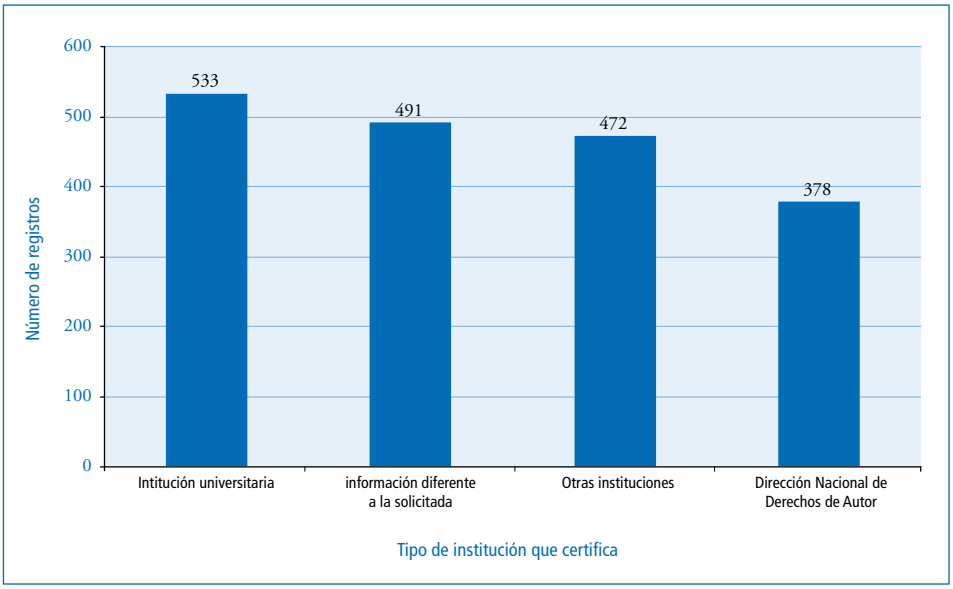
En la gráfica 7.7 se observa la información consignada en el campo "institución que certifica". Del bajo porcentaje de registros CvLAC (6%) que proveen información para este campo, apenas 378 (4,7% del total) reportan haber registrado el producto de software ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, mientras que 533 mencionan como institución certificadora a una entidad universitaria, caso en el que la certificación comprende desde actas, resoluciones y tesis de grado hasta el respaldo de un grupo de investigación.

En "otras instituciones" se agrupan centros de investigación, empresas y otro tipo de entidades que por lo general son usuarias o beneficiarias del producto de software y, en consecuencia, la certificación está soportada en una carta de aceptación del producto firmada por la persona encargada o en actas de liquidación del contrato en el cual se enmarcó su desarrollo.

En cuanto a los registros de la base de datos CvLAC, resalta que en el 6,2% del total los investigadores han consignado en este campo información diferente a la solicitada, por tanto, para efecto de este análisis fue considerada perdida o incompleta.

Ante la baja tasa de respuesta a esta variable y los problemas encontrados para el análisis de la información, consideramos que este campo en particular puede no ser claro para los investigadores a la hora de hacer el registro en la plataforma ScienTI.

Gráfica 7.7. Número de registros según institución que certifica (registro del producto)



Fuente: CvLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.8. Características de la producción de software registrada por grupos

En este caso la base de datos GrupLAC provee principalmente información en aspectos tales como categoría de los grupos, áreas de la ciencia relacionadas e instituciones que los avalan. Teniendo en cuenta la incidencia de la valoración de la producción técnica para la clasificación de los grupos de investigación, el análisis de esta información permite determinar aspectos adicionales con respecto a los productos de software elaborados y, a su vez, las características y estado de estos grupos dentro del sistema de valoración.

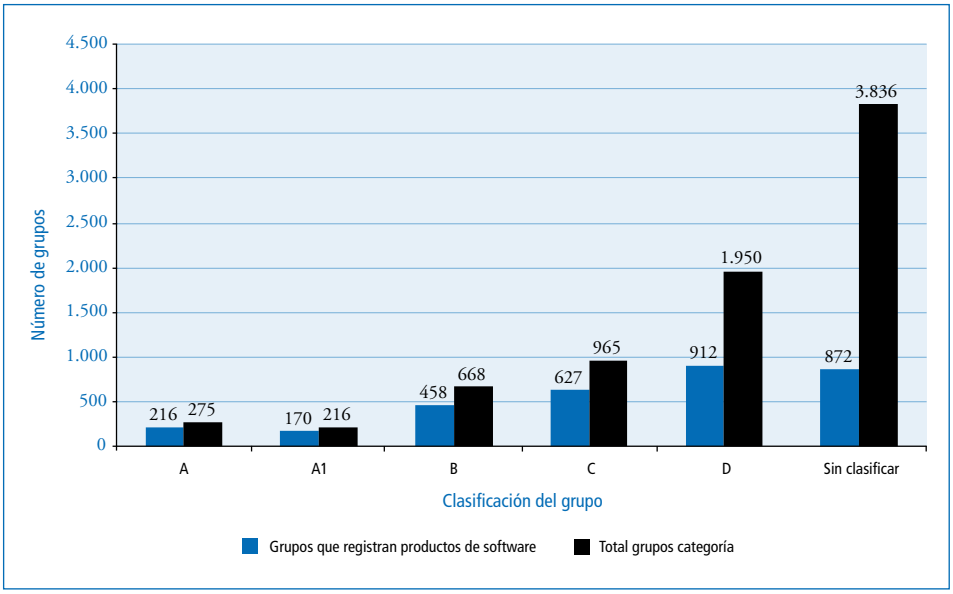
7.3.9. Grupos de investigación que registraron productos de software

Con respecto a los grupos de investigación que registraron productos de software en GrupLAC durante el periodo estudiado (hasta 2010), se obtuvo la siguiente distribución de acuerdo con la clasificación de grupos propuesta por Colciencias.[6]

De acuerdo con los datos obtenidos, existe una importante participación de grupos A y A1 en el registro de productos de software, comparada con el número de grupos pertenecientes a estas categorías: 79% y 78,7% del total de grupos de la categoría para cada caso. La proporción más distante en este sentido se presenta en los grupos sin clasificar, de los cuales apenas el 22,7% se encuentra dentro de los grupos que registran productos de software.

Al discriminar la clasificación de los grupos para aquellos que registraron productos de software en el periodo 2008 a 2010 vemos que la tendencia de participación por categoría se mantiene.

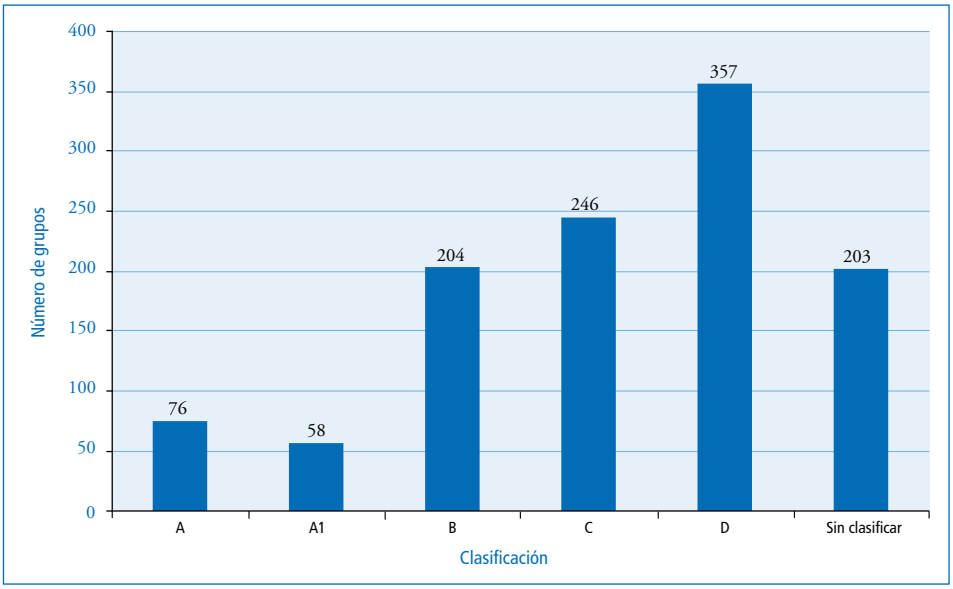
Gráfica 7.8. Distribución de grupos productores de software de acuerdo con la clasificación de Colciencias



Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

6 El número total de grupos de investigación por categoría fue tomado de los datos actualizados para grupos de investigación, con corte a marzo de 2011, en Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011, p. 76).

Gráfica 7.9. Clasificación de los grupos que registraron productos de software para el periodo 2008 a 2010



Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.10. Número de productos registrados por categoría de grupo

De acuerdo con la distribución de grupos por categoría, de los productos registrados para el periodo estudiado el 23% pertenece a la categoría D, el 23% a la categoría B, el 19% a la categoría C y el 17% a las categorías A y A1.

Esta proporción está relacionada con la frecuencia de registros por grupo para cada una de las categorías y es afectada igualmente por el número de grupos en cada una de ellas. No obstante, se observa que mientras un grupo A tiene en promedio 3,49 productos, un grupo B tiene 4,02 y un grupo D 2,04 productos por grupo, en promedio.

Tabla 7.9. Número de registros por categoría del grupo

Clasificación	Grupos que registran productos de software	Número de registros	% de registros
A1	170	642	8%
A	216	754	9%
B	458	1.841	23%
C	627	1.514	19%
D	912	1.864	23%
Sin clasificar	872	1.362	17%
Total general	3.255	7.977	100%

Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.11. Registro de productos de software por área del grupo

Para el análisis de los registros de software por área del conocimiento tomamos como referencia la variable área del grupo. Debido a la diversidad en las respuestas para la información extraída de GrupLAC, realizamos una reagrupación de acuerdo con las áreas de la ciencia y la tecnología OCDE. Aunque en dicha clasificación las "ciencias de la computación" están consideradas como una subdisciplina de las "ciencias naturales y exactas" optamos por separarlas para visibilizar de una mejor manera la producción de grupos de otras áreas, debido al alto número de registros asociados a ciencias de la computación para todos los periodos.

La producción registrada por periodo y área del grupo muestra un aumento gradual en la diversidad de grupos por área en cada periodo. Se resalta la participación de grupos del área de ciencias naturales y exactas seguido de ciencias médicas y de la salud, así como la importante participación de los grupos de ciencias sociales y humanidades sobre todo en los últimos periodos. Esto quiere decir que la producción de software no se restringe al campo de la ingeniería o las ciencias de la computación, y resulta de mucho interés hacer análisis posteriores que permitan determinar por qué otras comunidades como las de ciencias sociales deciden emprender desarrollos por su cuenta o si estos son en colaboración, igualmente examinar qué tipo de productos se están desarrollando en estas áreas.

Tabla 7.10. Número de registros según área OCDE del grupo

Área/periodo		Ciencias agrícolas	Ciencias de la computación	Ciencias médicas y de la salud	Ciencias naturales y exactas	Ciencias sociales y humanidades	Ingeniería y tecnología	Multidisciplinar
1975 a 1977	Registros	0	0	0	0	1	0	0
1978 a 1980	Registros	0	0	0	0	0	1	0
	Tasa de crecimiento					-100%		
1981 a 1983	Registros	0	1	0	1	0	1	0
	Tasa de crecimiento						0%	
1984 a 1986	Registros	0	10	0	2	0	2	0
	Tasa de crecimiento		900%		100%		100%	
1987 a 1989	Registros	0	8	2	2	5	3	0
	Tasa de crecimiento		-20%		0%		50%	
1990 a 1992	Registros	1	13	2	9	23	12	1
	Tasa de crecimiento		63%	0%	350%	360%	300%	
1993 a 1995	Registros	1	18	11	10	15	27	2
	Tasa de crecimiento	0%	38%	450%	11%	-35%	125%	100%
1996 a 1998	Registros	7	61	29	41	63	84	50
	Tasa de crecimiento	600%	239%	164%	310%	320%	211%	2400%
1999 a 2001	Registros	30	176	86	200	266	264	78
	Tasa de crecimiento	329%	189%	197%	388%	322%	214%	56%
2002 a 2004	Registros	65	443	176	353	500	578	72
	Tasa de crecimiento	117%	152%	105%	77%	88%	119%	-8%
2005 a 2007	Registros	71	576	176	285	585	672	62
	Tasa de crecimiento	9%	30%	0%	-19%	17%	16%	-14%
2008 a 2010	Registros	28	440	77	190	412	533	60
	Tasa de crecimiento	-61%	-24%	-56%	-33%	-30%	-21%	-3%
Total	**Registros**	**203**	**1.746**	**559**	**1.093**	**1.870**	**2.177**	**325**

Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.3.12. Instituciones referenciadas en el registro de productos de software

Con respecto a la institución referenciada en el registro del producto de software en GruLAC, el 92% corresponde a la misma institución avaladora del grupo y el 8% a otras instituciones.

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de registros por entidad territorial, examinamos también las instituciones referenciadas en el registro de los productos de software con el fin de identificar posibles relaciones entre las entidades territoriales a través de las instituciones avaladoras de grupo, así como conexiones con instituciones provenientes de las entidades territoriales que no presentaron ningún tipo de registro en los datos aportados por los investigadores en CvLAC.

Cabe aclarar que un producto de software puede estar referenciado por más de una institución avaladora; en este caso se presenta un registro por cada una de las instituciones, es decir, se entiende que cada institución, a través del aval brindado al grupo, contribuye a su vez a los productos que este desarrolla.

En este sentido, rastrear la procedencia de las instituciones que otorgan su aval a los grupos de investigación y la frecuencia de estas asociaciones puede dar una idea inicial del papel que juegan las redes entre departamentos para el apoyo de estos grupos y del tipo de producción que realizan. En situaciones como esta la relación se estableció de acuerdo con la procedencia de las instituciones avaladoras del grupo para un mismo producto registrado, teniendo en cuenta aquellos productos que reportan dos o más instituciones asociadas.

Al respecto encontramos que aquellas entidades territoriales donde no hay una producción de software registrada en CvLAC (Amazonas, Vaupés, Guainía, Vichada, Guaviare, Arauca y Putumayo) tampoco reportan instituciones que avalen grupos que pudieran generar este tipo de producción.

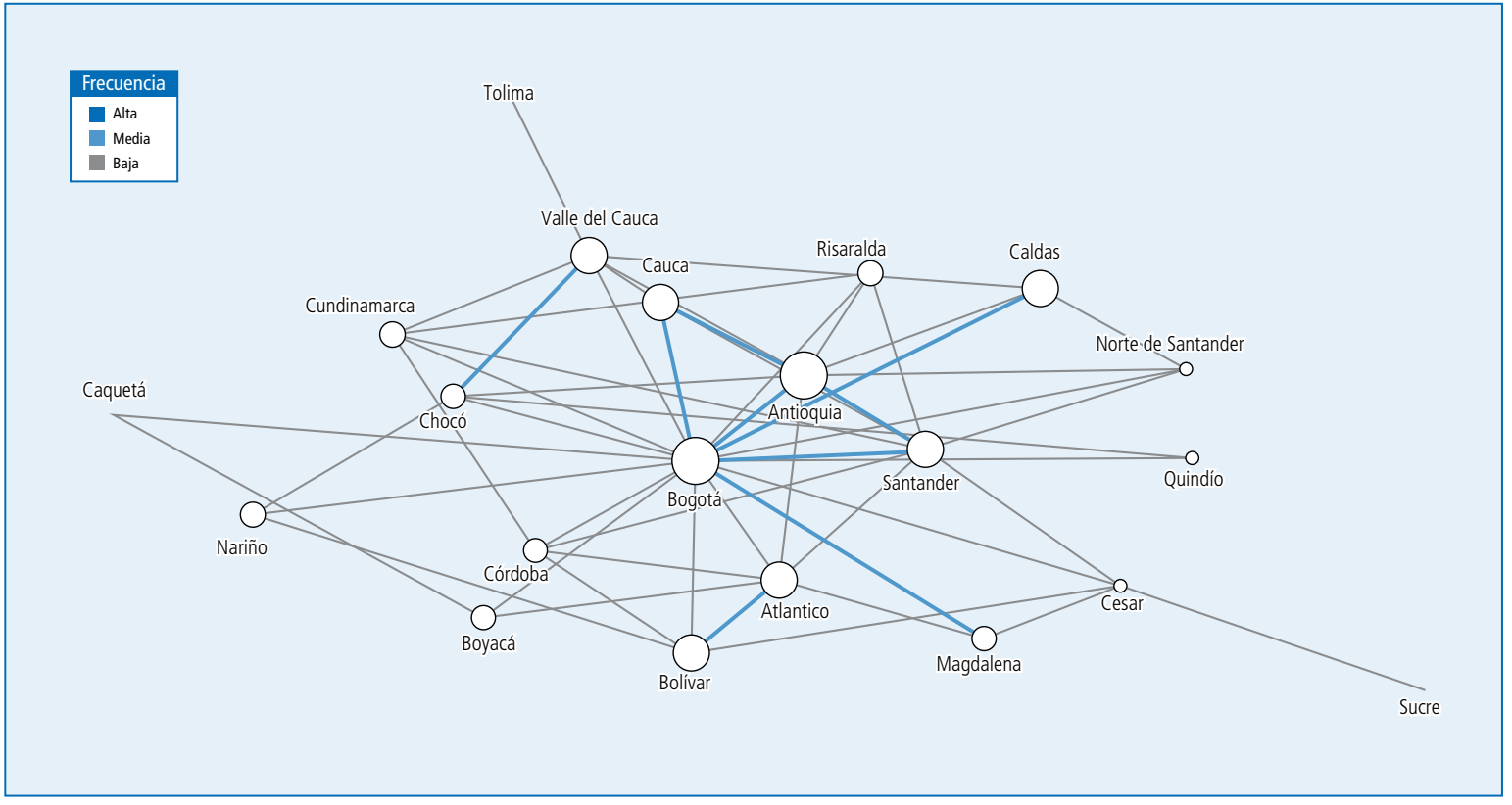
Por otra parte, observamos que algunas entidades territoriales funcionan como nodos centrales, concentrando una gran cantidad de relaciones de sus instituciones con las de otras entidades territoriales, como es el caso del Distrito Capital (Bogotá) y los departamentos de Antioquia y Santander. Otras, como Bolívar, Atlántico, Valle, Cauca y Caldas operan como pequeños nodos que conservan relación con entidades territoriales un poco más aisladas.

Tabla 7.11. Carácter de la institución referenciada

Institución	Frecuencia	%
Otras instituciones	602	8%
Misma institución que avala el grupo	7.375	92%
Total general	7.977	100%

Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

Gráfica 7.10. Relación entre entidades territoriales según instituciones avaladoras del producto



Fuente: GrupLAC, con corte a marzo de 2011
Cálculos: OCyT

7.4. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas de este trabajo se dividen en tres aspectos: en primer lugar, los elementos relacionados con el contexto de producción y registro de los productos de software por parte de los investigadores y grupos de investigación; en segundo lugar, los hallazgos del proceso de selección, depuración y trabajo con la información extraída de las bases de datos; y, en tercer lugar, lo encontrado a partir de los datos obtenidos. Es necesario aclarar que muchas de ellas se apoyan en un elemento fundamental: los aportes de algunos grupos de investigación productores de software interesados en el presente trabajo, que colaboraron de forma oportuna al responder preguntas derivadas de la necesidad de encontrar respuestas cualitativas a vacíos de información encontrados en los datos e interrogantes que surgían en cada una de las etapas de este análisis.

Al comenzar nos propusimos realizar una exploración inicial de la producción registrada en la plataforma ScienTI por parte de investigadores y grupos de investigación, en busca de elementos que nos permitieran caracterizarla, es decir, tomamos todos los registros realizados en la plataforma desde sus inicios hasta el 2010, lo que por sí mismo constituye una importante fuente de información y un precedente para futuros trabajos sobre este tema. Lo que encontramos en el proceso, sin embargo, fue el reto de interpretar no solo la información allí consignada, sino un contexto de producción diferente que exigía la comprensión de unos conceptos aparentemente obvios. Esto nos llevó a hacernos preguntas como ¿qué es y qué *no es* un producto de software? o ¿qué lo hace diferente a otros productos de investigación? y ¿cuál es la diferencia entre producir software en un contexto comercial y en un contexto académico?

Algunas de estas preguntas fueron aclarándose durante el proceso. Para otras, los datos que teníamos a la mano no fueron suficientes. Esta situación nos hizo reflexionar acerca de uno de los primeros aspectos que vale la pena resaltar en este trabajo, y que tiene que ver con la posibilidad de que muchos investigadores al registrar sus productos de investigación deban enfrentarse a la duda entre catalogarlos como "otra producción" o "producción no bibliográfica" y hacerse las mismas preguntas que nosotros. En ese sentido, es posible que no baste con documentar cuidadosamente la estructura de los campos para facilitar el registro de un producto en la plataforma ScienTI, sino también que sea necesario exteriorizar este trabajo y socializarlo con los investigadores para garantizar que ellos mismos, como productores de nuevo conocimiento, puedan comprender mejor la información solicitada y la importancia de su correcto diligenciamiento para la valoración de sus productos de investigación.

Esta falta de información afecta considerablemente la valoración del software como producción científica, teniendo en cuenta que de toda la producción registrada en CvLAC para el periodo estudiado, apenas el 6% pudo ser clasificada como producto de investigación de acuerdo con los criterios establecidos para los indicadores de existencia. Es importante destacar que las personas que registran productos de software en la plataforma ScienTI no necesariamente están familiarizadas con el marco jurídico ni con las opciones existentes para el registro jurídico y protección de sus productos. Esto se evidencia en el amplio porcentaje de registros de CvLAC que no reportan información sobre RJL del producto o si lo hacen no corresponde a

la solicitada. Esta ausencia de información podría estar relacionada con el desconocimiento de la utilidad del registro de derechos de autor, tanto para la protección de la obra como para su valoración como producción científica. En este orden, articular las categorías de la plataforma Scienti con las normas sobre propiedad intelectual existentes en el país facilitaría la difusión de información pertinente para los investigadores y el apoyo a la generación de una cultura de RJL y protección de los productos de software. Igualmente, incluir algunos de estos aspectos en el formulario de registro en la plataforma ScienTI permitiría, por una parte, estudiar la manera de ampliar los criterios para la definición de indicadores de existencia del producto, aclarando la validez o no de otras formas reportadas por los investigadores como cartas de aceptación del producto, número de contrato o convenio con la institución contratante, resoluciones de las instituciones universitarias, entre otros[7] y, por otra, definir categorías más específicas que posibiliten caracterizar, por ejemplo, las modalidades de trabajo relacionadas con los tipos de obras y contratos, mejorando así la calidad de la información recopilada y facilitando su análisis.

El porcentaje de productos de software podría haber sido más significativo en el total de la producción si en este campo hubiéramos tenido en cuenta los datos incompletos o mal diligenciados, o los productos que reportan tipos de registro y certificación diferentes a los contemplados dentro de los indicadores de existencia, y frente a los cuales no hay una orientación clara de su validez.

Actualmente, con la información extraída de la plataforma ScienTI sobre productos de software no es posible tener una idea acerca de la calidad de los productos registrados, como sí ocurre, por ejemplo, con la producción bibliográfica. Al respecto, encontramos que se trata de uno de los aspectos más difíciles de determinar debido a que ni el registro en la plataforma ScienTI ni el RJL en la Dirección Nacional de Derechos de Autor requieren una revisión o concepto por parte de miembros de la misma comunidad científica productora del software o de una entidad especializada.

De otra parte, en la plataforma ScienTI, el aporte de información por investigadores y grupos de investigación es voluntario y una buena parte de los campos de registro son abiertos y no obligatorios, lo que reduce en buena medida la información disponible acerca del producto.

Otra de las dificultades encontradas a la hora de analizar la información extraída fue la ausencia de categorías que permitieran generar una "tipología" de los productos de software allí registrados. Para esto solamente contamos con dos campos abiertos: el título del producto y su descripción, y una variable cerrada para "tipo de producto" que cuenta con tres categorías: computacional, multimedial y otra.

7 Estas diferentes formas de registro que reportan los investigadores fueron encontradas al analizar las variables de número de registro del producto e institución que certifica, en donde, sorpresivamente, la Dirección Nacional de Derechos de Autor no fue la institución predominante (gráfica 7.6).

De acuerdo con lo anterior, una de las principales necesidades detectadas en este trabajo es la de clarificar conceptos básicos referentes no solo a la producción de software sino también a la gama de posibilidades existentes para registrar producción técnica en general, y cómo incluirlas en el formato de registro para evitar al máximo la no respuesta y la posible confusión al inscribirla en cada uno de los campos. Actualmente, una buena parte de los campos existentes en el formulario de registro son abiertos, lo que genera un bajo nivel de control con respecto a los datos consignados, problemas con las diferentes interpretaciones y bajas tasas de respuesta en muchos de ellos. Con respecto al formulario de registro, dos de los grupos que consultamos comentaron lo siguiente:

Existen campos ambiguos. Por ejemplo, contrato de registro. Este campo no es claro, ¿quién da este? ¿qué se debe registrar?, el campo de información adicional considero que no es necesario, no aporta nada y no es claro.

Las categorías de tipo/clase son muy amplias y permiten incluir desde aplicaciones (por ejemplo macros en Excel) hasta el software con su propio código de programación. Si se incrementa el peso de este componente se debería establecer el parámetro mínimo del producto registrado, o en dado caso establecer pesos diferenciales como sucede con los artículos científicos según nivel de indexación de la revista en que fue publicado.[8]

En este sentido, uno de los principales hallazgos de este trabajo ha sido el haber identificado la necesidad de vincular la comunidad científica en la toma de decisiones para el mejoramiento de recolección de información acerca de sus productos de investigación. Su conocimiento técnico y del contexto permitiría detectar particularidades de su producción y posibles fuentes de información y registro con base en las cuales contrastar por otras vías la información obtenida sobre productos de software en la plataforma ScienTI.

El manejo de la información obtenida de las bases de datos se convirtió en uno de los principales retos de este trabajo y nos permitió conocer las mayores dificultades para la extracción de datos periódicos, confiables y comparables sobre la producción de software. Aunque muchas de estas ya se mencionaron en el capítulo, son de resaltar las bajas tasas de respuesta para información vital como el registro del producto (indicador de existencia) y la entidad territorial, lo que afecta considerablemente las posibilidades de comparación de información y la misma valoración de estos productos. Igualmente, se encontró cómo, a diferencia de otros tipos de producción, una buena parte de los campos del registro son abiertos, facilitando la aparición de errores comunes, la exigencia de un trabajo adicional de depuración para las variables estudiadas y, en otros casos, la pérdida de información valiosa sobre el producto.

Esta abundancia de campos abiertos en unos casos y de categorías muy generales en otros repercute negativamente al momento de hacer el análisis; igualmente la ambigüedad en el tipo de registro, más aún cuando el indicador de existencia

8 Consulta realizada a grupos de investigación productores de software entre enero y marzo de 2012.

aceptado para la valoración de los productos de software es el RJL en la Dirección Nacional de Derechos de Autor, entidad que no aplica ningún criterio de clasificación o revisión de los productos registrados.

En un trabajo anterior, Ruiz, Pardo, Usgame & Usgame (2010) hacían referencia a las dificultades encontradas para el análisis de este tipo de producción e indicaban que "la validación de los indicadores de existencia no es suficiente para dar cuenta de la calidad del producto en términos de investigación" (2010, p. 235), aspecto que se confirmó con el presente análisis de datos y que nos permite concluir que este no es un criterio incluyente en concordancia con la información consignada por investigadores y grupos en la plataforma. En este sentido, uno de los puntos más importantes para garantizar el mejoramiento de la calidad de la información recopilada es la revisión de los campos del formulario de registro, la determinación de la información relevante y necesaria para la generación de indicadores y la generación de categorías que permitan aumentar el nivel de control sobre los datos consignados y, a la vez, orientar a las personas que realicen registros en la plataforma.

Finalmente, con la primera exploración cualitativa realizada se detectó la disposición por parte de los grupos de investigación para participar en una eventual restructuración del mecanismo de recolección y clasificación de los productos de software, así como para contribuir con ideas sobre un futuro aprovechamiento de esta información con miras a fomentar el conocimiento de la producción de software al interior de la comunidad científica, la comunidad académica relacionada y entidades o investigadores que trabajan en temas afines. Al preguntársele a los grupos consultados sobre ejemplos de uso de esta información si la producción de software se incluyera dentro de indicadores sobre la producción científica nacional, sus respuestas textuales fueron:

- En el diseño, construcción e implementación de software.
- Para colaboración y no duplicar esfuerzos.
- Conocer redes de trabajo colaborativo en el desarrollo de nuevas herramientas informáticas.
- Contactos con los desarrolladores y evaluar posibilidades de fusión y mejoras con los desarrollos de los mismos.
- Fortalecer a diferentes sectores de la región (calzado, textil, arcilla, madera, entre otros) contribuyendo con el desarrollo de aplicaciones de software y sistemas de información que lo están requiriendo. Desde el grupo de investigación aprovecharía para seguir fortaleciendo y mostrar los resultados a la Universidad.
- En evaluación y análisis de resultados de producción basados en la organización y gestión del conocimiento y en la organización de planes futuros.

De esta manera, un incentivo importante para los investigadores y grupos de investigación sería tener la posibilidad de consultar esta información de forma posterior y poder participar en el proceso de construcción de indicadores que sean, a

su vez, útiles para la divulgación de sus trabajos y para los procesos institucionales relacionados con la medición de la producción científica.

Referencias

Alcázar Farías, E. & Lozano Guzmán, A. (2009). Desarrollo histórico de los indicadores de ciencia y tecnología, avances en América Latina y México. *Revista española de documentación científica,* 32, p. 3.

Argentina. Legislatura de la ciudad autónoma de Buenos Aires. *Ley 2972 de 2008. Promoción de las empresas de tecnologías de la información y las comunicaciones en la ciudad autónoma de Buenos Aires*. Nomenclador de actividades incluidas. Distrito Tecnológico de la ciudad de Buenos Aires. Ministerio de desarrollo económico subsecretaría de inversiones.

Barrio del Castillo, I., González Jiménez, J., Padín Moreno, L., Peral Sánchez, P., Sánchez Mohedano, I. & Tarín López, E. (s. f.). *El estudio de casos. Métodos de investigación educativa*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. 3 Magisterio Educación Especial.

Becker, H. S. (1975). Observación social y estudios de casos sociales. En David C. Shills, *Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales*, vol. 7. Madrid: Aguilar, p. 384 - 389.

Colciencias. (2002). *Documento conceptual convocatoria a grupos colombianos de investigación científica y tecnológica*. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co

Colciencias. (2008). *Modelo de medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación año 2008*. Bogotá: Colciencias.

Colciencias. Subdirección de programas de desarrollo científico y tecnológico. (2011). *Plataforma SCienTI - Colombia.* Bogotá: Colciencias [Presentación].

Colombia. Congreso de la República. *Ley no. 1341 del 30 de julio de 2009. Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y comunicaciones –TIC–, se crea la agencia nacional del espectro y se dictan otras disposiciones*.

Colombia. Ministerio de Comunicaciones. (2008). *Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.* Bogotá: Mincomunicaciones.

Colombia. Presidencia de la República. *Decreto 1279 de junio 19 de 2002. Por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las universidades estatales.*

Daza-Caicedo, S. & Bucheli, V. (2008). Indicadores sobre la producción de difusión de la ciencia y la tecnología en medios no académicos de los científicos colombianos. En Albornoz, M., Vogt, C. y Alfaraz, C. (Eds.). *Indicadores de ciencia y tecnología en Iberoamérica. Agenda 2008.* Buenos Aires: RICyT-FAPESP y UNESCO.

Díaz, G. & Ortiz, R. (2005). *La entrevista cualitativa*. Universidad Mesoamericana.

Eischen, K. (2002). The Social Impact of Informational Production: Software Development as an Informational Practice. UC Santa Cruz: Center for Global, International and Regional Studies. Recuperado de: http://escholarship.org/uc/item/9rp0c3w4

España. Oficina Económica y Comercial de España en Bogotá. (2005). *El sector del software en Colombia.* Bogotá: Instituto Español de Comercio Exterior.

European Commission. *Patent - an incentive for innovation*. Recuperado de: http://ec.europa.eu/internal_market/indprop/patent/index_en.htm

Ferreira, M., García, F., Ruiz, F., Bertoa, M. F., Calero, C., Vallecillo, A., Piattini, M. & Mora, B. (2006). Medición del software ontología y metamodelo. Castilla-La Mancha: Universidad de Castilla-La Mancha [Informe Técnico UCLM-TSI-001].

Flórez Niño, D. (2011). *Una mirada a la producción audiovisual y radial de investigadores en Colombia desde la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación (ASCTI).* Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología [Informe final de joven investigadora].

García, G. (2011). Aspectos jurídicos del software libre en Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte,* 22. Acceso a través de: www.ucn.edu.co

Gómez Morales, Y. (2005). Política científica colombiana y bibliometría: usos. *Nómadas*, 22, p. 241 - 254.

Gómez Morales, Y. (2009). Sobre "clásicos" y escuelas de pensamiento. *Revista Colombiana de Sociología: investigación formativa desde el aula de clase,* 32, p. 11 - 42.

Guerring, J. (2007). *Case Study Research: Principles and Practices*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gulín González, J., Batard, L. & Pérez, E. (2007). *Los indicadores de producción científica en la Universidad de las Ciencias Informáticas: ¿Cómo ponderar los resultados de las Ciencias Informáticas de forma diferenciada?* En Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Nuevos indicadores para nuevas demandas de información. Ciudad de La Habana.

Hanafi, S. (2011). University systems in the Arab East: Publish globally and perish locally vs. publish locally and perish globally. *Current Sociology*, 59(3), p. 291 - 309.

Heshusius Rodríguez, k. Colombia: desafíos de una industria en construcción. Recuperado de: http://www.cepal.org/publicaciones/xml/5/35655/Capitulo5.pdf

Heshusius, K. (2009). Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina. Capítulo 5 [pdf].

Hoyos, Z. D. (2004). El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología plataforma ScienTI - Colombia. Buenos Aires: Red ScienTI [Presentación].

Ignacio Díaz, G. *La entrevista, una técnica de investigación cualitativa*. Guatemala: Grupo Emergente de Investigación, Universidad Mesoamericana. Recuperado de: http://www.geiuma-oax.net/metodologia/ENTREVISTA_IGNACIO.pdf

Kreimer, P. (2006). Dependientes o integrados. La ciencia latinoamericana y la división internacional del trabajo. *Nómadas,* 24, p. 199 - 212.

Kuitunen, H. (s. f.). Software product industry classification. Final report of the CAPISTUS research project. Software Business Laboratory. Helsinki University of Technology. Recuperado de: http://www.sbl.tkk.fi/capistus/Capistus%20conclusion%20v%201%204_final.pdf

Olaya, D. (2008). *eLAC2010 y propuesta de indicadores sobre TIC en educación.* En Segundo taller sobre indicadores de TIC en educación en América Latina. Antigua, 11 de agosto de 2008. Recuperado de: http://www.eclac.org/socinfo/noticias/noticias/8/33978/PropuestaIndicadoresTICeducaci%C3%B3n.pdf

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2011). Indicadores de Ciencia y tecnología, Colombia. Bogotá: OCyT.

Prat, A. M. (2009). *Módulo de capacitación para la recolección y análisis de indicadores de producto de las actividades de ciencia y tecnología*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. [Working Paper 7].

Pumarejo, J. (2002). *Descripción del sector del software, análisis de mercado*. Bogotá: Federación Colombiana de la Industria del Software.

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología. (2010). *El estado de la ciencia. Principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos /Interamericanos.* Buenos Aires: Ricyt.

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología. (2010). *Metodología para la medición de la I+D en áreas transversales*. Recuperado de: http://www.ricyt.org/files/

Metodologia%20para%20la%20medicion%20de%20la%20I+D%20en%20areas%20transversales.pdf

Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión de la Ciencia, Tecnología e Innovación (ScienTI). (2002). *Términos de referencia*. Recuperado de: http://www.SCienTI.net

Ríos Ruíz, W. R. (2004). Aspectos legales del software libre o de código abierto (*Open Source*). *Revista sistemas,* 90(1), p. 70 - 80. Bogotá: ACIS.

Rodríguez M., D. (2005). Diagnóstico del clima organizacional. En Diagnóstico *organizacional*. México D. F.: Alfaomega, p. 103 - 117.

Ruiz, C., Pardo, M., Usgame, D. & Usgame, G. (2010). Caracterización de las capacidades departamentales de investigación. Una mirada a través de los grupos de investigación. En *Indicadores de ciencia y tecnología*, Colombia (215 - 247). Bogotá: OCyT.

Salazar, M. & Colorado, L. A. (2010). La importancia de la información en la construcción de indicadores: Una verdad de perogrullo. En *Indicadores de ciencia y tecnología*, Colombia (135 - 146). Bogotá: OCyT.

Sancho Lozano, R. (2002*).* Indicadores de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación*. Economía Industrial*, No. 343.

Serrato Páez, P. (2006). *Preguntas y respuestas acerca de software y leyes en México*. 3ª edición. Recuperado de: http://pp.com.mx/legalfaq.html

Stallman, R. (2005). Patent absurdity. *The Guardian* (London).

Tigre, P. B. & Marques, F. S (2009). *Desafíos y oportunidades de la industria del software en América Latina.* Bogotá: Cepal en coedición con Mayol Ediciones S.A

Yin, R. K. (2003). *Case study research, desing and methods.* 3ª edition. California: Sage Publications.

Zapata, F. (2011). Software y propiedad intelectual. En Conversatorio, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, 13 de abril de 2011.

Capítulo 8

Percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia. Encuestas nacionales 1994, 2004 y 2012

Sandra Daza-Caicedo[*], Marcela Lozano-Borda[†] y Edgar Bueno[‡]

Resumen

El presente capítulo tiene como propósito hacer un balance de los resultados de las tres encuestas nacionales de percepción pública de la ciencia y la tecnología que se han aplicado en Colombia. Para ello se hizo un ejercicio de selección de preguntas que se caracterizaran por indagar en aspectos similares y de comparación de algunas tendencias en los 18 años que han transcurrido desde la primera encuesta, en ese sentido el capítulo tiene un carácter más descriptivo que analítico. Teniendo en cuenta que los formularios, las metodologías de aplicación y los diseños muestrales de las tres encuestas son diferentes, no es posible hablar de comparación en sentido estricto, buscamos más bien, ofrecer un panorama sobre cómo se ha modificado o mantenido la percepción de los colombianos sobre la ciencia y la tecnología.

Palabras clave: Percepción de la ciencia y la tecnología, encuestas de percepción pública, apropiación social de la ciencia y la tecnología

Abstract

The purpose of this chapter is to provide an analysis of the results of the three national surveys about public perceptions of science and technology that have been implemented in Colombia. To achieve this, a selection of the questions that were designed to capture similar information was made in order to provide some comparisons and trends in the 18 years that have passed since the application of the first survey; in this sense, the chapter has a more descriptive than analytical approach. Given that the forms, methods of application and sample designs of the three surveys are different, no comparison is possible to speak strictly, but we provide an overview of how the perception of Colombians on science and technology has changed or remains the same.

Keywords: Public understanding of science and technology, public perception surveys, social appropriation of science and technology

[*] Investigadora Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, área apropiación social de la ciencia y la tecnología, sdaza@ocyt.org.co
[†] Investigadora Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, líder área apropiación social de la ciencia y la tecnología, mlozanob@ocyt.org.co
[‡] Estadístico del OCyT hasta febrero de 2013, [redacted]

Introducción

El presente capítulo tiene como propósito hacer un balance de los resultados de las tres encuestas nacionales de percepción pública de la ciencia y la tecnología que se han aplicado en Colombia. La primera encuesta de este tipo se originó en 1993 en el seno de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo —conocida como la Misión de Sabios—, que entre sus recomendaciones planteó la elaboración de este tipo de encuestas con el fin de "hacerlas independientes de hechos puntuales, y que cumplan su tarea de medir los efectos que los programas que se pongan en marcha puedan tener" (Posada, Hoyos, Pantoja, Carvajal & Marín, 1995, p. 128). Como resultado, en mayo de 1994 se realizó la *Primera encuesta sobre la imagen de la ciencia y la tecnología en la población colombiana*, aplicada por Colciencias con el apoyo de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia –ACAC–. Diez años después, Colciencias contrató al Centro Nacional de Consultoría para aplicar la *Encuesta nacional sobre la percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología* (Aguirre, 2005). Posteriormente, la Política Nacional de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de 2005, en su apartado cinco: *Promoción de seguimiento y evaluación de las actividades y programas de apropiación social de CT+I*, y la Estrategia Nacional de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en su plan estratégico, destacaron la necesidad de realizar encuestas nacionales de percepción pública de la ciencia y la tecnología de manera periódica. De hecho, esta última estrategia plantea la realización de por lo menos una encuesta nacional como una de las metas para el periodo 2010 - 2014.

En respuesta a dicho mandato, en el 2012 se aplicó la *III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología* (III ENPPCyT), la cual fue solicitada y patrocinada por el Departamento Administrativo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias–, en el marco del Proyecto de fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –BID 2335/OC-CO y Banco Mundial BIRF 7944/Colciencias (Fase I). El Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCyT– tuvo a su cargo el diseño, coordinación y análisis de la III ENPPCyT[1], y para su aplicación en campo contó con la colaboración de la empresa Sistemas Especializados de Información –SEI–. Los resultados completos de la III ENPPCyT se pueden consultar en la página web del OCyT: www.ocyt.org.co y en la publicación dedicada exclusivamente a esta, disponible en dicho sitio web.

Dado que las encuestas cuentan con publicaciones específicas sobre sus resultados, el presente capítulo ha sido un ejercicio de selección de preguntas que indagan por aspectos similares y de comparación de algunas tendencias en los 18 años que han transcurrido desde la primera encuesta; en ese sentido el capítulo tiene un carácter más descriptivo que analítico. De igual forma, tampoco podemos hablar de comparación en sentido estricto ya que los formularios, las metodologías de aplicación y los diseños muestrales de las tres encuestas son diferentes. Buscamos, más

1 El diseño del formulario contó con la participación de un equipo del OCyT, la asesoría de Tania Pérez-Bustos y Yuri Jack Gómez, y un comité asesor de Colciencias compuesto por Ángela Bonilla, Julia Aguirre y Cesar Fabián Gómez.

bien, ofrecer un panorama sobre cómo se ha modificado o mantenido la percepción de los colombianos sobre la ciencia y la tecnología.

El capítulo está divido en cuatro secciones. La primera explica brevemente el origen y objetivos de las encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología. En la segunda se describen los aspectos metodológicos de las tres encuestas. En la tercera se hace la comparación de resultados, desglosados en los cuatro aspectos que en ellas se abordan: interés e información, actitudes y valoración, apropiación social de la ciencia y la tecnología, y políticas y participación. Finalmente, en la cuarta sección se ofrecen unas conclusiones sobre los cambios en la percepción de la ciencia y la tecnología entre los colombianos.

8.1. Encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología

Las encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología surgieron en 1957 en Estados Unidos, de la mano de la National Association of Science Writers (NASW) y la Rockefeller Foundation, organizaciones que apoyaron la aplicación de la primera encuesta de este tipo, orientada a conocer el grado de interés y de información, y la actitud hacia la ciencia y hacia los científicos, de cerca de 2000 ciudadanos estadounidenses (García, 2010). Hoy en día la aplicación de encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología es ya una tradición extendida en el mundo. Dichas encuestas han tenido dos objetivos básicos: primero, constituirse en herramientas de apoyo a la política pública en ciencia y tecnología, particularmente de las estrategias dirigidas a fortalecer la comunicación de la ciencia y las relaciones entre esta y la sociedad; segundo, desarrollar indicadores que permitan comprender lo que algunos autores han denominado cultura científica (Bauer, Allum & Miller, 2007; Godin & Gingras, 2000; Olivé, 2007).

El nacimiento y el fortalecimiento de las encuestas, así como las críticas que se les han realizado, han estado articuladas a las discusiones conceptuales acerca de lo que en el mundo anglosajón se ha conocido como *Public Understanding of Science* (PUS), que en Iberoamérica ha recibido nombres tan diversos como popularización, divulgación de la ciencia, comunicación pública, comprensión o apropiación social de la ciencia y la tecnología, términos unas veces utilizados sin distinción y otras con fuertes cargas teóricas. Lo que es importante tener presente es que como cualquier otro artefacto social, en el transcurso del tiempo las encuestas han sufrido modificaciones y críticas que tienen que ver con los objetivos políticos específicos de cada momento, con la comprensión sobre las relaciones ciencia y sociedad, y con su potencial explicativo (véase Bauer et al., 2007, Daza-Caicedo, 2009).

Hoy en día, particularmente en el contexto iberoamericano[2], las encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología reúnen preguntas que indagan por cuatro aspectos[3]:

1. *Interés e información sobre ciencia y tecnología.* Con preguntas sobre el nivel de interés que reportan los ciudadanos hacia la ciencia y la tecnología en relación con otras áreas de la cultura. Preguntas sobre los hábitos y fuentes de información que utilizan los ciudadanos para informarse sobre ciencia y tecnología, consumo de productos mediáticos con contenidos de CTI, etc.

2. *Valores y actitudes hacia la ciencia y la tecnología*. Preguntas sobre las representaciones que tienen los ciudadanos sobre los científicos, las ciencias, los beneficios y riesgos de la CTI, valoraciones de las profesiones científicas, actitudes frente a controversias científicas y principio precautorio frente al riesgo.

3. *Apropiación social de la CTI*. Este conjunto de preguntas ha intentado indagar por la percepción sobre la utilidad del conocimiento científico en la vida diaria, sobre la toma de decisiones y sobre el uso de la ciencia y la tecnología en las prácticas cotidianas.

4. *Participación y políticas públicas en CTI.* Preguntas sobre el interés en temas específicos de investigación, percepción sobre la ciencia y la tecnología locales, posición frente al financiamiento a la ciencia y la tecnología por parte del Estado, y disposición de los ciudadanos a participar en la toma de decisiones alrededor de asuntos que tienen que ver con la ciencia y la tecnología.

Ahora bien, la indagación por las percepciones públicas sobre la ciencia y la tecnología no solo es importante en términos del interés que estas entrañan como objeto de investigación. Es también relevante en tanto sustenta un conjunto de políticas y acciones encaminadas a fortalecer los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, así como a establecer mecanismos para robustecer las relaciones ciencia y sociedad, a través de acciones para la apropiación social de la ciencia y la tecnología. Muchas veces estas acciones se soportan en argumentaciones retóricas sobre la importancia de la ciencia en la sociedad y supuestos sobre las razones por las cuales las personas necesitan estos conocimientos, y en menor medida sobre lo que los ciudadanos hacen y esperan de ellas. Sin embargo, como lo señala el investigador Alexander López,

> En los procesos históricos recientes, cuando la ciencia ha mostrado su adecuación y pertinencia lo ha hecho no tanto por correspondencia objetiva sino más bien por consenso. Es decir, porque hay un acuerdo en cuanto a que la socie-

2 Desde hace varios años se viene realizando el Proyecto iberoamericano de indicadores de percepción pública de la ciencia y cultura científica, en el marco del cual se han realizado varias encuestas comparadas entre países con el objetivo de elaborar un manual sobre estos temas para la región. (Véase, FECyT, OEI, RICyT, 2009; Polino, C. (Comp.), 2011).

3 En el contexto europeo y norteamericano, a pesar de los cuestionamientos, aún se siguen utilizando las preguntas relativas a conocimientos científicos con selecciones de verdadero/falso a afirmaciones como *los electrones son más pequeños que los átomos,* etc. En el caso colombiano, tanto en 1994 como en 2004 se incluyeron algunas preguntas sobre conocimientos, no así en 2012.

> dad necesita de la ciencia y sus aplicaciones. Pero los problemas ecológicos, la persistencia de la pobreza y la desigual distribución del poder, entre otros aspectos, dejan ver las debilidades de ese consenso. Es probable que se llegue un momento en el cual las condiciones subjetivas, moldeadas por el conocimiento social, entren en franca contradicción con el desarrollo de la ciencia y sus consecuencias en la vida individual y colectiva. De esa forma el conocimiento científico, aunque se observe históricamente en un contexto subjetivo relativamente favorable a su utilización, en realidad depende de las percepciones y las valoraciones, es decir, de los acuerdos que sustentan el lugar de la ciencia en la cultura (López, 2008, p.7).

Si lo que buscan las políticas y acciones para la promoción de la ciencia y la tecnología es consolidar este "lugar de la ciencia en la cultura", entonces conocer las opiniones, percepciones, valoraciones y usos de la ciencia y la tecnología por parte de los ciudadanos es fundamental, más aún si se quiere establecer consensos democráticos y estrategias efectivas de comunicación con ellos. Esperamos que los resultados que acá presentamos sirvan de insumo para las discusiones sobre estos asuntos.

8.2. Aspectos metodológicos de las tres encuestas de percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia

Los objetivos, aunque similares, han variado ligeramente en el tiempo. El estudio de 1994 buscó "conocer la imagen que tiene la población colombiana tanto de la ciencia como de la tecnología" (Álvarez, 2003). En el 2004, la encuesta buscó "conocer la percepción y la noción que tiene la ciudadanía en general, los profesores universitarios, los docentes de colegios privados y públicos y los empresarios acerca de la ciencia y la tecnología" (Aguirre, 2005). La encuesta de 2012 se encaminó a "Identificar la opinión y actitudes de los colombianos sobre la ciencia y la tecnología, y dar insumos para mejorar los procesos de apropiación social de la CT+I en Colombia" (OCyT, 2011). La primera encuesta hacía referencia a la *imagen* de la ciencia mientras que la del 2004 se refiere a *percepción y noción de la ciencia* y, finalmente, en la del 2012 se buscó conocer las *actitudes y opiniones*.

Estos ligeros cambios en los objetivos denotan también variaciones en los marcos conceptuales y políticos de las encuestas. La primera encuesta, como lo mencionamos, se dio en el marco de la *Misión de sabios*, la creación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y la primera Ley de Ciencia y Tecnología. En ese sentido, estaba guiada a indagar sobre la legitimidad de la ciencia y la tecnología en Colombia y estuvo diseñada bajo un modelo donde primaba una concepción de ciencia como necesaria para el desarrollo del país, necesitada de reconocimiento por parte de la sociedad y en espera de conocimiento y valoración por parte de los ciudadanos.

La segunda encuesta se hizo en un contexto diferente. Había una importancia creciente en Iberoamérica por indagar sobre las percepciones y representaciones de

la ciencia y la tecnología, así como por las características particulares que estas podían tener en nuestros contextos y, con base en ello, buscar mecanismos de apoyo para los procesos de comunicación pública de la ciencia y la tecnología. De allí su énfasis particular en preguntas sobre interés e información. En el ámbito local, era un momento en el que se estaba buscando generar la Política Nacional de Apropiación de la Ciencia y la Tecnología; fortalecer actividades para lograr que las comunidades hicieran suyos los conocimientos y los avances tecnológicos, contando con recursos como los museos y los medios de comunicación; a la par con una creciente preocupación por regionalizar la ciencia y la tecnología en Colombia. La encuesta, entonces, era un mecanismo para fortalecer el papel político de la apropiación dentro de las políticas nacionales de ciencia y tecnología.

Finalmente, la tercera encuesta se enmarcó en un conjunto de discusiones locales que señalaban, de una parte, la necesidad de hacer seguimiento y evaluar las acciones para la comunicación y la apropiación de la ciencia, y de repensar lo que entendemos por apropiación. De otra parte, estaban los debates internacionales relacionados con los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, que enfatizaban la importancia de la participación de la ciudadanía en la producción de conocimientos y en la toma de decisiones sobre ciencia y tecnología. Por ello incluyó más preguntas sobre apropiación, participación y política.

Además de los intereses puntuales de cada momento, las dos últimas encuestas se preocuparon también por ofrecer algún nivel de comparación, tanto con las encuestas nacionales como con las internacionales, particularmente con las iberoamericanas, lo que suponía algunas tensiones en caso de diferencias conceptuales de fondo. Con esto lo que se concluye es que las encuestas son artefactos móviles que responden a la negociación de múltiples actores —políticos, financieros, conceptuales, entre otros—, pero, insistimos, ellas son un buen reflejo de cómo se interpreta a la ciencia y a la tecnología en un momento y contexto determinados.

Ahora bien, un indicador de la importancia que ha adquirido el tema se observa en la robustez que han ido ganando las encuestas en sus diseños muestrales y formas de aplicación. El formulario de la primera encuesta fue corto y sencillo, mientras que los de 2004 y 2012 fueron mucho más complejos: la primera tuvo 12 preguntas, la segunda 55 y la tercera 74. La segunda encuesta (2004) seleccionó, además del público general, a docentes de educación básica y media, empresarios y docentes universitarios; infortunadamente su selección no fue representativa y por lo tanto sus resultados no pudieron hacerse extensibles a la población, ni replicables. En la del 2012, además de la aplicación se hicieron dos ejercicios de carácter cualitativo: un acompañamiento etnográfico y un conjunto de grupos focales con docentes, comunicadores y padres de familia. En 1994 y 2004 la encuesta se aplicó telefónicamente, lo que en contextos como el colombiano genera importantes sesgos, debido principalmente a una autoselección de la muestra; en el 2012 se hizo a través de entrevista directa. En 1994 y 2004 la muestra se seleccionó en forma no probabilística, impidiendo así la inferencia de los resultados a la población objetivo, mientras

que en 2012 el diseño muestral fue probabilístico, lo cual garantizó el cumplimiento de ciertas propiedades deseables, como la posibilidad de inferir los resultados y la estimación de los errores muestrales. La encuesta de 2012 se estratificó según el índice de desarrollo humano (IDH), por ser este un indicador que incluye factores como el alfabetismo, que son variables de interés para el análisis de las percepciones de los colombianos sobre la CTI. Las 32 ciudades capitales del país se agruparon en seis estratos según su IDH: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo y no disponible; la encuesta permitía inferir los resultados, tanto a la población colombiana como a cada estrato de IDH.

Tabla 8.1. Comparativo fichas técnicas encuestas nacionales de percepción pública de la ciencia y la tecnología, 1994, 2004 y 2012*

Ficha técnica	1994	2004	2012
Universo	Mayores de 18 años	Mayores de 18 años	Población civil mayor de 16 años residente en hogares particulares de la zona urbana de las 32 ciudades capitales del país.
Tipo de muestra	n. d.	Aleatoria	Estratificado y multietápica
Número de encuestados	1.000	1503*	6.113
Aplicación	Telefónica	Telefónica	Entrevista directa
Ciudades	Bogotá, Cali, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta, Manizales, Neiva, Tunja, Villavicencio, Cartagena, Popayán y Pasto	Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Manizales, Neiva, Pereira, Cartagena, Cúcuta, Tunja, Villavicencio, Valledupar, Santa Marta, Montería, Quibdó, Popayán, Pasto, Sincelejo.	Arauca, Bogotá, Cali, Cúcuta, Ibagué, Medellín, Montería, Pasto, Popayán, San Andrés, Sincelejo.
Número de preguntas	12	55	74

Fuente: OCyT, 2012

* En 2004 adicionalmente se encuestó a 1.179 docentes de educación básica y media, 956 empresarios vía telefónica y 501 docentes universitarios de manera presencial. Estos resultados no se consideran en el presente capítulo dado que no contaban con representatividad estadística y respondían a cuestionarios diferentes a los aplicados al "público general"

8.3. Comparativo de resultados

A continuación presentamos algunos resultados de las tres encuestas, que como se mencionó, corresponden solo a una selección de preguntas que abordan temas similares. Se muestran únicamente los resultados agrupados nacionalmente ya que solo la última encuesta tuvo un diseño muestral que permitió desagregarlos por ciudad.

8.3.1. Información sociodemográfica de los encuestados

En 1994 se encuestó a un total de 1.000 personas, en 2004 a 1.503 personas[4] y en 2012 a 6.113 personas. Las tres encuestas son un buen reflejo de las características sociodemográficas de la población colombiana: un porcentaje ligeramente mayor de mujeres, pocas personas de nivel económico alto y con un nivel de máxima esco-

4 En 2004, además de los 1.503 encuestados del público general se encuestó a 1.170 docentes de educación básica y media, a 501 docentes universitarios y a 956 empresarios. Los resultados a los que nos referimos en este capítulo hacen referencia exclusivamente a los de público general, que coinciden con el público de las otras dos encuestas realizadas.

laridad promedio de bachillerato. Es de notar que la encuesta de 2012 muestra un mayor porcentaje de personas con posgrado como máximo nivel educativo, lo que podría ser un indicador de un aumento de especialización de las personas que han logrado obtener títulos universitarios –porcentaje que se mantiene estable– en los últimos veinte años.

Tabla 8.2. Información sociodemográfica de las personas encuestadas, 1994, 2004, 2012

Sexo					
1994		2004		2012	
Hombres	47%	Hombres	49%	Hombres	45%
Mujeres	53%	Mujeres	51%	Mujeres	55%
Nivel socioeconómico					
19941		2004		20122	
Bajo	22%	Bajo	33%	Bajo	64%
Medio	38%	Medio	48%	Medio	34%
Alto	10%	Alto	19%	Alto	2%
Edad					
1994		2004		2012	
18-24	58, 5%	18-24	30%	16 - 20	14,00%
25-39	21%	25-39	34%	21 - 25	12,23%
40-54	13%	40-54	26%	26 - 30	10,87%
55-65	8%	Mayores de 55	10%	31 - 35	9,16%
				36 - 40	7,65%
				41 - 45	9,89%
				46 - 50	8,63%
				51 - 55	6,43%
				56 - 60	6,20%
				61 - 65	5,36%
				66 - 70	2,93%
				71 - 75	3,17%
				76 - 80	1,74%
				81 - 85	1,09%
				86 o más	0,67%
Nivel educativo (%)					
1994		2004		2012	
…	…	…	…	Prescolar	0,0%
Primaria	8,50%	Primaria	12%	Primaria	22,5%
Secundaria	43,30%	Secundaria	40%	Secundaria	45,2%
…	…	Técnico	13%	Técnico	9,0%
…	…	…	…	Tecnológico	3,8%
Universitaria	33,20%	Universidad	30%	Universitario	15,0%
No formal	5,50%	…	…	…	…
Otra	9%	Maestría	4%	Posgrado	17,1%
…	….	Doctorado	1%	…	…
Sin educación	0,50%	…	…	Ninguna	2,8%

Fuente: Álvarez, 2003; Aguirre, 2005; OCyT, 2012

1. Estos porcentajes aparecen así en el original sin sumar 100%. Es posible que el 30% restante no haya dado información sobre su estrato.
2. Para el dato de 2012 en nivel bajo se sumaron las personas de estrato 1 y 2; para nivel medio las de estrato 3 y 4, y para nivel alto las de estrato 5 y 6. Para los años anteriores no se pudo determinar si cada nivel corresponde a los mismos estratos o no, puede ocurrir que en las encuestas anteriores en nivel alto se haya incluido al estrato 4.

8.3.2. Interés e información

¿Por qué indagar por el interés que tiene la gente en informarse en materia de ciencia y tecnología? Desde el modelo deficitario de la comunicación pública de la ciencia, se ha asociado que en la medida en que haya más información sobre ciencia disponible, mejor comprensión y mayor compromiso habrá de la gente hacia esta. Así, los resultados de una encuesta de percepción podrían servir como instrumento para justificar la necesidad de explicación y búsqueda de acciones para solucionar las deficiencias en la "correcta comprensión" de la ciencia. Sin embargo, este enfoque ha sido cuestionado (Bucchi, 2008; Lewenstein, 2003) dado que la comprensión o no de un fenómeno científico no solo está mediada por la cantidad de información a la cual se tiene acceso, o por el interés de consumirla, sino también, y principalmente, por el contexto particular del ciudadano: su nivel educativo, su edad, sus actividades, sus intereses específicos, etc.

El receptor no es pues un actor pasivo y dominado, es un sujeto activo y constructor de significado que elige y usa información según sus tradiciones culturales y sus modos de ver y leer el mundo. Ahora bien, si entendemos que el consumo de medios es un espacio clave para la comprensión de los procesos sociales (García Canclini, 1995; Martín Barbero, 1999), resulta de interés indagar por el consumo de información científica y preguntarnos, en relación con la sociedad colombiana, ¿cómo son sus consumos mediáticos?, ¿está interesada en consumir información científica?, ¿cuáles son sus particularidades frente a otros tipos de información?, claro, esto sin perder de vista que el consumo puede ser resultado de una mayor oferta y no necesariamente de un mayor interés. Sin embargo, es interesante saber cómo esta la relación consumo-interés-oferta, y a partir de ello pensar en posibles rutas para la acción, no exclusivamente con el fin de lograr un compromiso social, sino con la intención de favorecer el derecho a la información y al conocimiento que tienen los ciudadanos.

Para empezar con este análisis, partiremos por presentar en la tabla 8.3 una pregunta realizada en 2004, en la que se averiguó por la autopercepción sobre qué tan informadas se encontraban las personas en ciencia y tecnología.

Tabla 8.3. ¿Usted se considera una persona informada en lo que se refiere a ciencia y tecnología?, 2004

Opciones de respuesta	%
Totalmente informada	1
Muy informada	10
Más o menos informada	57
Poco informada	27
Nada informada	5

Fuente: Aguirre, 2005

En la encuesta del 2012 se preguntó a los colombianos sobre un conjunto de temas específicos y sobre si se informaban o se entretenían con ellos (ver tabla 8.4). En esta oportunidad la ciencia se separó de la tecnología y a aquellos que reportaron informarse o entretenerse con temas de ciencia y tecnología se les preguntó a través de qué medio lo hacían, resultados que veremos en la tabla 8.5.

Tabla 8.4. Con los siguientes temas usted se informa o se entretiene, 2012

Temas	Informan %	Entretienen %
Cine, arte, cultura	56,68	64,57
Deportes	64,69	67,38
Economía y empresas	50,15	31,89
Medicina y salud	78,8	57,31
Medio ambiente y ecología	69,73	54,91
Farándula	50,15	56,75
Astrología y esoterismo	26,61	25,66
Educación	78,73	61,71
Política	50,39	26,77
Religión	62,1	47,86
Ciencia	61,05	50,4
Tecnología	66,48	62,85

Fuente: OCyT, 2012

A partir de estas preguntas se buscaba conocer los hábitos de los ciudadanos frente al consumo de información, entre ella la correspondiente a ciencia y tecnología (desde la autopercepción a la dimensión de la acción). De la comparación de las dos últimas encuestas podría deducirse que hay cierto aumento en el interés por informarse. Mientras en el 2004 solo un 10% de las personas declara que se siente "muy informada" sobre ciencia y tecnología, en el 2012 el 61% afirma que se informa sobre ciencia y el 66,4% sobre tecnología. Esto, por supuesto, se relaciona con el aumento de la oferta de contenidos. Es interesante resaltar cómo hoy en día la tecnología, más que la ciencia, es un factor no solo de información sino también de entretenimiento. Igualmente, es de destacar el interés en el consumo de información sobre salud y medio ambiente, temas que obviamente están atravesados por contenidos científico-tecnológicos.

Para complementar el estudio por los hábitos informativos de los ciudadanos, en las tres encuestas se hicieron preguntas relacionadas con el consumo de medios de comunicación. La encuesta de 1994 les preguntó en qué medios se informaban sobre adelantos científicos; es de notar que la palabra "adelanto" pudo haber sesgado las respuestas. La televisión, seguida por la prensa, fueron los medios más reportados. En tanto, un 1% reconoce no informarse sobre estos temas por ningún medio.

Tabla 8.5. Medio por el cual se entera con mayor frecuencia de los adelantos científicos, 1994

Opciones	%
Televisión	42
Prensa	34
Radio	15
Revistas especializadas	6
Libros	1
Boca a boca	1
No informa	1
Otros	0

Fuente: Álvarez, 2003

En 2004 se preguntó por el consumo general de medios. El 48% de los encuestados informó ver televisión durante más de tres horas diarias, el 14% dijo leer prensa todos los días y el 39% afirmó escuchar la radio una vez a la semana. Llama la atención que en el 2004, año de aplicación de la encuesta, solo un 12% de los colombianos mencionó la Internet como su fuente de información.

En esa misma encuesta se indagó particularmente por las fuentes de información sobre ciencia y tecnología que consumían los colombianos, lo cual iba en la línea de la pregunta sobre autopercepción respecto al nivel de información sobre ciencia y tecnología, y a la cual, como se vio en la tabla 8.3, solo el 10% de los encuestados respondió estar "muy informado" y el 57% "más o menos informado". Según se aprecia en la tabla 8.6, nuevamente la televisión ocupó el primer lugar, con el 28%, como el medio más consumido a la hora de informarse sobre ciencia y tecnología.

Tabla 8.6. ¿Ve programas de televisión destinados a informar sobre ciencia y tecnología?, 2004

Opciones	%
Regularmente	28
De vez en cuando	28
Sólo cuando encuentro algo interesante	20
No veo este tipo de programas	11

Fuente: Aguirre, 2005

Respecto a la prensa, el 30% de los encuestados afirmó que la consultaba algunos días a la semana y el 18% manifestó leer noticias relacionadas con ciencia y tecnología bastante a menudo. En contraste, las revistas de divulgación científica resultaron muy desfavorecidas: el 47% afirmó no leer este tipo de medio y el 26% dijo consultarlas solo cuando encuentra algo interesante.

Tabla 8.7. En los periódicos hay noticias, comentarios, artículos sobre temas científicos y tecnológicos ¿lee usted este tipo de información?, 2004

Opciones	%
Todos los días	5
Bastante a menudo	18
Muy de vez en cuando	55

Fuente: Aguirre, 2005

En un medio de tanta audiencia como es la radio, inquieta que el 79% de los encuestados haya respondido que no escucha programas radiales de ciencia y tecnología. Queda la duda de si respondieron así porque no sabían en qué espacios y horarios se transmitían estos contenidos y por lo tanto no los consumían, si conocían de los programas y deliberadamente no los escuchaban, o simplemente si se debió a una escasa oferta de este tipo de programas.

Tabla 8.8. ¿Acostumbra escuchar programas radiales especializados que suministran información sobre ciencia y tecnología?, 2004

Opciones	%
No escucho este tipo de programas	79
Sólo cuando encuentro algo interesante	10
De vez en cuando	6
Regularmente	4

Fuente: Aguirre, 2005

En los resultados de la encuesta del 2012 se registran cambios importantes en el consumo de medios de comunicación, principalmente por la acogida de Internet como fuente de información. La televisión y la radio ocupan el primer y segundo lugar respectivamente. Internet se posiciona en tercer lugar, triplicando el porcentaje de consumo de la prensa. Es importante señalar el bajo consumo de revistas, aunque tradicionalmente no ha sido alto. Para este momento en particular, era ya notorio el auge de las publicaciones digitales.

Tabla 8.9. De los siguientes medios de comunicación cuáles han sido los DOS que usted más ha consumido durante los últimos 30 días hasta hoy, 2012

Opciones de respuesta	%
Televisión	89,44
Radio	42,69
Internet	38,21
Periódico	11,74
Revistas	3,37

Fuente: OCyT, 2012

Mientras la televisión continúa siendo el medio favorito para informarse sobre ciencia y tecnología, Internet cobra cada día mayor importancia en este mismo sentido. El 19% de los colombianos que usa Internet para informarse sobre estos temas, manifiesta que lo hace a través de directorios y buscadores, un 4,8% a través de portales y un 1,6% consultando diarios y revistas digitales. Esto evidencia que los usuarios de Internet no consultan fuentes especializadas a la hora de informarse en estos temas, sino que se orientan a través de motores de búsqueda.

Tabla 8.10. ¿Con cuál de los siguientes medios usted se informa sobre ciencia?, 2012

Opciones de respuesta	%
Televisión	62,65
Radio	2,87
Periódico	2,76
Revistas	1,92
Internet	29,80

Fuente: OCyT, 2012

Tabla 8.11. ¿Con cuál de los siguientes medios usted se informa sobre tecnología?, 2012

Opciones de respuesta	%
Televisión	53,16
Radio	2,03
Periódico	2,77
Revistas	2,00
Internet	40,04

Fuente: OCyT, 2012

Durante estos dieciocho años transcurridos entre la primera y la tercera encuesta, los hábitos de consumo de información sobre ciencia y tecnología han variado, a excepción de la televisión que sigue siendo el medio preferido para informarse. Los medios impresos como la prensa y las revistas han tenido un notorio decrecimiento con el paso de los años, muy seguramente debido al incremento en la cobertura de Internet y a su oferta de servicios. Es pertinente recordar que en el 2004 no se indagó específicamente por el consumo de información de ciencia y tecnología a través de Internet. La radio, que en la encuesta de 1994 figuró como el tercer medio más utilizado, en la del 2004 pasó al cuarto lugar y en la del 2012 mantuvo esta posición.

Como podemos observar, las tres encuestas de percepción han indagado sobre los consumos mediáticos y los hábitos de información en CyT de los encuestados. Y a pesar de que el interés por la información de CyT ha aumentado su consumo todavía es bajo, teniendo en cuenta que, tanto la televisión por cable como la satelital han favorecido el aumento de la oferta de contenidos en CyT y que en Internet se encuentran cada vez más portales de divulgación científica. La pregunta que emerge entonces es: ¿a qué se debe el poco interés por los contenidos de CyT? Lo primero que se nos ocurre antes de conocer la respuesta es pensar si en ello tiene que ver la manera como se abordan los temas científicos en los medios.

Ciertamente los medios de comunicación contribuyen a la construcción de las representaciones y visiones de la ciencia. Sin embargo, a menudo proyectan en conjunto una imagen muchas veces alejada de lo que supone la construcción de conocimientos científicos, manejo que ha venido consolidándose hasta convertirse en un estereotipo socialmente aceptado que las distintas fuentes de información refuerzan por acción u omisión. Cabría preguntarse entonces, ¿cuál es la imagen que ofrecen los medios de la ciencia y cuáles son las visiones que construyen los encuestados a partir de ella? y ¿en qué medida estas representaciones repercuten en el bajo interés que los ciudadanos tienen por la información sobre CyT? Esto nos invita a poner la mirada no solo en los hábitos de información en sí mismos, sino también en la disponibilidad y calidad de los contenidos y, por qué no, en qué tanta pedagogía se ha hecho respecto al manejo y producción de contenidos de carácter científico.

8.3.3. Actitudes y valoración

Este conjunto de preguntas ha sido el más extendido y usado en las encuestas de este tipo, tanto en Colombia como en el resto del mundo. En las tres encuestas se solicitó a los ciudadanos que mencionaran lo primero que se les viniera a la cabeza al escuchar la palabra tecnología y la palabra ciencia (ver tablas 8.12 y 8.13). En 1994 solo se preguntó por tecnología y se ofreció un listado predeterminado de opciones de respuesta, en 2004 y 2012 las preguntas sobre ciencia y tecnología fueron abiertas y en 2012 se incluyó también una pregunta abierta sobre la primera palabra que viene a la mente al pensar en innovación.

El tipo de representaciones generales sobre la palabra ciencia no parece haber variado significativamente aunque sí la importancia de algunas palabras sobre otras. Así por ejemplo, todos los temas asociados a la naturaleza y el medio ambiente han tomado un peso importante en los últimos diez años y son los que hoy los individuos más equiparan con la ciencia. Algo similar ocurre con la medicina, que en la encuesta del 2012 registró un peso relativo mayor frente al del 2004. Otras palabras asociadas al proceso de la ciencia (investigación-experimentación) siguen manteniendo presencia importante. Igualmente, la idea de ciencia como sinónimo de avance sigue acentuada en la población colombiana.

Tabla 8.12. Cuando se habla de ciencia ¿cuál es la primera palabra en la que usted piensa?, 2004*

Ciencia	%
Descubrir e inventar	19
Avances	16
Ambiente/naturaleza	16
Ciencia/estudios/disciplina	15
Tecnología	12
Conocimiento y sabiduría	10
Medicina/salud	6

Fuente: Aguirre, 2005
* No suma 100% en el original.

Tabla 8.13. Cuando se habla de ciencia, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012*

Palabras por recurrencia con más del 2% del total		
Palabra	Número	%
Naturaleza	586	12%
Investigación	568	12%
Avance	402	8%
Tecnología	299	6%
Medicinas	218	4%
Estudio	181	4%
Conocimiento	162	3%
Salud	150	3%
Medio ambiente	116	2%
Animales	86	2%
Inventos	81	2%
Estudios	73	2%
Otras	1.931	40%
Total palabras mencionadas	**4.853**	**100%**
Clasificadas por grupos temáticos		
Palabra	Número	%
Naturaleza-medio ambiente-animales-plantas	953	19,64%
Investigación-experimentación	706	14,55%
Conocimiento-estudio-sabiduría-aprendizaje	563	11,60%
Avances-adelantos	457	9,42%
Medicinas-salud-vacunas-enfermedades	436	8,98%
Invento-descubrimiento-innovación-creación	376	7,75%
Tecnología	316	6,51%
Desarrollo-evolución-progreso	238	4,90%
Científicos-laboratorio-método	121	2,49%
Universo-espacio-astronomía	108	2,23%
Química-biología-ciencias naturales	107	2,20%
Cuerpo humano-humanidad-personas	61	1,26%
Información-Internet-sistemas	56	1,15%
Inteligencia-pensamiento-verdad	50	1,03%
Computador-celulares-carros	45	0,93%
Bienestar-beneficios-mejoría	40	0,82%
Dios	13	0,27%
Instituciones varias	10	0,21%
Contaminación-destrucción-manipulación	9	0,19%
Importante-interesante	8	0,16%
Otro	180	3,71%
Total general	**4.853**	**100,00%**

Fuente: OCyT, 2012

* Por tratarse de una pregunta abierta se hicieron dos tipos de agrupaciones: una por recurrencia de palabras, tal y como fueron mencionadas por los encuestados, sin tener en cuenta distintas conjugaciones, acepciones, número gramatical, sinonimia, etc.: ej. estudio, estudios; en la otra se agruparon las palabras por grupos temáticos similares y, además, se normalizaron.

Frente a la tecnología llama la atención que en las tres encuestas la mayor relación se dio con la palabra avance y sus similares. Mientras en 1994 los términos relacionados con las TIC ni siquiera se incluyeron en las preguntas, en 2012 no solo se tuvieron en cuenta palabras como computadores, Internet o celulares, sino que los encuestados les reconocieron una gran importancia. En cualquier caso, durante los últimos casi veinte años sigue primando una visión artefactual de la tecnología, esto es, más ligada a objetos y aparatos que a procesos. En la encuesta de 2012 sorprende que mientras que la tecnología fue más mencionada en relación con la ciencia, esta última fue mucho menos relacionada con la tecnología.

Tabla 8.14. ¿Cuando escucho hablar de tecnología pienso en?, 1994

Opción	%
Avances/desarrollo	40
Maquinaria	35
Aplicación de la ciencia	13
Algo nuevo/novedoso/moderno	9
Algo práctico/facilitar eltrabajo	8
Desarrollo industrial	8
Instrumentos que mejoran la ciencia	7
Procesos científicos	7
Conocimientos adquiridos por una persona	1
Biotecnología	1
Descubrimientos espaciales	0
Otro	0
No responde	2

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.15. Cuando se habla de tecnología ¿cuál es la primera palabra en la que usted piensa?, 2004

Tecnología	%
Avances	39
Aparatos electrónicos	29
Telecomunicaciones	10
Conocimiento	7

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.16. Cuando se habla de tecnología, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012*

Palabras por recurrencia con más del 2% del total		
Palabra	Número	%
Computadores	525	10%
Avance	413	8%
Internet	333	7%
Avances	301	6%
Celulares	276	5%
Aparatos	168	3%
Desarrollo	116	2%
Sistemas	115	2%

Computadora	109	2%
Innovación	104	2%
Futuro	96	2%
Inventos	82	2%
Electrodomésticos	80	2%
Otras	2.312	46%
Total palabras mencionadas	**5.030**	**100%**
Clasificadas por grupos temáticos		
Palabra	Número	%
Avances-adelantos	865	17,20%
Computadores-computación-portátiles	707	14,06%
Innovación-novedad-invento-descubrimiento	464	9,22%
Internet-redes-redes sociales	362	7,20%
Desarrollo-evolución-modernidad-progreso	312	6,20%
Celulares-teléfonos-telefonía	307	6,10%
Aparatos-dispositivos-artefactos	254	5,05%
Sistemas-informática	206	4,10%
Electrodomésticos-televisores-tabletas	190	3,78%
Medios de comunicación- comunicación-información	178	3,54%
Maquinas-maquinaria-mecanismos	152	3,02%
Conocimiento-creación-estudio	128	2,54%
Futuro-proyección	110	2,19%
Facilidad-comodidad-mejoramiento	93	1,85%
Tecnología-técnica-tecnólogos	75	1,49%
Electrónica-artículos/dispositivos electrónicos	64	1,27%
Ciencia-científicos	59	1,17%
Investigación-experimentación	56	1,11%
Equipos-equipos tecnológicos	42	0,83%
Actualidad-actualización	40	0,80%
Inteligencia-habilidad-curiosidad	38	0,76%
Destrucción-contaminación-desempleo	36	0,72%
Carros-aviones-otros medios de transporte	36	0,72%
Construir-diseñar-hacer	29	0,58%
Ingeniería-robótica-otras profesiones	26	0,52%
Herramienta-instrumento	23	0,46%
Humanidad-hombre	9	0,18%
Procedimiento-proceso	8	0,16%
Otro	161	3,20%
Total	**5.030**	**100,00%**

Fuente: OCyT, 2012

* Por tratarse de una pregunta abierta se hicieron dos tipos de agrupaciones: una por recurrencia de palabras, tal y como fueron mencionadas por los encuestados sin tener en cuenta distintas conjugaciones, acepciones, número gramatical, sinonimia, etc., ej. estudio/estudios; en la otra se agruparon las palabras por grupos temáticos similares y, además, se normalizaron.

Finalmente, en lo que concierne a la palabra innovación, sobre la cual se preguntó en la encuesta del 2012, esta fue asociada con aquello que es nuevo o que está relacionado con el cambio o con mejoramiento, fundamentalmente con lo tecnológico, bien porque se planteó de esa manera o porque se mencionaron artefactos. En el imaginario de los colombianos la innovación no está muy ligada a la ciencia y a la investigación, pues solo el 9,89% de los encuestados pensaron en palabras que tenían que ver con ellas.

Tabla 8.17. Cuando se habla de innovación, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012*

Palabras por recurrencia con más del 2% del total		
Palabra	Número	%
Nuevo	1.237	30%
Cambios	341	8%
Renovar	100	2%
Tecnología	94	2%
Crear	89	2%
Creatividad	79	2%
Algo nuevo	74	2%
Novedad	68	2%
Creación	64	2%
Avance	63	2%
Novedoso	62	2%
Moda	54	1%
Mejorar	53	1%
Cambiar	51	1%
Futuro	51	1%
Renovación	48	1%
Mejoramiento	47	1%
Moderno	41	1%
Otras	1.440	36%
Total palabras	**4.056**	**100%**

Clasificadas por grupos temáticos		
Palabra	Número	%
Nuevo-novedad-novedoso	1.643	40,51%
Cambio-cambiar-modificar-transformar	418	10,31%
Crear-creatividad-creación-invento-Invención	336	8,28%
Mejorar-mejoramiento-mejoras-mejor	216	5,33%
Renovar-renovación-remodelar	179	4,41%
Celulares-computadores-vehículos-electrodomésticos	177	4,36%
Avance-adelanto-superación	154	3,80%
Progreso-desarrollo-evolución-crecimiento	107	2,64%
Tecnología	100	2,47%
Moderno-modernidad-modernización	59	1,45%
Futuro-proyección	57	1,41%
Moda	57	1,41%
Actualidad-actualización-actualizar	36	0,89%
Conocimiento-aprender-estudiar	36	0,89%
Investigación-ciencia	36	0,89%
Internet-comunicación-información	36	0,89%
Impacto-impactante-desliumbrante	30	0,74%
Construir-hacer-fabricar	25	0,62%
Innovar	23	0,57%
Diferente-diferencia	21	0,52%
Descubrimiento-descubrir	18	0,44%
Inteligencia-ingenio	16	0,39%
Belleza-sofisticado-elegante	15	0,37%
Salud-medicina	13	0,32%
Empresa-emprendimiento-negocios	12	0,30%
Destrucción-contaminación-consumismo	11	0,27%
Maquinaria-máquinas-herramientas	11	0,27%
Raro-desconocido-extraño	11	0,27%
Otro	203	5,00%
Total	**4.056**	**100,00%**

Fuente: OCyT, 2012

* Por ser una pregunta abierta se hicieron dos tipos de agrupaciones: una por recurrencia de palabras, tal y como fueron mencionadas por los encuestados, sin tener en cuenta distintas conjugaciones, acepciones, número gramatical, sinonimia, etc., ej. estudio/estudios; otra por grupos temáticos similares en la que, además, se normalizaron

De las tres palabras (ciencia, tecnología e innovación) la tecnología parece ser la que tiene una percepción más cercana, ya que fue la que presentó, por lo menos en la encuesta del 2012, el mayor número de palabras relacionadas, sin embargo, y eso se ha mantenido en el tiempo, tanto la ciencia como la tecnología y la innovación son asociadas con el avance y el desarrollo. Faltaría establecer si tal asociación está referida al conocimiento científico-tecnológico producido localmente o al foráneo.

Otro aspecto que se ha indagado es la percepción que tienen los individuos sobre los científicos. En la encuesta de 1994 se preguntó sobre las *características positivas y negativas* atribuidas a estos; en la del 2004 sobre las motivaciones que tiene un científico para dedicarse a su trabajo y en la del 2012 se recogieron las dos dimensiones anteriores y, además, escoger de un listado predeterminado las dos características que mejor describían a una persona que hace ciencia[5] y las tres razones por las cuales se considera que una persona decide trabajar en ciencia.

Tabla 8.18. ¿Cuáles características describen a un científico?, 1994

Característica	%
Inteligente	66
Estudioso/estudiado	46
Creativo	39
Amante de lo desconocido	32
Constancia	29
Sabio	19
Responsable	19
Audacia	16
Independiente de pensamiento	12
Loco	10
Voluntad	10
Honesto	8
Moral	4
Metódico/organizado	4
Patriota	3
Joven	2

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.19. ¿Alguna característica negativa del científico?, 1994

Opciones de respuesta	%
Sí	39
No	58
No sabe	3
Introvertido	9
Solitario	4
Egoista (no comparte)	3
Ególatra	3
No respeta la vida humana/ni fronteras	3
Desubicado/despistado	2
Loco/excéntrico	2
Histérico/de mal genio	2
Intransigente	2
Frío/calculador, teórico, perfeccionista, desordenado, no se sabe expresar, despreocupado en el aspecto personal, prepotente, no cree en Dios, materialista, otro	1

Fuente: Álvarez, 2003

5 Consientes de que las encuestas de una u otra forma son instrumentos que al ser aplicados refuerzan o crean imaginarios sociales, se decidió en aras de la equidad de género preguntar por las personas que *hacen ciencia* en lugar de por los *científicos*.

Tabla 8.20. ¿Cuáles cree que son en general las principales motivaciones que tiene un científico para dedicarse a su trabajo?, 2004

Motivación	%
Vocación por la investigación	60
Solucionar problemas a la gente	28
Conocer la verdad	20
Por el bien de su país	12
Ganar dinero	11
Tener prestigio	10
Explicar los hechos	8
Entender el entorno	7
Tener poder	5
Conquistar un premio importante	4
Por generosidad	3

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.21. De la siguiente lista por favor seleccione las DOS características que usted considera describen mejor a una persona que hace ciencia, 2012

Característica	%
Apasionada por su trabajo	61,24%
Curiosa	44,57%
Con inteligencia por encima de lo normal	41,00%
Con ética	17,35%
Común	14,69%
Solitaria	10,65%
Rigurosa	10,17%

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.22. De la siguiente lista por favor seleccione las TRES razones por las cuales cree usted que una persona decide trabajar en ciencias, 2012

Motivación	%
Vocación por la investigación	75,60%
Conocer la verdad	60,34%
Solucionar los problemas de la gente	57,28%
Entender el entorno	46,23%
Ganar dinero	33,75%
Tener prestigio	16,50%
Tener poder	8,02%

Fuente: OCyT, 2012

Los encuestados de 1994 les atribuyeron a los científicos más calificativos positivos que negativos. Entre los positivos están: inteligencia (66%), estudiado/estudioso (46%), creatividad (39%), amante de lo desconocido (32%) y constancia (29%). Muy pocos, (el 10% o menos), seleccionaron los términos honesto, moral, metódico/organizado, patriota o joven. En cuanto a las características negativas, el 58% respondió que no las había, siendo el calificativo introvertido el que obtuvo el mayor número de respuestas (9%); por debajo, con un 3 y 4%, figuraron loco, egoísta, ególatra, no respeta la vida humana/ni fronteras, entre otros. Algo similar ocurrió en las encuestas del 2004 y 2012: características tales como tener prestigio, poder, dinero, etc., fueron mejor calificadas.

En 2004, la motivación más seleccionada fue *la vocación por la investigación (60%), seguida por solucionar problemas de la gente (28%) y conocer la verdad* (20%). Es importante destacar que en la encuesta del 2012 la opción *solucionar problemas de la gente* aumentó significativamente frente al porcentaje de esta respuesta en la encuesta del 2004. Por otra parte, en 1994 no se le preguntó a los encuestados por cuáles son las motivaciones de los científicos para hacer su trabajo, pero si se observa el alto porcentaje que recibieron las respuestas que los califican como *inteligentes (66%), estudiosos (46%) y creativos* (39%) podemos decir que sigue primando la concepción de que quienes hacen ciencia son personas neutrales y carentes de intereses, lo cual aunque a primera vista parece positivo no deja de corresponder a imágenes estereotipadas y acríticas de la ciencia y sus practicantes.

Otro aspecto auscultado fue la percepción sobre el hecho de que los jóvenes se dediquen a la ciencia. Si bien el tipo de preguntas fue diferente en las tres encuestas se puede inferir algún tipo de evolución. En 1994 y en 2012 se ofreció a los encuestados un listado para que seleccionaran qué carreras les gustaría que estudiara un hijo o una hija, mientras que en el 2004 se preguntó sobre qué tan orgulloso estaría si un hijo suyo se dedicara a trabajar como científico. Vale advertir que en 1994 las opciones se limitaron a profesiones relacionadas con las ciencias básicas, mientras que en 2012 se incluyeron otras áreas, lo cual es consistente con un cambio de énfasis en las encuestas donde inicialmente ciencia se equiparaba solamente a las ciencias básicas.

Tabla 8.23. ¿Si usted tuviera un hijo le apoyaría para que estudiara una carrera como…?, 1994

Opciones de respuesta	%
Matemática pura	79
Química	82
Física	80

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla. 8.24. ¿Si usted tuviera una hija la apoyaría para que estudiara una carrera como…?, 1994

Opciones de respuesta	%
Matemática pura	76
Química	83
Física	78

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.25. ¿Qué tan orgulloso estaría Ud. si un hijo suyo se dedicara a trabajar como científico?, 2004

Opciones respuesta	%
Totalmente	67
Muy	30
Indiferente	2
Muy poco	1

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.26. Si usted tuviera una hija/hijo le gustaría que estudiara, 2012

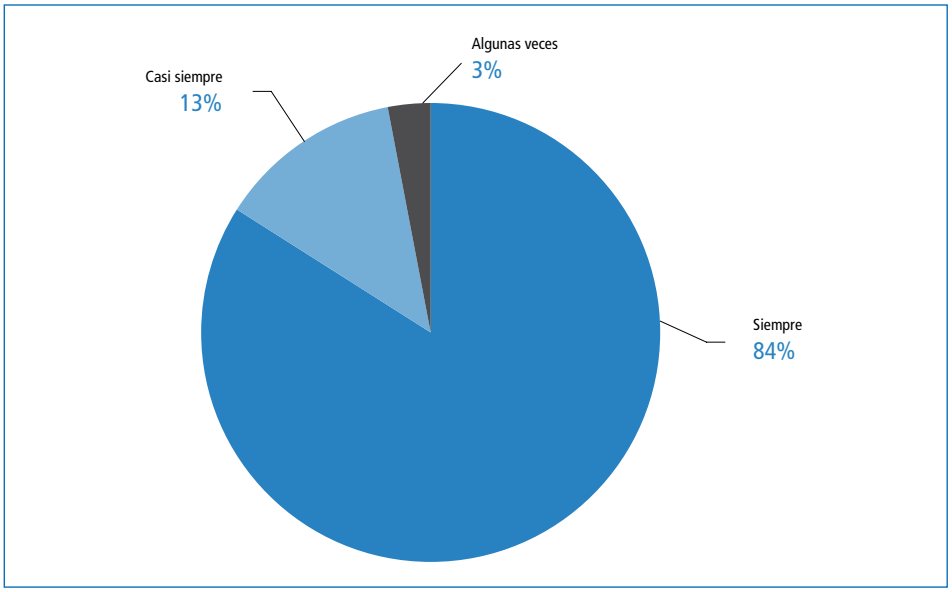
Profesión	Hija	Hijo
Medicina	89,44%	88,61%
Ingeniería	86,50%	90,09%
Pedagogía	67,32%	60,44%
Agronomía	61,44%	66,53%
Sociología	60,99%	58,97%
Física	60,98%	65,37%

Fuente: OCyT, 2012

Si se analizan las respuestas en su conjunto, promediando las respuestas de 1994 encontramos que el 80% de las personas apoyaría a su hijo y el 79% apoyaría a su hija para que estudiara una carrera científica. En 2004, la mayoría (97%) de los encuestados respondieron a esta pregunta en forma positiva (totalmente 67% y muy orgulloso 30%). Sin embargo, surge el interrogante sobre si estarían igual de orgullosos si sus hijos escogieran las carreras de biología, química, matemáticas o física para convertirse en científicos, es decir, aquellas opciones que tuvieron poco puntaje en la pregunta sobre el prestigio de las profesiones. Con las salvedades sobre la forma en que se enunciaron las preguntas en cada encuesta, podríamos concluir que entre 1994 y 2004 se presentó un aumento de 17 puntos en el apoyo a los hijos que deciden desempeñarse como científicos. Ahora bien, en 2012 se ofreció un listado que incluía diferentes disciplinas; la ingeniería y la medicina fueron las más valoradas por las personas para sus hijos e hijas, aunque la primera se prefirió más para los hijos que para las hijas. Llama la atención que la física quedó en último lugar, siendo más preferida para los hijos, mientras que la agronomía y la pedagogía tienen las diferencias de género más fuertes, siendo la primera mucho más preferida para los hijos que la segunda.

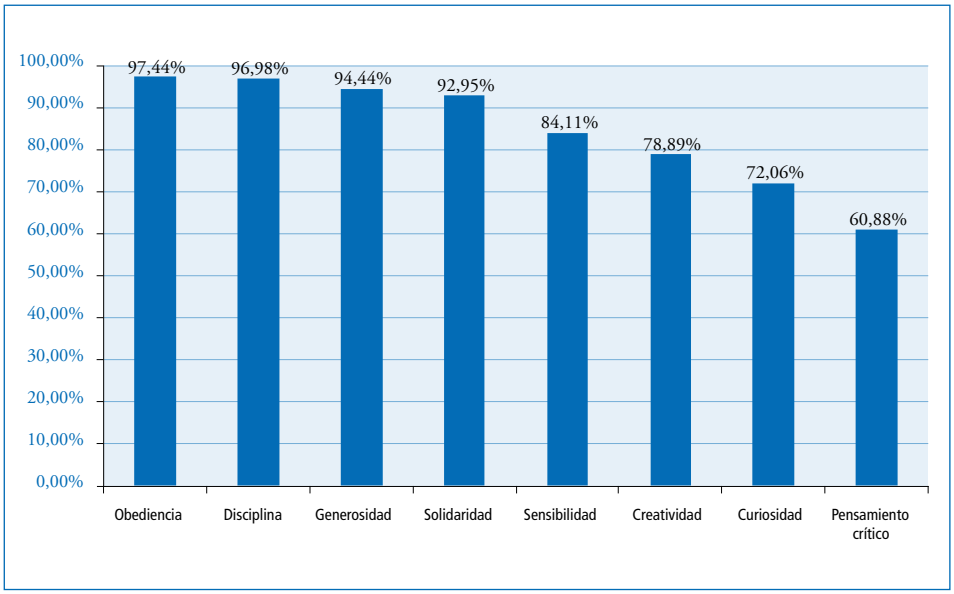
Tanto en 2004 como en 2012 se buscó indagar por la percepción sobre algunos valores que se suelen asociar a un espíritu o vocación científica. En 2004 se hizo en un solo enunciado y en 2012 sobre un listado de valores presumiblemente inculcados en la infancia.

Gráfica 8.1. ¿Usted cree que averiguar, indagar, preguntar, profundizar mejora en las personas la capacidad para decidir cosas importantes en la vida?, 2004



Fuente: Aguirre, 2005

Gráfica 8.2. En su infancia le inculcaron…, 2012

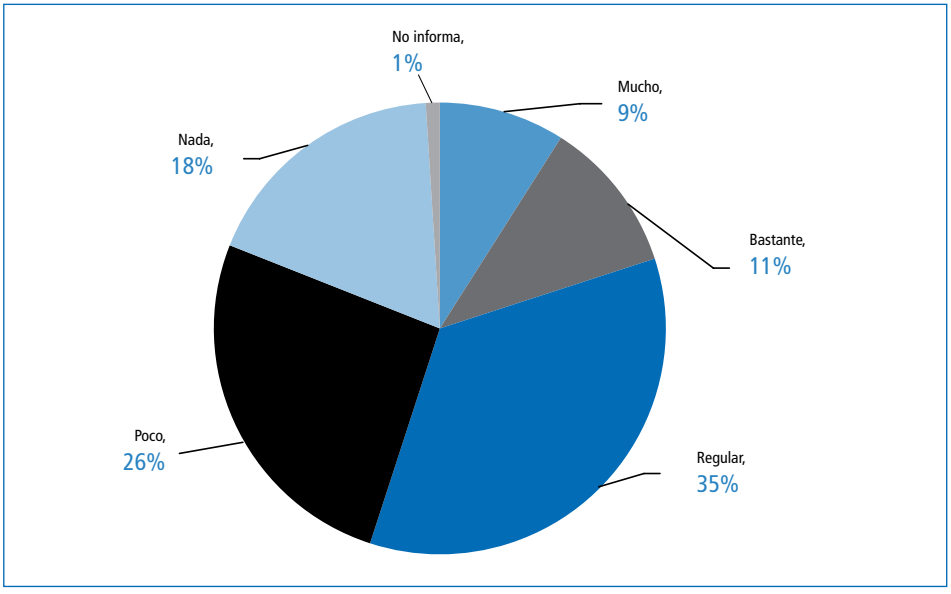


Fuente: OCyT, 2012

El contraste entre las respuestas a las dos preguntas es significativo: en 2004, ocho de cada diez encuestados dijo considerar que indagar, preguntar, etc., son aspectos importantes en la vida de las personas, mientras en 2012 los valores que reportaron como menos inculcados fueron la creatividad, la curiosidad y el pensamiento crítico, y el que más fue la obediencia. Esta discrepancia nos muestra un panorama preocupante de la sociedad colombiana, pues no se trata solamente de que el no estimular estos aspectos revierta en menos personas interesadas en seguir carreras en ciencias (básicas y sociales) sino en que son cualidades claves para el desenvolvimiento social de los individuos, ya que una sociedad donde no se estimula el pensamiento crítico está condenada a repetir sus fracasos.

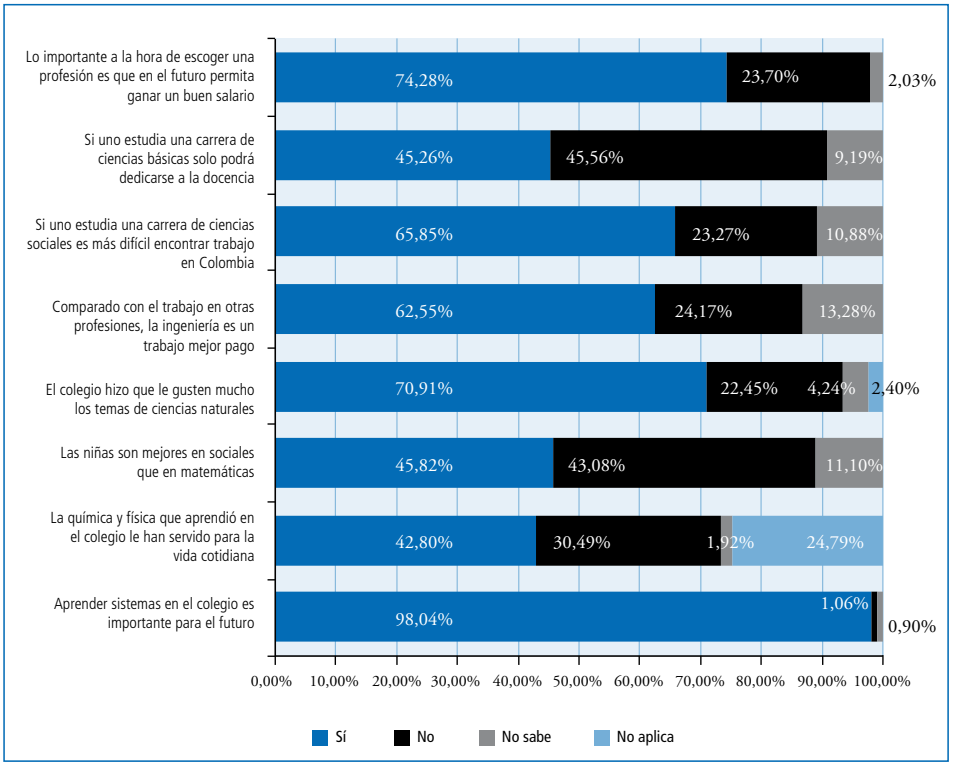
Lo anterior nos lleva a interrogarnos sobre el papel no solo de la familia sino también de la escuela. En la encuesta de 1994 se preguntó a las personas si consideraban que el bachillerato contribuía al desarrollo de actividades científicas en los estudiantes; en 2004 las preguntas relacionadas con la escuela se hicieron exclusivamente a los maestros y en 2012 se dio a los encuestados un conjunto de afirmaciones sobre la escuela para que manifestaran su grado de acuerdo o desacuerdo.

Gráfica 8.3. ¿El bachillerato colombiano contribuye al desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes?, 1994



Fuente: Aguirre, 2005

Gráfica 8.4. De las siguientes afirmaciones, por favor dígame si está o no de acuerdo con ellas, 2012



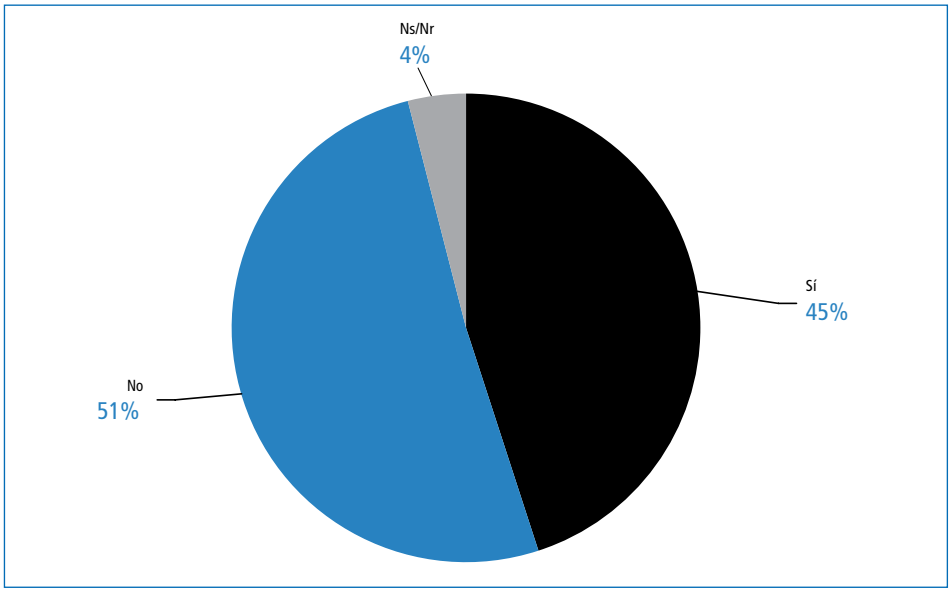
Fuente: OCyT, 2012

Como se observa, en 2004 los encuestados consideraban que el bachillerato no les daba suficientes herramientas para desempeñarse en carreras científicas. Por su parte, las respuestas dadas en 2012 reflejan una contradicción que ha sido ampliamente trabajada en los estudios sobre vocaciones científicas, esto es, que a los jóvenes, en efecto, les gustan las ciencias y las valoran como algo importante en la vida de las personas, pero poco les interesa seguir una profesión en ciencias. Esto último obedece a un imaginario sesgado sobre los trabajos que se pueden desempeñar en las distintas profesiones, según el cual las ciencias tienen muy poco campo laboral mientras las ingenierías son percibidas como profesiones muy rentables, económicamente hablando (véase Daza-Caicedo, S., 2011; Polino, C., 2011). De otra parte, es importante notar algo que ya habíamos señalado anteriormente: el sesgo de género frente a algunas profesiones, específicamente las de ciencias y tecnologías que, en este caso, como se observa en la gráfica 8.4, cuatro de cada diez colombianos piensa que las niñas son mejores para sociales que para matemáticas y uno de cada diez no sabe qué responder frente a esta afirmación.

Finalmente, un aspecto que ha adquirido mucha importancia en los últimos años en lo que concierne a las percepciones hacia la ciencia y la tecnología es el referente

al riesgo que puedan generar los desarrollos científico-tecnológicos. Es de notar que mientras este no fue un tema de la encuesta de 1994, las de 2004 y 2012 proponen a los encuestados una valoración sobre el conocimiento científico en términos de los riesgos y beneficios que este acarrea. Adicionalmente, la encuesta de 2012 preguntó sobre ciertos beneficios que podría traer la innovación. La encuesta de 2004 indagó sobre el nivel de acuerdo frente a los beneficios de la ciencia y la tecnología, así como los posibles problemas que estas podrían traer para la humanidad. Para medir el primer aspecto planteó la siguiente afirmación: "*Los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que los efectos negativos*", a la cual el 73% de los encuestados respondió de manera afirmativa. Respecto al segundo, la opinión fue 51% negativa frente a un 45% positiva.

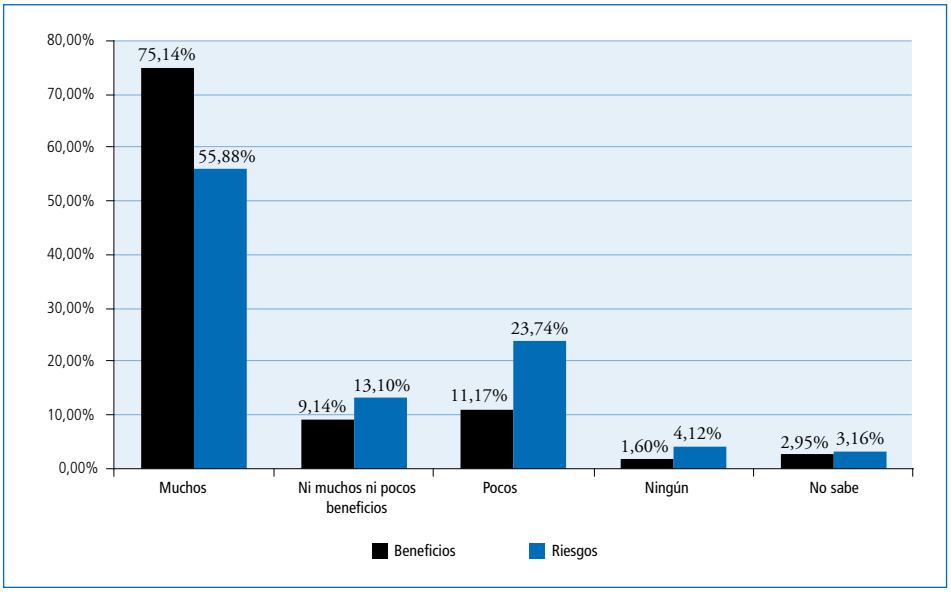
Gráfica 8.5. Muchas personas opinan que el desarrollo de la ciencia y los avances tecnológicos traen problemas para la humanidad ¿usted qué opina?, 2004



Fuente: Aguirre, 2005

En 2004 la pregunta estaba sesgada hacia una respuesta afirmativa. Ahora bien, si equiparáramos problemas a riesgos, se encuentra que en las dos encuestas se da una posición mesurada frente al riesgo. En 2004 el 45% de los encuestados consideró que la ciencia y la tecnología podían traer problemas y en 2012 el 55% dijo creer que la ciencia puede generar muchos riesgos. La diferencia más grande se da entre los más optimistas, que en 2004 representaron el 51% (no están de acuerdo con que genere problemas) frente a un 28% que en 2012 considera que la ciencia y la tecnología generan pocos o ningún riesgo. En cualquier caso, lo que sí se puede afirmar es que la percepción sobre los beneficios es mayor que sobre los riesgos.

Gráfica 8.6. Perfil riesgos/beneficios, 2012



Fuente: OCyT, 2012

Ahondando en este punto, también las encuestas de 2004 y 2012 preguntaron a los encuestados sobre los asuntos específicos que identifican como problemas generados por la ciencia y la tecnología. En la del 2004 se utilizó la palabra problemas y se incluyó un listado predeterminado, mientras que en la del 2012 se optó por pedir a los encuestados un ejemplo de un beneficio y de un riesgo que la ciencia y la tecnología le hayan traído a Colombia. Como se aprecia en la tabla 8.27, en 1994 se preguntó a los encuestados por el último aporte que habían recibido de la ciencia y la tecnología; desafortunadamente no es claro si la división entre ciencia y tecnología se planteó en la encuesta, al momento de tabular las respuestas o en ambos procesos.

Tabla 8.27. ¿Cuál es el último aporte que usted ha recibido de la ciencia y la tecnología?, 1994

Beneficios ciencia	%
Computadores/informática	31
Telefonía celular	13
Rayos láser (medicina/comunic.)	6
Comunicaciones (satélite, video, etc.)	5
Medicina (aplicación de los avances)	4
Carros (solares de propulsión)	3
Viajes espaciales	2
Maquinaria/electrodomésticos	2
Eurotunel (tren canal de la Mancha)	2
Compac disk	1
La televisión	1

Beneficios ciencia	%
El metro	1
Aparatos controlar el medio ambiente	1
Aprovechamiento de la energía solar	1
Trasplantes	1
Bomba atómica	1
Lentes de diferentes materiales	1
Prótesis electrónica	1
Otro	2
Ninguno	4
No responde	17

Beneficios tecnología	%
Vacuna contra la malaria	41
Investigaciones sobre el SIDA	7
Vacunas	6
Informática/sistemas	4
Investigaciones sobre el cáncer	3
Avances en medicina (medicina, etc.)	3

Beneficios tecnología	%
Bioenergética	3
Rayo láser	2
Investigaciones en comunicaciones	2
Teorías/descubrimientos espaciales	2
Trasplantes	1
Astronomía	1

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.28. ¿Cuál o cuáles de los siguientes problemas considera que son los que generan el desarrollo de la ciencia y los avances de la tecnología?, 2004

Opciones de respuesta	%
Deterioro del medio ambiente	48
La utilización del conocimiento para la guerra	45
La pérdida de los valores morales	28
Los peligros de aplicar algunos conocimientos	22
Una concentración mayor del poder y la riqueza	15
Otra	1

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.29. Me podría dar un ejemplo de un beneficio, 2012*

Beneficios		
Palabras por recurrencia con más del 1% del total		
Internet	731	14,86%
Comunicaciones	601	12,22%
Celulares	486	9,88%
Computadores	225	4,57%
Vacunas	224	4,55%
Televisión	119	2,42%
Medicina	109	2,22%
Telecomunicaciones	62	1,26%
Otras	2.362	48,01%
Total palabras	**4.919**	**100,00%**
Clasificadas por grupos temáticos		
Avances/mejoras/comunicaciones/telecomunicaciones	913	1201,32%
Uso/avances/velocidad de Internet	809	1064,47%
Celulares/telefonía móvil/telefonía celular/telefonía	562	739,47%
Salud/medicina/tratamientos enfermedades/cura enfermedades/trasplantes/prótesis	514	676,32%
Vacunas/ vacunas contra enfermedades /vacuna Malaria/vacuna cáncer uterino/papiloma	367	482,89%
Computadores/tabletas/portátiles/computación	326	428,95%
Televisión/televisores/televisión satelital/televisión digital/televisión a color	157	206,58%
Facilidad/comodidad/bienestar	132	173,68%
Transporte/Transmilenio/Mio/automóviles/aviones/metro	116	152,63%
Conocimiento/aprendizaje/saber	96	126,32%
Progreso/desarrollo /desarrollo económico y social/modernización	95	125,00%
Información/acceso a la información /estar más informados	89	117,11%
Biocombustible/páneles solares/menos contaminación/ahorro energía/ambiente	73	96,05%
Maquinaria/máquinas/equipos/herramientas/aparatos	72	94,74%
Avances/adelantos	65	85,53%
Educación/mejor educación/educación a distancia/profesionalización	63	82,89%
Gas/gas natural/energía/energía eléctrica/energía solar/hidroeléctricas	55	72,37%
Rapidez/agilidad/optimización del tiempo /ahorro tiempo	53	69,74%

Medicamentos/medicinas/drogas/medicamentos cáncer	47	61,84%
Empleo/trabajo	37	48,68%
Sistemas/informática/sistemas de información	32	42,11%
Electrodomésticos/lavadora/nevera/horno microhondas	27	35,53%
Investigación/avances investigación	24	31,58%
Industria/desarrollo industrial /desarrollo empresarial/productividad	18	23,68%
Tecnología/más tecnología/ mejor tecnología	27	35,53%
Carreteras/acueductos/infraestructuras/grandes obras	17	22,37%
Explotación minera/explotación petrolífera/petróleo/minería	15	19,74%
Innovación/cosas nuevas/novedades	13	17,11%
Técnicas de cultivo/fertilizantes/productos agrícolas/agroquímicos/agricultura	12	15,79%
Tratado de libre comercio/TLC	8	10,53%
Globalización	9	11,84%
Otro	76	100,00%
Total palabras	**4.919**	**6.472,37%**

Fuente: OCyT, 2012

* Por tratarse de una pregunta abierta se hicieron dos tipos de agrupaciones: una por recurrencia de palabras, tal y como fueron mencionadas por los encuestados, sin tener en cuenta distintas conjugaciones, acepciones, número gramatical, sinonimia, etc., por ejemplo, estudio/estudios; otra por grupos temáticos similares en la que, además, se normalizaron.

Tabla 8.30. Me podría dar un ejemplo de un riesgo, 2012*

Riesgos		
Palabras por recurrencia con más del 1% del total		
Contaminación	534	12,78%
Mal uso de internet	394	9,43%
Desempleo	105	2,51%
Armas	103	2,47%
Inseguridad	96	2,30%
Redes sociales	55	1,32%
Enfermedades	48	1,15%
Adicción	47	1,13%
Otras	2.795	66,91%
Total palabras	**4.177**	**100,00%**
Clasificadas por grupos temáticos		
Contaminación/contaminación ambiental/contaminación medio ambiente	637	15,25%
Internet/redes sociales/virus/mal uso /malos contenidos/riesgos Internet	634	15,18%
Armas/bombas/guerra/bomba atómica/armamento nuclear/violencia	301	7,21%
Enfermedades/salud/riesgos a la salud/Cáncer/riesgos salud	197	4,72%
Medio ambiente/ambiente/daño al medioambiente/deforestación	192	4,60%
Inseguridad/robos/robo celulares	184	4,41%
Adicción a Internet/adicción tecnología/computador/videojuegos	180	4,31%
Mal uso Internet/mal uso tecnología/mal uso computadores	194	4,64%
Desempleo/desplazamiento mano de obra por tecnología	157	3,76%
Desintegración familiar/aislamiento/individualismo	118	2,82%
Dependencia/dependencia de la tecnología/de las máquinas	100	2,39%
Delitos informáticos/robos por Internet/fraudes por Internet/inseguridad red	96	2,30%
Celular/celulares/riesgos salud celulares	94	2,25%
Radiación/radioactividad/irradiación/rayos	79	1,89%
Minería/explotación minera/minas/explotación petrolera	70	1,68%
Químicos/agroquímicos/pesticidas/glifosato/residuos químicos	63	1,51%
Pornografía/pornografía infantil/pornografía en Internet	62	1,48%
Información/mala información/mucha información/manipulación información	56	1,34%
Calentamiento global/capa ozono/cambio climático	56	1,34%
Internet para niños/problemas Internet niños/jóvenes/Internet malo niños	56	1,34%

Facilismo/pereza/pereza mental/mediocridad	70	1,68%
Pérdida de privacidad/no hay privacidad/acceso a la privacidad	32	0,77%
Drogas/drogadicción	27	0,65%
Accidentes/accidentes de motos/accidentes de carros	24	0,57%
Ondas electromagnéticas/ondas celulares	22	0,53%
Sedentarismo/inactividad	21	0,50%
Computadores/computador	18	0,43%
Maquinaria/máquinas/máquinas nuevas	17	0,41%
Comunicación/comunicaciones/medios de comunicación	17	0,41%
Corrupción	17	0,41%
Transmilenio/transporte/medios de transporte/vehículos/motos	27	0,65%
Antenas/antenas celulares/antenas parabólicas	15	0,36%
Tecnología/tecnologías	15	0,36%
Falta de capacitación/falta de conocimiento/falta preparación	14	0,34%
Terremotos/sismos/maremotos/volcanes	13	0,31%
Destrucción	12	0,29%
Televisión	12	0,29%
Experimentos químicos/experimentos con animales/experimentos biológicos	17	0,41%
Falta de control/no hay control	12	0,29%
Pobreza/carestía/distribución de recursos	11	0,26%
Clonación/clones/mutaciones genéticas	10	0,24%
Poder/ansias de poder/abuso de poder	9	0,22%
Deshumanización/reemplazo hombre máquina	9	0,22%
Consumismo/excesivo consumo	8	0,19%
Gas natural/manejo de gas	8	0,19%
Costos/costos tecnología/sobrecostos	8	0,19%
Baterías/pilas	7	0,17%
Manipulación de los alimentos/alimentos artificiales	6	0,14%
Pérdida de identidad/pérdida de cultura	6	0,14%
No se leen libros/pereza lectura/poco uso libros	8	0,19%
Otro	159	3,81%
Total palabras	**4.177**	**100,00%**

Fuente: OCyT, 2012

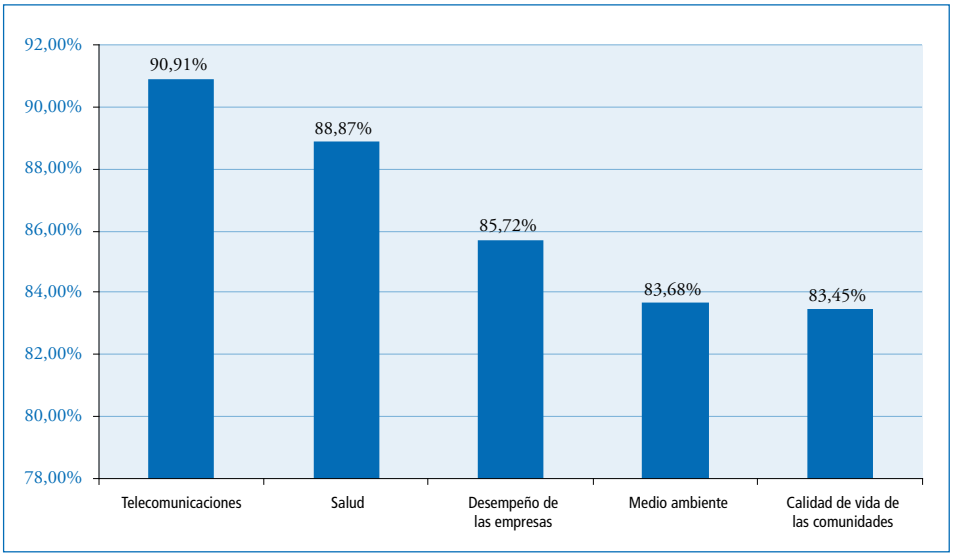
* Por tratarse de una pregunta abierta se hicieron dos tipos de agrupaciones: una por recurrencia de palabras, tal y como fueron mencionadas por los encuestados, sin tener en cuenta distintas conjugaciones, acepciones, número gramatical, sinonimia, etc., por ejemplo, estudio/estudios; otra por grupos temáticos similares en la que, además, se normalizaron

Lo primero que podemos señalar es que no ha habido cambios significados ni frente a lo que se celebra ni frente a lo que se teme, lo que sí se observa es la presencia en la percepción, tanto en lo benéfico como en lo riesgoso, de tres grandes temas: tecnologías de la información y la comunicación (TIC), salud y ambiente, cada uno de estos con una diversificación de aspectos. Internet, que no aparecía en 1994, en el 2012 es señalada como uno de los principales logros y, a la vez, como uno de los mayores peligros por su mal uso; igual ocurre con la telefonía celular. La contaminación, las enfermedades como el cáncer y los problemas sociales generados por el uso de las TIC son preocupaciones crecientes. Es de destacar que problemas sociales como la inseguridad y el desempleo fueron asociados a la ciencia y la tecnología, lo que muestra que en el terreno de la afectación personal los encuestados les reconocen una relación más compleja. En lo que respecta a los riesgos en relación con el medio ambiente, los encuestados mencionaron catástrofes naturales —por ejemplo, los terremotos—, las cuales en realidad no siempre son una consecuencia directa

de aplicaciones de la ciencia y la tecnología. La alta mención de estos temas puede estar relacionada con el efecto de campañas de prevención y de su alta presencia en la agenda mediática.

Finalmente, en lo tocante a la innovación y su utilidad, llama la atención la fuerte asociación de esta con las telecomunicaciones (90,91%) —lo que podría significar una idea de innovación asociada a novedad y, en ese sentido, a nuevos dispositivos y servicios—, frente al bajo porcentaje de asociación con la calidad de vida de las comunidades (83,45%).

Gráfica 8.7. Usted cree que la innovación en Colombia podría resolver problemas de:, 2012

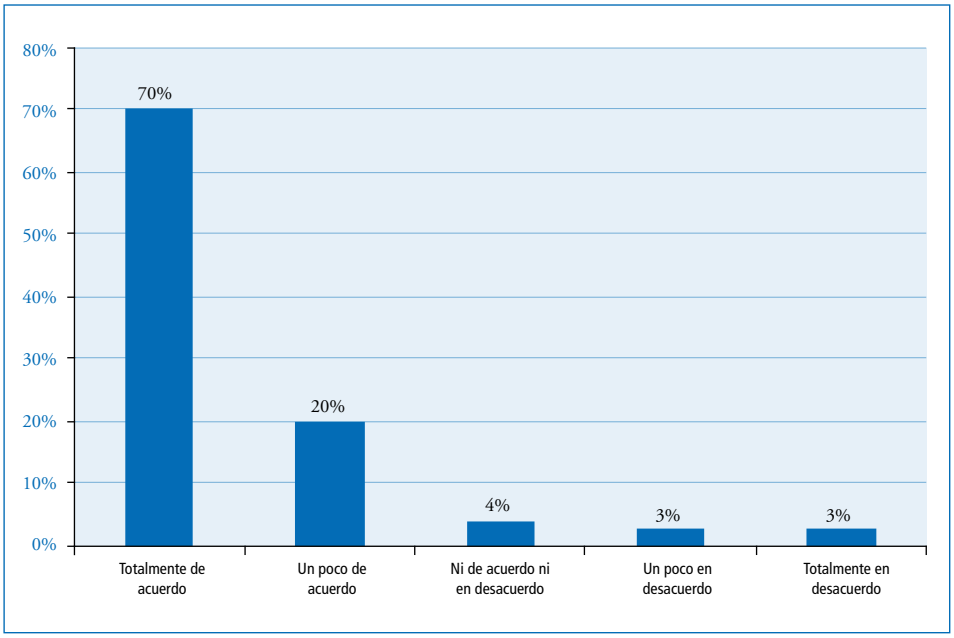


Fuente: OCyT, 2012

8.3.4. Apropiación social de la ciencia y la tecnología

El tema de la apropiación, o de cómo los individuos usan, consumen y hacen suyos los conocimientos científico-tecnológicos ha sido poco explorado en las encuestas de percepción, dado que está más asociado a las prácticas y poco se sabe respecto a cómo preguntar sobre estos asuntos. Si bien el "término" apropiación se empezó a usar recientemente en las encuestas —en 2007 en el caso de Colombia (Daza-Caicedo, 2009)—, en las anteriores hubo preguntas que apuntaban a indagar por estos aspectos. Un primer conjunto de preguntas se encuentra a medio camino entre las actitudes y las apropiaciones, en cuanto indagan por la percepción de utilidad de la ciencia y la tecnología en ámbitos de la vida diaria de los individuos, tal y como se hizo en 1994. En la encuesta de 2004 podríamos retomar la pregunta que ya citamos, sobre si las personas consideran que averiguar, indagar, etc., permite decidir cosas importantes en la vida (gráfica 8.1) y en la del 2012 se preguntó sobre un conjunto de ámbitos seleccionados.

Gráfica 8.8. La ciencia y la tecnología tienen mucha relación con mi diario vivir, 1994



Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.31. ¿Hasta qué punto diría usted que el conocimiento científico y tecnológico es útil en los siguientes ámbitos?, 2012

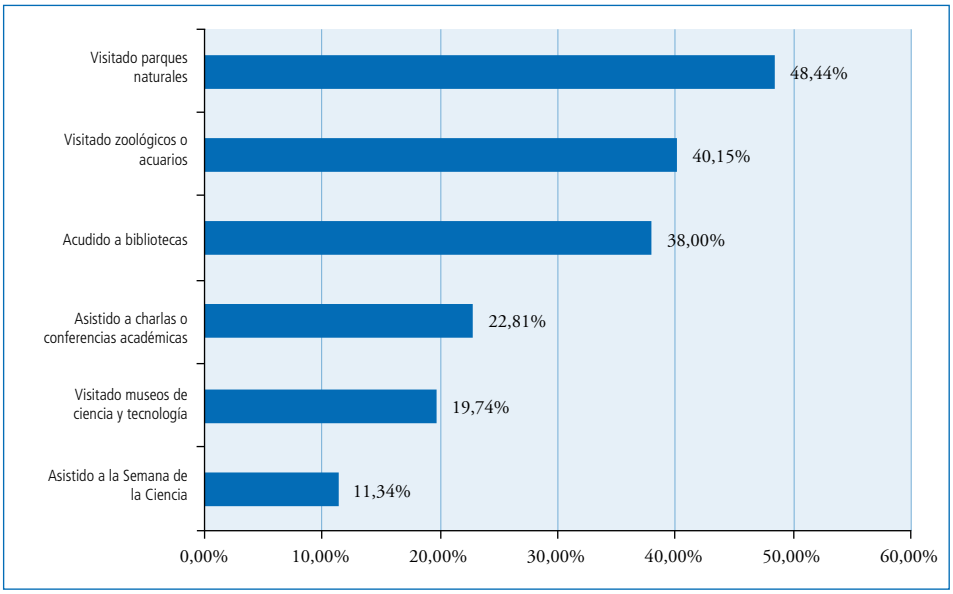
Ámbito	Muy útil	Útil	Poco útil	Nada útil	No sabe	No aplica
Cuidado de la salud y prevención de enfermedades	40,34%	45,33%	10,11%	2,17%	2,06%	0,00%
En su comprensión del mundo	29,48%	47,14%	15,99%	4,39%	3,00%	0,00%
En la preservación del entorno y el ambiente	29,08%	45,67%	18,05%	4,40%	2,80%	0,00%
En sus decisiones como consumidor	20,99%	49,71%	20,42%	5,62%	3,27%	0,00%
En su trabajo	20,63%	34,80%	10,95%	4,45%	27,37%	1,79%
En la formación de sus opiniones políticas y sociales	14,85%	36,44%	27,70%	16,08%	4,93%	0,00%

Fuente: OCyT, 2012

Si analizamos las respuestas a estas tres preguntas se puede decir que no ha habido cambios significativos en la percepción de la utilidad, en abstracto, de la ciencia y la tecnología durante los últimos veinte años. Hay algunos escenarios donde dicha utilidad es percibida de manera más sentida, como en el caso de la salud. Llama la atención que en la encuesta del 2012 ningún aspecto obtuvo más del 40% en la opción muy útil, igualmente, que espacios como el trabajo y el consumo que suelen estar muy atravesados por discursos científicos y tecnológicos la utilidad percibida fue menor. Ahora bien, lo que es realmente de interés es lograr determinar si en efecto las prácticas de salud, consumo, ambientales, entre otras, de los colombianos y su toma de decisiones están influenciadas por los conocimientos científico-tecnológicos.

Un segundo grupo de preguntas que averiguan por la apropiación son las que interrogan por la asistencia a espacios diseñados para la comunicación de la ciencia y la tecnología. Es importante señalar que en Colombia hay una oferta limitada de dichos espacios y en algunas de las ciudades encuestadas la oferta es prácticamente inexistente. En el 2012 se preguntó a los encuestados si habían realizado actividades ligadas a estos espacios, como son:

Gráfica 8.9. En los últimos dos años usted ha…, 2012



Fuente:OCyT, 2012

Como se observa, en los últimos dos años de cada 10 encuestados solo 5 ha visitado un parque natural, 4 ha ido a bibliotecas y 2 a un museo de ciencias. Estos resultados muestran la necesidad no solo de una mayor oferta de este tipo de espacios, particularmente en otras ciudades distintas a Bogotá, Cali y Medellín, sino de diseñar alternativas que despierten el interés de los distintos públicos, sean accesibles y los motiven a asistir.

El tercer grupo de preguntas ligadas a la apropiación buscó indagar sobre los comportamientos de los individuos. Estas no se incluyeron en la encuesta de 1994 pero sí en las del 2004 y 2012 con similitudes en su formulación.

Tabla 8.32. ¿Con qué frecuencia usted?, 2004

Opciones de respuesta	%
Consulta el diccionario cuando no comprende una palabra o un término	73
Lee las instrucciones y manuales de equipos para informarse sobre su funcionamiento y operación	82
Al comprar frutas y verduras se interesa en sus cualidades	74
Lee las etiquetas de los envases de alimentos y las sustancias que los mismos contienen	71
Solicita explicación adicional sobre un producto antes de tomar la decisión de comprarlo	68
Se informa sobre la composición de los remedios	68

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.33. ¿Usted realiza las siguientes actividades?, 2012

Actividades	Sí	No	No aplica
Lee las contraindicaciones antes de consumir un medicamento	87,44%	11,59%	0,97%
Se fija en las instrucciones de uso cuando compra electrodomésticos o aparatos electrónicos	83,41%	13,53%	3,06%
Cuando le piden datos personales en un supermercado, pregunta para qué los van a usar	76,95%	17,93%	5,13%
Lee los consumos del mes en los recibos de servicios públicos	76,63%	21,88%	1,49%
Consulta el diccionario o Internet cuando no sabe el significado de una palabra	69,92%	28,62%	1,46%
Averigua sobre los posibles riesgos antes de hacer una dieta	43,83%	21,54%	34,63%

Fuente: OCyT, 2012

Tabla 8.34. ¿Cuándo usted compra alimentos procesados qué tan a menudo?, 2012

Acciones	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Se fija en la fecha de vencimiento	76,50%	12,95%	6,09%	4,45%
Lee la información nutricional	37,30%	26,58%	19,88%	16,24%
Se fija que no contenga sustancias nocivas para la salud	35,04%	23,65%	22,76%	18,55%
Se fija en cómo y dónde fueron producidos	26,46%	21,45%	26,83%	25,25%
Se fija si son productos de comercio justo	24,55%	19,14%	23,94%	32,37%
Se fija que no tenga sustancias nocivas para el medio ambiente	24,00%	20,32%	28,95%	26,73%

Fuente: OCyT, 2012

En términos generales podemos decir que lo que reportan los encuestados frente a sus prácticas no ha cambiado mucho en los últimos diez años. Llama la atención la disminución de 3% en la consulta cuando no se conoce el significado de una palabra, más aún teniendo en cuenta que en el 2012 se incluyó Internet. Frente a la lectura de etiquetas de los envases la encuesta de 2012 da más luces, pues si bien tanto en 2004 como en 2012 los encuestados afirman leerlas, cuando se les pregunta por el tipo de información que consultan vemos que se quedan en la de carácter básico (fecha de vencimiento). Datos que podrían señalar ciudadanías científicas más activas frente a posibles daños al medio ambiente, al mejoramiento de los productores menos favorecidos en el comercio internacional o al lugar de producción de lo que consumen no parecen interesar todavía.

8.3.5. Políticas y participación ciudadana

Uno de los aspectos más tradicionales que se indaga en este tipo de encuestas es el relacionado con la percepción de los ciudadanos sobre la ciencia y la tecnología que se desarrolla en el país. Las tres encuestas analizadas abordaron este tema de distintas formas. En 1994 mediante la comparación de Colombia con otros países de la región, en 2004 preguntando sobre el nivel de desarrollo de la ciencia y en 2012 sobre si consideraban que en el país se hace ciencia y tecnología.

Tabla 8.35. ¿Puede Colombia alcanzar el nivel científico de otros países latinoamericanos?, 1994

Opciones respuesta	%
Sí	89
No	9
No informa	2

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.36. ¿Usted cree que la ciencia y la tecnología en Colombia están…?, 2004

Opciones	%
Muy desarrolladas	3
Bastante desarrolladas	6
Algo de ciencia y tecnología en algunas áreas	65
Tan poco que queda desapercibida	22
No existen	4

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.37. Usted considera que en Colombia se hace ciencia, se hace tecnología, 2012

¿Se hace ciencia en Colombia?	
Opciones de respuesta	%
Sí	75,07
No	14,76
No sabe	10,17

¿Se hace tecnología en Colombia?	
Opciones de respuesta	%
Sí	71,94
No	16,74
No sabe	11,32

Fuente: OCyT, 2012

Las preguntas no se asemejan porque parten de temporalidades y escalas distintas: mientras que la de 1994 se ubica en el futuro, las de 2004 y 2012 lo hacen en el presente. En todo caso, en 1994 se percibe un optimismo que no concuerda con la percepción de los encuestados en 2004, quienes tienen la visión de que la ciencia y la tecnología del país son limitadas y poco desarrolladas. Un cambio bien importante se presenta en el 2012, cuando más del 70% de los colombianos consideró que se hace ciencia y tecnología en Colombia.

En las tres encuestas se examinaron también aspectos relativos a las razones por las cuales se debe invertir en ciencia y tecnología, quién toma las decisiones al respecto y los aspectos que se deberían priorizar. Estas preguntas no son comparables en su totalidad pero nos dan una idea de las percepciones de los encuestados en los diferentes momentos.

Tabla 8.38. ¿Si usted fuera el gobierno y tuviera en sus manos un presupuesto razonable para CyT, a qué le daría prioridad en el gasto?, 1994

Opciones	%
Formar científicos y tecnólogos en el país	50
Desarrollar tecnología propia	23
Desarrollar programas de investigación básica	16
Traer científicos y tecnlógos del exterior	4
Comprar tecnología en el exterior	2
Todos los temas	4
No informa	1

Fuente: Álvarez, 2003

Tabla 8.39. ¿Qué tan de acuerdo está con las siguientes afirmaciones?, 2004

Opciones	%
Las universidades estimulan el desarrollo de las actividades investigativas en sus profesionales	71
El gobierno debe intervenir en el trabajo de los científicos, aún cuando sea el mismo gobierno el que les pague	65
Los científicos y los tecnólogos son quienes mejor saben qué es lo que mejor les conviene investigar para el desarrollo del país	69
Todo colombiano que quiera ser científico debe irse a trabajar en el extranjero	38
La investigación científica debe ser controlada por las empresas	39
Los científicos colombianos hacen investigación porque encuentran suficiente apoyo	28

Fuente: Aguirre, 2005

En la primera encuesta (1994), la mitad de la población consideró que era prioritario para el país invertir en la formación de científicos y tecnólogos, frente a un 4% que optó porque se deberían traer del exterior; el desarrollo de tecnología propia (23%) recibió más importancia que el de programas de investigación básica (16%), lo cual concordó con el apoyo reducido a la compra de tecnología en el exterior (2%). Todo lo anterior denota una percepción clara sobre un débil desarrollo local y un interés por generar capacidades a nivel nacional. En el 2004 destaca la opinión de los encuestados sobre un mayor apoyo del Gobierno y de las empresas a la investigación; en ningún caso se pone en cuestión la calidad de los científicos locales, de hecho, solo un porcentaje cercano al 30% considera que los buenos científicos están en el exterior.

Tabla 8.40. ¿Quién financia normalmente la investigación científica y tecnológica en nuestro país?, 2004

Opciones	%
Colciencias	25
Fundaciones privadas	26
El gobierno	35
Organismos internacionales	25
Países extranjeros	19
Las empresas	8
Los científicos con su propio dinero	25
Otra	1
Ns/Nr	4

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.41. ¿Por qué en nuestro país no hay mayor desarrollo tecnológico?, 2004

Opciones	%
Colciencias	25
Fundaciones privadas	26
El gobierno	35
Organismos internacionales	25
Países extranjeros	19
Las empresas	8
Los científicos con su propio dinero	25
Otra	1
Ns/Nr	4

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.42. Por qué considera que en Colombia no se hace ciencia/tecnología, 2012

No se hace ciencia porque…	
Opciones	%
Falta de apoyo estatal	56,12
Los empresarios no apoyan la ciencia	7,28
Las universidades no apoyan la investigación	5,79
Hay poca formación profesional enfocada hacia la ciencia	15,59
Los científicos no encuentran trabajo en el país	15,22

No se hace tecnología porque…	
Opciones	%
Falta de apoyo estatal	57,27
Los empresarios no apoyan el desarrollo tecnológico	6,50
Las universidades no apoyan el desarrollo tecnológico	4,21
Hay poca formación profesional enfocada hacia la tecnología	19,24
Los técnicos e ingenieros no encuentran trabajo en el país	12,78

Fuente: OCyT, 2012

Ante la pregunta sobre quién financia la investigación en nuestro país, en el 2004 el 35% de los encuestados afirmó que es el gobierno y un 25% mencionó a Colciencias. Esto se corresponde con la respuesta a por qué no hay mayor desarrollo tecnológico en Colombia: por falta de apoyo estatal (85%). Así que, si bien es cierto los colombianos concuerdan en que la ciencia es promovida por el Estado, reconocen que los aportes son "apenas suficientes" (51%).

En el 2012 se hizo una pregunta similar pero se separó ciencia de tecnología. Las respuestas muestran que los ciudadanos consideran que no se hace ni ciencia ni tecnología en el país, y repitiendo la tendencia del 2004 afirmaron que es por falta de apoyo del Estado.

Tabla 8.43. De la siguiente lista ordene de 1 a 10 los siguientes sectores de acuerdo con la importancia que usted les daría en la asignación del presupuesto público. Siendo 1 el más importante y 10 el menos importante, 2012

Opción	Obras	Transporte	Ciencia	Ambiente	Defensa	Salud	Justicia	Cultura	Deporte	Educación
Primera	5,36%	2,52%	4,91%	5,50%	1,31%	45,48%	2,94%	1,78%	1,40%	28,20%
Segunda	6,27%	4,92%	6,59%	9,44%	2,23%	27,05%	5,71%	4,65%	4,64%	28,30%
Tercera	7,07%	6,85%	11,55%	17,85%	3,16%	12,37%	8,96%	9,24%	9,85%	13,07%
Cuarta	9,23%	8,93%	13,56%	15,16%	4,29%	5,50%	7,90%	14,54%	11,36%	9,46%
Quinta	10,32%	12,06%	12,22%	12,20%	5,44%	3,48%	9,26%	13,46%	13,33%	8,19%
Sexta	10,83%	11,95%	12,26%	10,34%	8,42%	2,07%	11,06%	15,24%	12,54%	5,24%
Séptima	14,67%	12,98%	12,15%	8,89%	11,06%	1,54%	11,16%	12,24%	12,43%	2,83%
Octava	13,68%	14,33%	10,59%	8,42%	14,27%	1,33%	11,46%	10,76%	12,37%	2,08%
Novena	11,60%	13,70%	9,39%	7,20%	18,38%	0,56%	15,90%	10,77%	10,75%	1,65%
Décima	10,73%	11,47%	6,71%	4,91%	31,18%	0,57%	15,21%	7,23%	10,95%	0,92%

Fuente: OCyT, 2012

En el 2012 se incluyó una pregunta que no se había formulado en las anteriores encuestas, y que permitió identificar qué tan prioritaria consideran los colombianos la inversión en ciencia. En general, la tendencia la ubicó en el cuarto lugar entre las diez opciones de propuestas, detrás de la salud, la educación y el ambiente.

En lo que respecta al conocimiento de la institucionalidad del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, en 2004 se seleccionó un listado de entidades y se preguntó a los ciudadanos cuáles había oído mencionar, cuáles estaban dedicadas a la ciencia y la tecnología, cuáles promovían la investigación, entre otras. En el 2012 se optó por solicitar a quienes consideraban que sí se hace ciencia y que sí se hace tecnología, que mencionaran una entidad.

Tabla 8.44. De las siguientes entidades e instituciones ¿cuáles conoce o ha oído mencionar?, 2004

Institución	%
Universidad Nacional	94
Universidad Javeriana	87
Universidad de los Andes	85
Ministerio de Educación Nacional	84
Universidad de Antioquia	79
Universidad del Valle	79
Maloka	75
Colciencias	73
IDEAM	66
IICA	57

Institución	%
Universidad Industrial de Santander	50
Corpoica	42
Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia	32
ACUC	29
Cenicafé	27
Centro Internacional de Agricultura Tropical	26
Instituto Humboldt	25
Corporación de Investigación Biólogica	21
Cenicaña	19
Cenipalma	18

Fuente: Aguirre, 2005

Tabla 8.45. Mencione el nombre de una entidad que hace ciencia, 2012

Palabras por recurrencias con más del 1%	Total de palabras	%
COLCIENCIAS	366	22,7
UNIVERSIDAD NACIONAL	235	14,6
UNIVERSIDADES-UNIVERSIDAD	206	12,8
MANUEL ELKIN PATARROYO-PATARROYO-FUNDACIÓN PATARROYO-INSTITUTO PATARROYO	98	6
SENA	58	3,6
EMPRESAS FARMACÉUTICAS	50	3,1
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	46	2,86
UNIVERSIDAD DEL VALLE	41	2,5
HOSPITALES	34	2,11
GOBIERNO-MINISTERIOS-INSTITUTOS	29	1,8
OTROS	445	27,93
TOTAL	**1.608**	**100**

Fuente: OCyT, 2012

Tabla 8.46. Mencione el nombre de una entidad que hace tecnología, 2012

Palabras por recurrencias con más del 1%	Total de palabras	%
SENA	216	15,4
UNIVERSIDADES	193	13,7
EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES	164	11,7
UNIVERSIDAD NACIONAL	104	7,4
EMPRESAS DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	102	7,2
EMPRESAS AUTOMOTRICES	69	5
COLCIENCIAS	46	3,2
EMPRESAS DE ELECTRODOMÉSTICOS	40	3
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	30	2,1
UNIVERSIDAD DEL VALLE	19	1,3
OTRAS	416	30
TOTAL	**1.399**	**100**

Fuente: OCyT, 2012

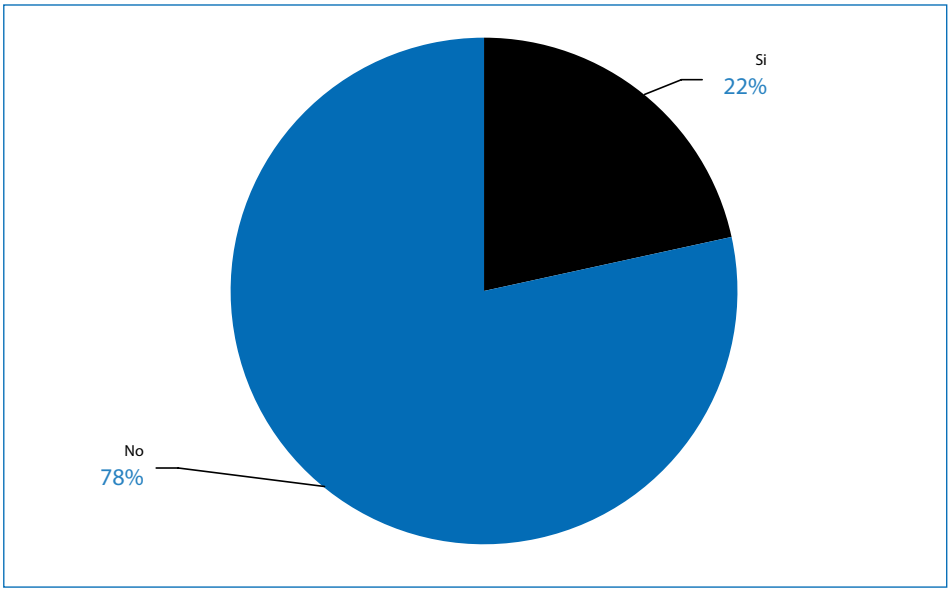
En las encuestas del 2004 y 2012 la tendencia frente la mención de las universidades como entidades que hacen ciencia y tecnología en el país se mantuvo, particularmente la Universidad Nacional de Colombia. Sin embargo, en tanto en el 2004 se nombraron universidades específicas, en el 2012, si bien es cierto se mencionaron algunas de manera particular, la tendencia fue señalarlas en general; esto puede denotar un mayor reconocimiento de la universidad colombiana como productora de conocimiento científico, sin distingos de prestancia, de territorialidad o de cualquier otro tipo de ponderación.

Dos menciones llaman la atención de manera particular en el 2012. De un lado, la del científico colombiano Manuel Elkin Patarroyo, la cual, pese a que muchos encuestados no supieron nombrar de manera precisa la Fundación Instituto de Inmunología de Colombia que él mismo dirige, se tuvieron en cuenta las denominaciones relacionadas, dada la gran frecuencia con que es citado. Y de otro lado, la de las empresas farmacéuticas, que ocuparon un sexto lugar en el listado.

Es conveniente resaltar que mientras en el 2004 Colciencias ocupó el octavo lugar de recordación, en el 2012 pasó al primer lugar pese a que cuando se preguntó específicamente por el conocimiento sobre esta entidad solo el 21,58% de los encuestados respondió afirmativamente. Lo que lleva a pensar que tal vez muchos la mencionaron porque en la papelería de la encuesta estaban impresos los logos y el nombre de Colciencias.

Hay un aspecto importante de mencionar en este punto. Cuando en la encuesta del 2012 se pidió que nombraran una entidad que hacía ciencia o que hacía tecnología, el 36% de los encuestados en ambos casos no fueron capaces de mencionar el nombre de una entidad. Así mismo, hubo una proliferación de palabras que se asociaban poco o nada con la pregunta y que terminaron incrementando el porcentaje de la opción "Otros". Lo anterior puede denotar en últimas, y esta tendencia se repite en otras preguntas, que la institucionalidad de la ciencia y la tecnología no es del todo clara, y que salvo las universidades (en el caso de la ciencia) y el SENA (en el caso de la tecnología) no hay más entidades que se perciban como productoras de conocimiento científico y tecnológico en el país.

Gráfica 8.10. ¿Sabe usted qué es Colciencias?, 2012



Fuente: OCyT, 2012

Con respecto a Colciencias, mientras en el 2004 un 73% de los encuestados afirmó conocerla o haberla oído mencionar, en el 2012 el 78,42% respondió no saber qué es. A quienes dijeron saber qué era Colciencias se les preguntó por las funciones de la entidad; pese a que las respuestas no son del todo comparables, podría decirse que si bien es cierto los colombianos pueden haberla oído mencionar, no necesariamente conocen el quehacer de esta. Un ejemplo de ello lo encontramos a través

de la pregunta realizada en el 2012 frente a las funciones que realiza: la mayoría de los que dicen saber qué es Colciencias menciona que la entidad hace investigación en ciencia y tecnología (90%), administra museos y ferias de ciencia y tecnología (57,82%), oferta carreras de ciencia y tecnología (56,17%).

Tabla 8.47. ¿Cuáles de las siguientes funciones realiza Colciencias?, 2012

Funciones	Sí	No	No sabe
Otorga becas para formación de doctorados y maestrías	59,05%	16,79%	24,16%
Oferta carreras de ciencia y tecnología	56,17%	23,19%	20,64%
Financia la ciencia y la tecnología que se hace en el país	74,08%	10,65%	15,27%
Hace investigaciones sobre ciencia y tecnología	90,74%	4,47%	4,79%
Fomenta vocaciones científicas en niños y niñas	67,09%	16,14%	16,77%
Formula políticas de ciencia y tecnología	73,36%	12,63%	14,01%
Financia proyectos a empresas para innovación tecnológica	66,55%	17,52%	15,93%
Evalúa proyectos de ciencia y tecnología	88,57%	4,69%	6,73%
Administra museos y ferias de ciencia y tecnología	57,82%	21,02%	21,16%

Fuente: OCyT, 2012

Finalmente, en lo que concierne a la participación ciudadana en ciencia solo hasta la encuesta del 2012 se incluyó alguna pregunta relacionada con este tema. A continuación señalamos dos de tales preguntas.

Tabla 8.48. En los dos últimos años usted ha: 2012

Acciones	Sí	No	No sabe	No aplica
Enviado cartas, correos electrónicos o llamado a medios para que su opinión sea tenida en cuenta	11,81%	87,97%	0,22%	0,00%
Hecho parte de protestas públicas o manifestaciones	10,62%	89,13%	0,26%	0,00%
Reclamado de forma escrita sobre algún producto o servicio	17,49%	82,17%	0,33%	0,00%
Asistido a reuniones con concejos distritales o municipales	10,20%	89,40%	0,40%	0,00%
Apoyado con su firma la realización de referendos	25,95%	68,94%	2,55%	2,55%

Fuente: OCyT, 2012

Tabla 8.49. En caso de ser invitado a una reunión para tomar decisiones sobre impactos de la ciencia y la tecnología ¿usted asistiría?, 2012

Opciones	(%)
Si	81,33
No	18,67

Fuente: OCyT, 2012

Si bien los colombianos manifiestan su voluntad de asistir a una reunión para tomar decisiones sobre impactos de la ciencia y la tecnología (81,33%), lo cierto es que, en general, llegado el momento no participan en los espacios en los que estas acciones son posibles. Por ejemplo, el 89,40% de los ciudadanos afirman no haber asistido a reuniones de concejos distritales o municipales en los dos últimos años.

Cada vez interesa más conocer la disposición de las personas a participar en decisiones sobre la ciencia y la tecnología y se les pide que prioricen la financiación de actividades de este tipo en relación con otros sectores importantes para el país. Contrario a las primeras encuestas que mostraban un ciudadano pasivo, en la última encuesta se destaca el conocimiento sobre lo que otros hacen, promueven o financian, así como la tendencia a explorar posibilidades de acción en materia de CyT.

Con el paso de tiempo cobra mayor reconocimiento la pertinencia de la CyT como sector prioritario para la nación, su alta utilidad para el desarrollo del país, el valor de la ciencia local y el esfuerzo que realizan los entes regionales y departamentales que producen conocimiento. Si como quedó claro, mayor información sobre la forma como opera la ciencia y la tecnología en el país no implica necesariamente más participación, ciertamente tampoco puede esperarse que el ciudadano intervenga en el establecimiento de las agendas y en la toma de decisiones, si a duras penas reconoce los entes que orientan y regulan el tema en el país. En consecuencia se debe trabajar en dos frentes: de un lado, generando mecanismos que permitan que los colombianos conozcan más y mejor las instancias de la CyT en Colombia y, de otro, generando más espacios que posibiliten la participación ciudadana en las decisiones sobre ciencia y tecnología.

8.4. Conclusiones

Basta mirar los formularios y métodos de aplicación de las tres encuestas para darnos cuenta de que, en efecto, la ciencia y la tecnología han venido ganando presencia e importancia no solo dentro de la política estatal sino de la sociedad colombiana; por ejemplo, en cada nueva aplicación se ha incluido un número importante de temas nuevos y se han hecho inversiones cada vez más altas para mejorar la metodología. Igual ha ocurrido con el interés por conocer lo que los colombianos piensan, valoran y aplican a propósito de los desarrollos científicos y tecnológicos, aspecto en el que se ha pasado de una visión bastante abstracta a contar con una política y una estrategia para la apropiación social de la ciencia, donde se solicita, entre otras, la realización de encuestas. Los objetivos de las encuestas también han variado con los años de acuerdo con el contexto nacional. La de 1994 se enmarcó en un momento en que el país estaba reencausando la política de ciencia y tecnología acorde con las grandes esperanzas puestas en el desarrollo de estas áreas que afloraron por estos años, de allí que fuese tan importante conocer la imagen que se tenía al respecto, saber si los colombianos entendían lo que se estaba gestando y si querían saber más y tener más ciencia y tecnología. A mediados de la década del 2000 estaba en discusión la política para la apropiación de la ciencia y la tecnología; se sentía la necesidad de fortalecer las relaciones entre la comunidad científica (más fortalecida que la de los años 90) y el resto de la sociedad, y de que esta última usase lo que la primera producía: había, por lo demás, un cierto espíritu de balance en ella; esta situación definió los objetivos de la encuesta del 2004. La tercera encuesta (2012) se dio en el marco

de amplias controversias a propósito de los impactos de la ciencia y la tecnología, y la importancia de revalorizar la producción local de esta de cara a las necesidades del país, de ahí que se buscó sopesar la relación ciencia/sociedad, así como evaluar las posibilidades y disposición de los y las colombianas a participar en la producción de conocimiento y en las decisiones sobre este. Aunque las preguntas no siempre terminan por ser absolutamente fieles a lo que se busca, ya que estas son finalmente el resultado de largos ejercicios de negociación entre los diferentes actores, sí se puede observar el cambio en el espíritu de las encuestas a lo largo de los años; ya no se pregunta, por ejemplo, sobre conocimientos en ciencias pues sabemos que estos son relativos, en cambio, se indaga sobre la apropiación y la participación.

En lo referente a las respuestas, veinte años pueden ser poco tiempo para ver cambios drásticos en las representaciones e imaginarios de los colombianos sobre cualquier tema, pero sí se observan algunas señales sobre las cuales vale la pena llamar la atención: la influencia creciente en las representaciones sobre ciencia y tecnología que ejercen los medios masivos de comunicación, al igual que el aumento del interés por la información de ciencia y tecnología, debido en gran medida a la penetración de la televisión por cable y satelital con una mayor oferta de contenidos en CyT, así como el incremento del consumo de internet, servicio a través del cual un grupo aún pequeño de colombianos se informa sobre ciencia y tecnología. No obstante lo anterior, la oferta de esta clase de contenidos en los medios nacionales y el consumo específico de estos siguen siendo bajos, especialmente en medios diferentes a la televisión.

En lo que respecta a las actitudes y valoraciones, se puede decir que los colombianos tienen la ciencia y la tecnología en buena estima aunque siguen primando algunas representaciones estereotipadas de lo que significa hacer ciencia y ser un científico; por ejemplo, la ciencia no es vista como una práctica que pueda estar atravesada por intereses. No obstante lo anterior, la percepción del riesgo se ha acrecentado aunque no de forma drástica. Hay tres temas que llaman particularmente la atención de los colombianos y que hace veinte años no eran tan evidentes: naturaleza y medio ambiente, medicina y salud y tecnología, en particular todo lo relacionado con las tecnologías de la información y la comunicación. Estos tres aspectos son valorados de forma precavida dentro de un ejercicio consciente, tanto de sus beneficios como de sus riesgos. Podríamos decir entonces que en lo que respecta a las actitudes y valoraciones el imaginario social de los colombianos es bastante global.

Un aspecto que resulta preocupante es el poco estímulo por parte de la familia y de la escuela hacia valores característicos del pensamiento científico y la innovación, tales como la creatividad y el pensamiento crítico; igualmente, la persistencia de ciertos estereotipos de género predominantes en la representación de las profesiones y que afectan la exploración de futuras posibilidades de vida por parte de los jóvenes.

En lo que tiene que ver con apropiación aún falta mucho por explorar y las preguntas que hemos escogido para este capítulo son pocas como para sacar conclusiones[6]. A grandes rasgos se podría decir que todavía no se tiene muy claro qué tanta utilidad práctica tiene la ciencia y la tecnología en las decisiones diarias de los individuos, pues aunque en principio los colombianos aceptan que son importantes en su diario vivir, cuando se les pregunta sobre qué tanto repercuten en aspectos específicos como su trabajo o sus decisiones de consumo, los porcentajes disminuyen de manera significativa, y tampoco hacen un uso representativo de los espacios dedicados a la comunicación de la ciencia, aunque ello está muy ligado con la baja oferta de estos en el país.

En lo referente a la ciencia nacional aún falta mayor reconocimiento del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, su estructura, actores, instituciones y funciones; llama la atención, sin embargo, que dentro de las instituciones que tienen cierto reconocimiento se encuentran las empresas farmacéuticas, lo que constituye un indicador de la preocupación e influencia de los temas médicos sobre las representaciones de la ciencia y la tecnología. Igualmente es de destacar que, pese a que han transcurrido veinte años, los colombianos siguen considerando que el mayor cuello de botella para el desarrollo de la ciencia y la tecnología es la falta de apoyo estatal.

Vemos entonces que hoy existen relaciones más complejas y con mayores posibilidades entre la ciencia, la tecnología y la sociedad colombiana, sin embargo aún falta mucho trabajo por hacer: en investigación, para saber cómo usan y producen conocimiento los colombianos; en políticas, para apoyar y promover estrategias de diálogo y de participación; en pedagogía, para dar a conocer las instancias, recursos, espacios y canales de participación establecidos para que todos puedan ejercer su derecho a una ciudadanía crítica, tanto en lo que atañe a la ciencia y a la tecnología como a los demás problemas sociales que aquejan a la nación.

6 La encuesta de 2012 incluyó un número mayor de preguntas sobre estos aspectos pero no se tuvieron en cuenta por falta de opciones de comparación con las encuestas previas.

Referencias

Aguirre, J. (Ed.). (2005). *La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología*. Bogotá: Colciencias.

Álvarez, J. M. (2003). *Revisión de la primera encuesta sobre la imagen de la ciencia y la tecnología en la población colombiana*. Ponencia presentada en el Primer taller de indicadores de percepción pública, cultura científica y participación ciudadana. Salamanca-España, 27 y 28 de mayo de 2003. RICyT/CyTED, OEI y USAL.

Bauer, M., Allum, N. & Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science* 16 (79), 79 - 95.

Bucchi, M. (2008). Of deficits, deviations and dialogues: theories of public communication of science. *Handbook of public communication of science*. M. Bucchi and B. Trench. New York: Routledge, 57 - 76.

Daza-Caicedo, S. (Ed.). (2009). *Percepciones de la ciencia y la tecnología en Bogotá.* Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Daza-Caicedo, S (Ed.). (2011). *Entre datos y relatos. Percepciones de jóvenes escolarizados sobre la ciencia y la tecnología.* Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

FECyT, OEI, RICyT (2009). *Cultura Científica en Iberoamérica. Encuesta a grandes núcleos urbanos*. Madrid: FECyT.

García Canclini, N. (1995). *Consumidores y ciudadanos*. México: Grijalbo.

García, M. C. (2010). Percepción pública de la ciencia: ¿qué ciencia?; ¿qué público? Una aproximación al impacto de los enfoques etnográficos en los estudios de la percepción pública de la ciencia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências,* 12(1), 1 - 16.

Godin, B. & Gingras, Y. (2000). What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. *Public Understanding of Science* (9), 43 - 58.

López, A. (2008). Ciencia y relaciones culturales globales. *Congreso ciudadanía y políticas públicas en ciencia y tecnología*, Madrid, 5 al 8 de febrero de 2008.

Lewenstein, B. V. (2003). *Models of public communication of science and technology.* Departments of Communication and of Science & Technology Studies, Cornell University, 11.

Martín Barbero, J. (1999). Recepción de medios y consumo cultural: travesías. *El consumo cultural en América Latina*. G. Sunkel, Bogotá: Convenio Andrés Bello, 47 - 71.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2011). *Propuesta técnica para la realización de la III Encuesta de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología.* Documento de trabajo. Bogotá: OCyT.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2012). *Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología.* Documento de trabajo. Bogotá: OCyT.

Olivé, L. (2007). *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Polino, C. (Comp.). *Los estudiantes y la ciencia: encuesta a jóvenes iberoamericanos.* Buenos Aires: OEI.

Posada, E.; Hoyos, N. E.; Pantoja, A.; Carvajal, C. H.; Marín, M. (1995). *Apropiación social de la ciencia y la tecnología. Informes de Comisionados. Misión Ciencia, Educación y Desarrollo,* 4. Bogotá: Presidencia de la República y Colciencias

Capítulo 9

Una mirada a la medición de la apropiación social de la ciencia y la tecnología a la luz del programa Ondas

Hay dos maneras de difundir la luz...
ser la lámpara que la emite, o el espejo que la refleja.
Lin Yutang

Marcela Lozano Borda*

Resumen

En Colombia, en general, se ha abordado de manera poco sistemática la medición de las actividades de Apropiación Social de Ciencia y Tecnología que se desarrollan. Los resultados de este tipo de procesos se quedan en cuantificaciones que resultan poco significativas y que no permiten ver y comprender la dimensión completa de los trabajos realizados. Es preciso que estas actividades y desarrollos cuenten con sistemas de medición sistemáticos, con el fin de reflexionar de manera más crítica acerca de su pertinencia y eficacia, para así mejorar su calidad e impacto social, y para demostrar sus aprendizajes y logros. En el capítulo se hace la revisión de información que ha sido socializada y publicada en el periodo 2006 - 2010 por el programa Ondas, con miras a que las variables de seguimiento y monitoreo de la gestión que se han utilizado en Ondas y las nuevas que podamos aportar a la luz de esta revisión puedan ser escaladas a otros procesos de Apropiación Social de Ciencia y Tecnología.

Palabras clave: Indicadores de apropiación social de ciencia y tecnología, programa Ondas, percepción de ciencia y tecnología.

Abstract

In Colombia, in general, has not been addressed the measuring of the activities of Social Appropriation of Science and Technology in a systematic way. The results of these processes remain in quantifications that are insignificant and do not let policy makers understand the full dimension of the work performed. It is necessary that these activities and developments have systematic measurement systems, in order to reflect more critically about their relevance and effectiveness in order to improve their quality and social impact, and to demonstrate their learnings and achieve-

* Investigadora en apropiación social de la ciencia y la tecnología, OCyT. mlozanob@ocyt.org.co

ments. The chapter presents a review of information that has been disseminated and published in the period 2006 - 2010 by the Ondas Program, with a view to monitoring variables of management that have been used in the Program, with the aim that this review could scaled to other processes Social Appropriation of Science and Technology.

Keywords: Social appropriation of science and technology indicators, Ondas program, public perceptions of science and technology.

Introducción

Sabemos que el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) requiere de información confiable de cobertura nacional para la toma de decisiones. Esta información debe contar con criterios de fiabilidad: calidad de las fuentes de información, disponibilidad —posibilidad de tener y recopilar los datos— y simplicidad —rapidez y frecuencia para recopilar los datos— (Pardo, 2010). En las últimas décadas se han venido promoviendo, desde la política científica, procesos que se encaminan a contribuir a la apropiación social de la ciencia y la tecnología (en adelante ASCyT), que implican y demandan formas específicas de medición. Desafortunadamente, pese a la tradición de los procesos de ASCyT en el país, aún no disponemos de esta información, en gran medida porque en los programas la información que da cuenta de su gestión presenta problemas de relevancia, coherencia y accesibilidad (Lozano Borda, Daza Caicedo, Flórez, Maldonado & Navarro, C., 2012).

La ASCyT se define como un proceso de comprensión e intervención de las relaciones entre ciencia y sociedad, construido a partir de la participación activa de los diversos grupos sociales que generan conocimiento. Comprenderlo así amplía las dinámicas de producción de conocimiento más allá de las sinergias entre sectores académicos, productivos y estatales, incluyendo a las comunidades y a grupos de interés de la sociedad civil (Colciencias, 2010). Actores diversos se articulan para intercambiar, combinar, negociar o poner en diálogo conocimientos, motivados por sus necesidades e intereses en cuanto a usar, aplicar y enriquecer dichos saberes en sus contextos y realidades concretas (Pérez-Bustos & Tafur, 2010). En Colombia, en general, se ha abordado de manera poco sistemática la medición de la ASCyT. Los resultados de este tipo de procesos se quedan en cuantificaciones que resultan poco significativas y que no permiten ver y comprender la dimensión completa de los trabajos realizados. Es preciso que estas actividades y desarrollos cuenten con sistemas de medición sistemáticos, con el fin de reflexionar de manera más crítica acerca de su pertinencia y eficacia, para así mejorar su calidad e impacto social, y para demostrar sus aprendizajes y logros.

Los datos se convierten en información cuando nos permiten realizar inferencias y análisis de los procesos que aborda, aportándonos una ganancia en el entendimiento del problema y refinando nuestro conocimiento de este en aras de contribuir de manera profunda a la ASCyT. La construcción de indicadores[1] es la forma en que podemos sintetizar la mayor cantidad de datos y tener valoraciones plausibles frente a ciertos escenarios descritos por un sistema ante un estímulo determinado (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2009).

A través de la Estrategia Nacional de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (Colciencias, 2010), la política científica colombiana resalta la importancia de contar con procesos de medición sistemáticos en ASCyT.

1 Entendiéndolos como una "expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo" (DANE, 2009).

Sin embargo, no podemos ignorar que la recolección de los datos requiere contar con recursos para su financiación, y en este aspecto la mayoría de los proyectos y programas de ASCyT apenas logran cubrir su funcionamiento, y en algunos casos hacer un conteo simple del número de personas que se benefician o del número de actividades que realizan.

Con el fin de observar con más detalle esta situación, hemos seleccionado el caso del programa Ondas. De un lado, para reconocer procesos y variables de medición que ha venido utilizando este proceso de ASCyT y, de otro, para proponer nuevas variables que puedan servir como ejemplo y punto de partida para la construcción de indicadores que permitan el seguimiento y monitoreo de otros procesos de ASCyT.

Aunque este programa puede presentar varias de las problemáticas que hemos mencionado en esta introducción, es cierto que ha avanzado en este camino, y es sin duda uno de los procesos más importantes de ASCyT en el país. El programa Ondas, dirigido e implementado por Colciencias desde el año 2001, hoy cuenta con amplia trayectoria y reconocimiento en diferentes regiones de Colombia. Con él se busca contribuir al fomento de la cultura científica en los niños, niñas y jóvenes colombianos a través de la investigación como estrategia pedagógica.

Como antecedentes del programa Ondas hay que considerar un gran número de experiencias de ASCyT orientadas a niños, niñas y jóvenes, impulsadas desde hace varias décadas por entidades estatales, fundaciones, organizaciones no gubernamentales, universidades, museos, centros interactivos y jardines botánicos, principalmente. Sin embargo, muchos de los proyectos se han trabajado de manera desarticulada y algunos han pasado desapercibidos para gran parte de la población colombiana, las comunidades científicas y académicas y los decisores de políticas públicas (Castañeda & Franco, 2004), en gran medida por la poca información organizada y sistemática sobre ellos. Desafortunadamente, por diversas razones, muchas de las iniciativas desarrolladas han dado poco espacio a la reflexión y a la consolidación de sus aprendizajes, lo que les impide dar cuenta de su gestión y de sus impactos. Una de las grandes implicaciones de ello es que al no lograr mostrar sus resultados, mueren en el corto plazo por falta de apoyo institucional (Daza, Arboleda, Rivera, Bucheli & Alzate, 2006) y poca demanda de sus beneficiarios.

El programa Ondas, a diferencia de otras estrategias similares, ha logrado recoger gran parte de la memoria y alcances de su gestión; de hecho cuenta con grandes cantidades de información que año tras año recoge la coordinación nacional del programa, a través de las coordinaciones departamentales, que lamentablemente está subutilizada por ausencia de mecanismos suficentes que permitan filtrarla, y porque aún no se ha definido lo que se quiere medir específicamente. Sin embargo, dispone de bases de datos que han sido parcialmente sistematizadas y cuyos resultados ha socializado a través de sus publicaciones.

Para el presente capítulo hemos revisado la información que ha sido socializada y publicada en el periodo 2006 - 2010, con miras a que las variables de seguimiento

y monitoreo de la gestión que se han utilizado en Ondas y las nuevas que podamos aportar a la luz de esta revisión puedan ser escaladas a otros procesos de ASCyT[2].

Por tanto, dividimos en tres partes este capítulo: la primera consiste en un diagnóstico del programa Ondas para desde ahí tener una mirada más comprensiva de este, en tanto observamos los indicadores que ha utilizado para mostrar los alcances de su gestión; la segunda busca identificar algunas variables que nacen de la encuesta *Percepción de los jóvenes sobre la ciencia, la tecnología, la profesión científica y la enseñanza de las ciencias,* aplicada a estudiantes que no necesariamente han participado del programa Ondas, con el fin de esbozar el aporte que este tipo de estudios hace a la medición de la ASCyT, en particular al programa Ondas; la tercera es una propuesta preliminar de variables que puedan contribuir a la medición de la gestión y visibilización de Ondas ante el SNCTI y, además, servir de ejemplo para la construcción de indicadores en otros procesos de apropiación social de la ciencia y la tecnología.

9.1. Metodología

A partir de la revisión documental de informes, resultados de evaluaciones, manuales y políticas de ASCyT producidos y publicados, tanto por el programa Ondas como por entidades que han hecho importantes reflexiones sobre este, rastreamos la disponibilidad y utilización de la información con la que cuenta el programa.

Tras la consulta documental contrastamos la información de los informes de gestión de Ondas, las evaluaciones hechas al programa y los indicadores calculados en la publicación del OCyT *Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011*. Es de anotar que una ventaja de Ondas es la publicación periódica de su informe de gestión desde el 2003.

La revisión se centró en los siguientes textos:

1. Los informes de gestión elaborados por el programa Ondas (2003 - 2011).

2. La Evaluación de impacto del programa Ondas, realizada por la Universidad Externado de Colombia (2006).

3. La Evaluación de las actividades de comunicación pública de la ciencia y la tecnología en el Sistema Nacional de CTI Colombiano, realizada por el OCyT (2006).

4. El informe del proyecto Sistema de Evaluación Permanente del Programa Ondas, fase 1, realizado por el OCyT (2010).

2 Es importante anotar que en el marco del proyecto Sistema de Evaluación Permanente del Programa Ondas (Lozano, Mendoza, Delgado, & Reyes, 2010) se hizo una propuesta de indicadores robusta, con miras a favorecer un nivel de análisis que contribuya a la evaluación de Ondas. Lo abordado en el presente capítulo tiene un nivel de análisis más cercano a una propuesta de seguimiento y monitoreo.

5. Los manuales de apoyo a la gestión del programa Ondas (2008 - 2009).

6. Los documentos de política pública de ciencia, tecnología e innovación (2005 - 2010).

7. Los indicadores de 2011 publicados por el OCyT.

Este análisis nos permitió, de un lado, reconocer el estado actual del programa (organización, participantes, facilitadores y recursos) a partir de los indicadores y la información sistematizada con la que cuenta; de otro, evidenciar información requerida por el programa para la medición de sus procesos de ASCyT.

9.2. Una mirada al programa ondas a través de sus indicadores

9.2.1. Antecedentes

Las actividades científicas infantiles y juveniles han desarrollado estrategias específicas para alcanzar sus propósitos: i) impulsando la elaboración de proyectos de investigación e indagación científica y tecnológica; ii) fomentando el encuentro de niños y jóvenes con intereses comunes en temas científicos y tecnológicos; y iii) promoviendo el encuentro entre niños y jóvenes y los científicos del país (Lozano, 2005), en algunos casos tomando una fuerte distancia de lo que sucede en el proceso de enseñanza de la ciencia al interior de la institución escolar.

En el libro de Philip Coombs, *La crisis mundial de la educación* (1971), se plantea que la escuela es una institución que no ha logrado preparar a las nuevas generaciones para un aprendizaje para toda la vida, que les permita lidiar con un mundo en permanente cambio. Entre sus planteamientos, Coombs señala que para esto es necesario prestar mayor atención a los escenarios de educación no formal.

Entendemos en este documento por educación no formal, al conjunto de actividades extracurriculares y complementarias a la educación formal básica y media. Este tipo de actividades tienen las siguientes características: 1) son claramente organizadas e intencionadas; 2) operan fuera de la estructura del sistema de educación formal, por ende, generalmente no están cobijadas por las mismas reglas y convenciones; 3) pueden ser diseñadas para atender intereses concretos y necesidades de aprendizaje de una población o grupo específico (Kai Ming & Kam Fong, 1989). Si bien el programa Ondas no se autorreconoce como una estrategia de educación no formal, traemos a colación esta noción con el fin de comprender el punto de partida de experiencias que se han centrado en promover el interés de niños, niñas y jóvenes por la ciencia y tecnología (CyT), y se han constituido en un importante apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en Colombia.

Desde la política científica colombiana se le ha dado a la práctica de estos procesos un papel fundamental en el logro y consolidación de la ASCyT en el país. Según Colciencias (2010) esta se plantea como objetivo "ampliar la comprensión e intervención de las dinámicas de producción y uso del conocimiento, más allá de las sinergias entre sectores académicos, productivos y estatales, incluyendo a las comunidades y grupos de interés de la sociedad civil". Es decir, implica el empoderamiento de la sociedad a partir del conocimiento, lo cual es posible a través de procesos y estrategias de comunicación y de educación más allá del aula escolar, de ahí que se convierta en un importante apoyo a los procesos pedagógicos y en una expansión del sistema educativo a través de actividades científicas infantiles y juveniles.

Las actividades orientadas a estos grupos poblacionales se empezaron a desarrollar en Colombia desde 1965, con el patrocinio de instituciones como el MIT Harvard Club de Colombia, el Banco de la República y la Fundación Ford (Posada, Hoyos, Pantoja, Carvajal & Marín, 1995). Con la creación del Instituto de Ciencias, en 1967, se determinan acciones específicas con los objetivos de generar procesos para mejorar la enseñanza de las ciencias y diseñar actividades de divulgación de estas. Un año después, una de las recomendaciones del Seminario sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo señalaba como una de las posibles funciones de la aún no creada Colciencias: "Asesorar al Ministerio de Educación Nacional en la elaboración y desarrollo de los planes, los programas de estudio, y los sistemas pedagógicos de las ciencias, especialmente de las matemáticas, en los niveles de enseñanza primaria y secundaria" (Colciencias, 1968).

Quince años después, en 1983, uno de los cinco puntos del Plan de Concertación Nacional en Ciencia y Tecnología se orientaba a la popularización de la ciencia, y una de las que serían sus líneas base para planes subsiguientes era la promoción de las actividades científicas y juveniles. En 1987, en el Foro Nacional de Ciencia y Tecnología se declara a 1989 como el Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología. En este marco fue creado el programa Cuclí-Cuclí, que surge como respuesta a las inquietudes de algunas personas dedicadas a la actividad científica, preocupadas por estimular la creatividad, la curiosidad y la actitud de búsqueda en los niños, niñas y jóvenes colombianos (Fundación Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano, 1996). Una de las razones por la que este programa es importante, es porque tras sus ocho años de realización sentó bases para los programas subsiguientes realizados por Colciencias y fue inspiración de otros procesos en el país orientados a estos grupos poblacionales.

El programa Ondas nace en 2001 alimentado por experiencias anteriores como el programa Cuclí-Cuclí (1989 - 1997), el proyecto Nautilus (1995 - 1996), el proyecto Pléyade (1997 - 1998) y el programa Cuclí-Pléyade (1998 - 2001), todos intentando responder a la necesidad de fomentar el interés de niños y jóvenes por la ciencia y la tecnología.

En este marco, Ondas surge como iniciativa de Colciencias, con el apoyo de la Fundación FES, con el objetivo de:

i. Conquistar el interés y la pasión de los niños, las niñas y los jóvenes hacia la ciencia y la tecnología, estimulando la realización de proyectos de investigación sugeridos y desarrollados por ellos y sus maestros.

ii. Constituirse en una instancia mediante la cual sea posible sumar, articular, sistematizar y coordinar los distintos esfuerzos que se hacen en el país para apoyar el trabajo científico infantil y juvenil.

Ondas surgió como un espacio para estimular la investigación realizada en las instituciones escolares, mediante estrategias similares a las que Colciencias utiliza en sus actividades de apoyo a estos procesos, y con mecanismos de gestión descentralizados, que facilitan su apropiación regional (Colciencias, 2009).

En diez años de operación el programa ha logrado llegar a todos los departamentos del país, estableciendo convenios de cooperación con entidades nacionales y regionales, y ha servido como dinamizador del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, debido a que ha logrado articular diferentes actores a través de sus comités departamentales. Lo anterior se ha alcanzado gracias al apoyo que ha recibido desde Colciencias, quien por un lado lo ha posicionado como una política de gobierno y, por otro, ha fortalecido una estrategia para su operación, basada en la construcción de alianzas de orden nacional y regional, lo que ha favorecido su sostenibilidad (Lozano et al., 2010). Entre los años 2008 y 2011, un total de 459 instituciones públicas y privadas han participado en la gestión del programa a nivel nacional (Colciencias, programa Ondas, 2011).

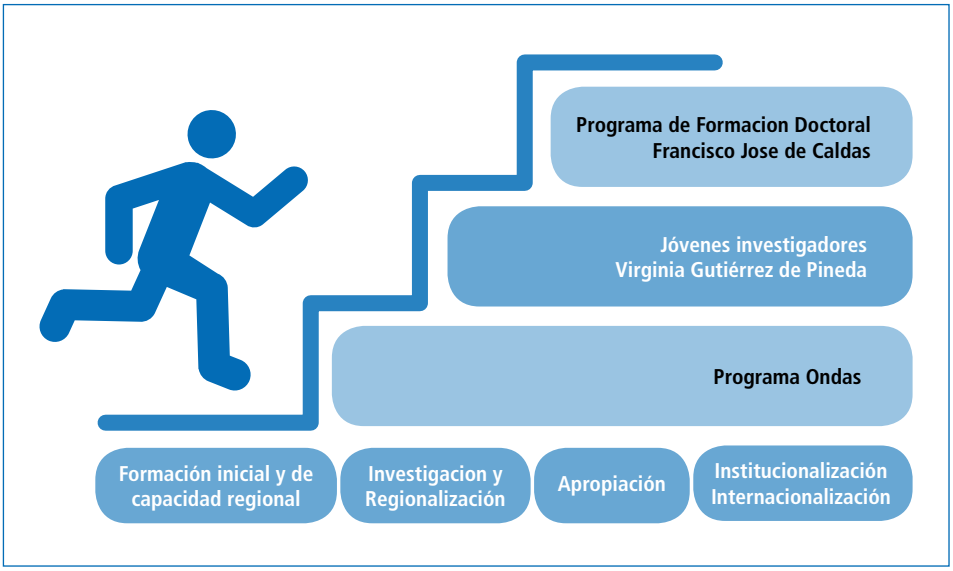
Hoy, Ondas se plantea como una estrategia de Colciencias para fomentar la construcción de una cultura ciudadana y democrática de ciencia, tecnología e innovación desde la primera infancia, en la población infantil y juvenil de Colombia, a través de la investigación como estrategia pedagógica (Colciencias, 2012).

A partir de la promulgación de la Ley 1286 de 2009 Ondas entra a formar parte del Programa Nacional de Fomento a la Formación de Investigadores y se constituye en el primer paso en el camino de la formación del recurso humano del país. Esta nueva circunstancia crea la tensión con la que convive desde entonces, pues si bien su objetivo es promover la cultura científica de los participantes, sin enfatizar en si el desarrollo de sus capacidades y habilidades científicas redundará en la elección de una carrera de ciencias naturales o exactas, desde la política actual se direcciona el programa hacia la formación del futuro recurso humano en ciencia y tecnología.

Surge entonces la pregunta por la intencionalidad y relación con las poblaciones infantiles y juveniles que se involucran y participan en Ondas, ¿se trata de favorecer procesos para que los niños y jóvenes puedan ejercer su ciudadanía, sus competencias y sus habilidades hoy, o para la formación de sus vocaciones científicas para el futuro?

Los dos caminos implican diferencias no solo en las metodologías de trabajo, sino en las preguntas a la hora de la evaluación, la recolección de datos específicos dependiendo del caso, y mecanismos de seguimiento y de interpretación alternativos, por tanto, indicadores distintos.

Gráfica 9.1. Programa de formación de investigadores "Generación Bicentenario"



Fuente: Colciencias, 2012

9.2.2. Estructura organizativa

Desde el 2005 se inició un proceso enfocado a la restructuración metodológica y organizativa del programa Ondas. A partir del 2006 se acuña la expresión: investigación como estrategia pedagógica (IEP), para definir una serie de componentes, procesos y visiones sobre la ciencia, la tecnología y la innovación en los contextos sociales y escolares, sobre los cuales se apoya para configurar su apuesta. La IEP constituye unos nuevos lugares para los niños, niñas, jóvenes, maestros, asesores y todo el andamiaje propuesto para la puesta en marcha del Programa (Lozano et al., 2010):

> La investigación como estrategia pedagógica es una apuesta, más allá de la enseñanza, por una socialización que construya un camino de aprendizaje diferente, en relación a las pedagogías de indagación desarrolladas en otras latitudes. Ondas se enraíza en la especificidad de nuestra cultura y nuestro contexto, y desde allí busca dotar social y políticamente, desde la infancia, a ciudadanos que construyan democracia más participativa y menos excluyente. (Colciencias, 2009).

La IEP plantea el paso de una reflexión sobre el lugar de la investigación en la educación y la práctica hacía una reflexión sobre el para qué de la investigación:

> Se buscó construir una estrategia que permitiera a niñas, niños y jóvenes apropiarse de herramientas metodológicas, pero, sobre todo, de una mirada de la sociedad y sus asuntos. Esto es, que la ruta investigativa del Programa se definiera, no en función solamente del proceso de investigación mismo, sino también en la movilización social de actores, donde los grupos convirtieran sus preguntas de sentido común en problemas de investigación para trabajar con diferentes métodos, de acuerdo a los objetos de conocimiento, los contextos y particularidades de su comunidad; una dinámica permanente de negociación cultural y diálogo de saberes que desarrolla actividades de construcción de saber y conocimientos, mediante la argumentación, el conflicto y el debate. (Colciencias, 2009).

Si bien es cierto que desde sus inicios Ondas ha promovido que los niños y jóvenes, en compañía de sus maestros, conformen grupos y a partir de sus contextos sociales se planteen preguntas y problemas de investigación, lo novedoso de la IEP es el intento por convertir esta apuesta en una metodología con un desarrollo conceptual y con procesos pedagógicos definidos, lo cual es un aporte importante a la reflexión y a la práctica de la CyT en la educación no formal, que por estar por fuera del currículo no significa que carezca de modelos que puedan tener cierta "replicabilidad".

Aquí resulta interesante indagar sobre qué tan entrenados se sienten y perciben los maestros Ondas para desarrollar una metodología de este tipo, y qué tanto apoyo reciben de sus instituciones para la aplicación de esta, dado que implica procesos poco convencionales en la enseñanza tradicional de la ciencia en el país.

Lo anterior unido a que, según lo hemos mencionado, el programa Ondas subraya que ha encontrado su fortaleza en la unión de intenciones de diversas instituciones públicas y privadas del territorio nacional. Lamentablemente, en la revisión documental no encontramos información acerca de cómo se ha estructurado esta articulación y a través de qué instancias organizativas se ha favorecido la alianza de entidades en cada departamento.

9.2.2.1. Organización departamental y nacional

A continuación vamos a describir cómo está estructurado el programa Ondas, los actores y entes que lo constituyen, y algunos de sus procesos más importantes, con el fin de comprender su funcionamiento y tener más herramientas de medición.

A nivel departamental

Ondas cuenta con una *entidad coordinadora* en cada uno de los departamentos, elegida a través de una convocatoria abierta o dirigida a las instituciones educativas o de investigación de prestigio académico en la región. Esta, en conjunto con Colciencias y los gobiernos locales, se encarga de desarrollar el programa en el respectivo departamento.

Como aporte al programa la entidad coordinadora debe nombrar, con cargo a su presupuesto, un coordinador departamental que lidere la ejecución de las diferentes actividades. Este profesional deberá tener experiencia en investigación, educación y administración. Podría ser interesante que incluyeran en los informes el perfil detallado y la cuantificación de los tiempos que invierte el coordinador, para poder caracterizar más específicamente a los actores que participan en estos procesos.

Tras la selección de la entidad coordinadora se conforma el *Comité departamental o distrital* de Ondas. Su objetivo es "desarrollar políticas, estrategias y actividades para el fomento de una cultura ciudadana y democrática de ciencia y tecnología en la población infantil del departamento" (Colciencias, programa Ondas, 2011). Al respecto, podría ser importante rastrear en qué ha redundado esa gestión: ¿cuántas políticas públicas departamentales incluyen como una de sus apuestas ese objetivo?, ¿cuántas incluyen de manera específica al programa Ondas? y ¿cuáles son las tendencias e intencionalidades que desde estas políticas se plantean con relación a la ASCyT orientada a los niños, niñas y jóvenes?

El programa cuenta en cada departamento con líneas de investigación o temáticas de trabajo. Cada línea dispone de un asesor de línea temática, seleccionado por el Comité departamental, que es quien da forma a la línea de investigación teniendo en cuenta que esta debe responder a las vocaciones regionales, con la intención de que Ondas se constituya en un factor de desarrollo local. Teniendo en cuenta que el programa recopila la información sobre el número de proyectos inscritos en cada línea de investigación, resultaría relevante organizarla y socializarla para conocer, entre otros aspectos, cómo se relacionan estas líneas con las temáticas que se desarrollan en los proyectos de investigación de alto nivel en cada departamento y qué tanto responde este conocimiento a las necesidades y vocaciones regionales en relación con la CyT.

Por supuesto, las instituciones educativas se constituyen en el centro de la acción, ya que es a través de estas como se busca impactar en los distintos niveles territoriales al incorporar la investigación como estrategia pedagógica.

> A través de este mecanismo de descentralización, el programa se propone ampliar la cobertura, formar capacidad en los municipios y transferir los dos sentidos de la organización de Ondas, uno de tipo político y otro de gestión del conocimiento (Colciencias, programa Ondas, 2011).

En los informes de gestión del programa no se hace una caracterización de las instituciones educativas, más allá de si son públicas o privadas; faltaría, por ejemplo, especificar cuántas son rurales y cuántas urbanas, qué modelos pedagógicos desarrollan, si el PEI contempla énfasis en Ciencias, si son incluyentes principalmente con los niños y jóvenes indígenas, afrodescendientes, etc. Información de este tipo favorecería la comprensión del contexto en el cual se desarrollan los procesos de Ondas y cómo se marca la diferencia entre unas y otras instituciones, dependiendo de sus características.

A nivel nacional

El *Comité nacional* fue creado con la intención de acompañar a Colciencias en la definición de los procesos de apropiación y construcción de los lineamientos de la investigación como estrategia pedagógica del programa, así como en la evaluación y mejoramiento de este. Entre sus miembros están organismos del gobierno; organismos internacionales; instituciones de educación superior, básica y media; entidades que desarrollan procesos de ASCyT y el equipo técnico de Colciencias.

Con miras a constituir redes regionales que favorecieran el intercambio de conocimiento entre los departamentos, se conformaron seis equipos pedagógicos regionales (Caribe, Centro, Nororiente, Suroccidente, Eje Cafetero, Orinoco-Amazonía), orientados a convertirse en espacios de articulación y negociación cultural (Colciencias, programa Ondas, 2011). La documentación analizada da cuenta de estos nodos, pero no de quiénes específicamente los conforman y cómo se promueven estas negociaciones.

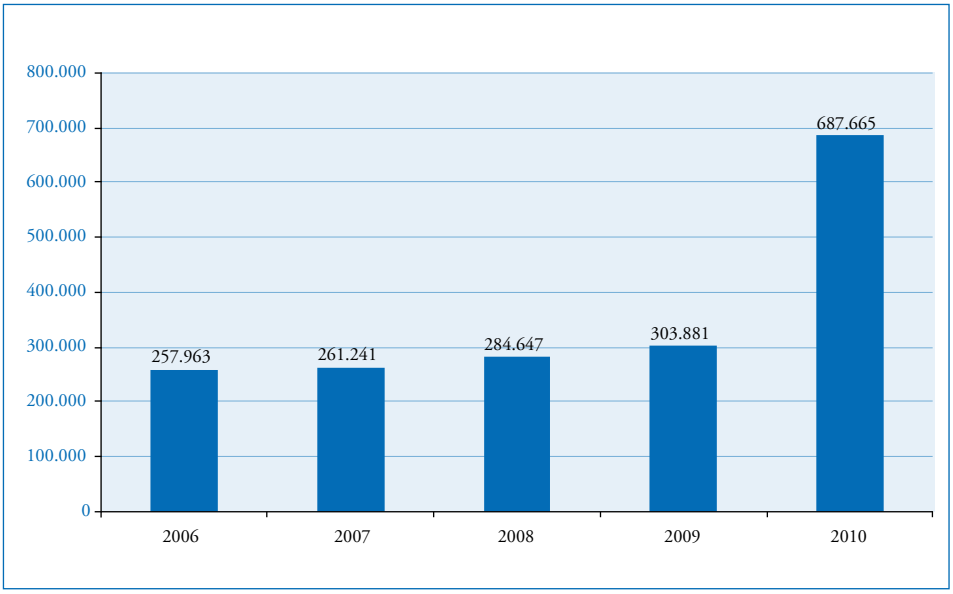
9.2.2.2. Los niños y los jóvenes de Ondas

La propuesta del programa Ondas implica que, en compañía de sus maestros, los niños y jóvenes se organicen para darle solución a un problema compartido que afecte su región o localidad y que los invite a plantearse preguntas. A estos equipos se les ha denominado *grupos de investigación.*

Las cifras de niños y jóvenes vinculados a Ondas han venido aumentando en los últimos años, sin embargo, es justo resaltar el incremento significativo (50%) que se dio en el 2010 con respecto al 2009 y que obligó a los grupos de investigación a ampliarse generosamente con el fin de acogerlos a todos.

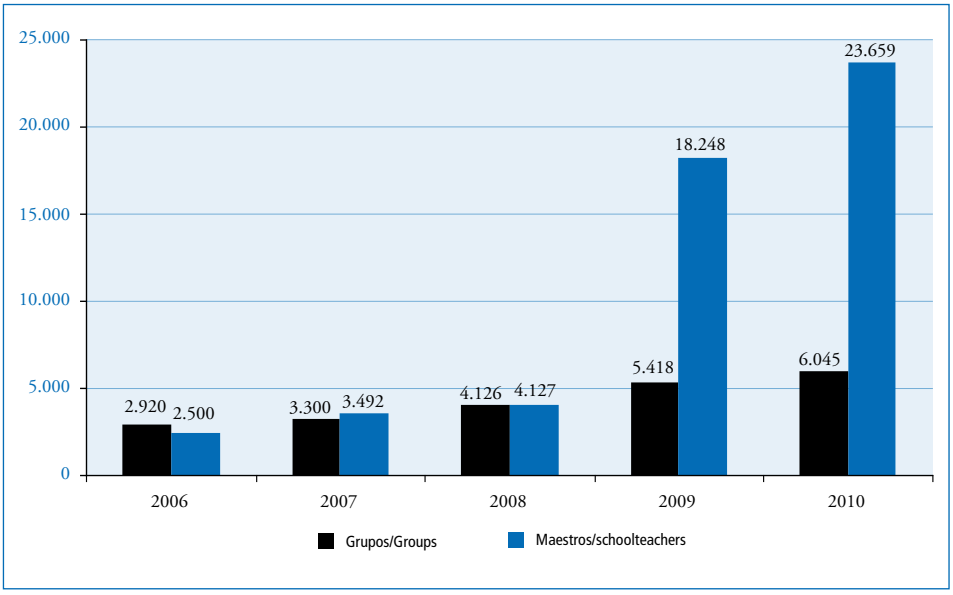
En total, durante el periodo 2006 - 2010 se han apoyado proyectos en los que han participado 1.795.397 niños y jóvenes del país, muchos de ellos en procesos de varios años. El 38% de este total corresponde al 2010. Como veremos más adelante, este incremento no guarda relación con el aumento de los grupos de investigación y mucho menos con los recursos económicos, pues mientras la cobertura es más del doble, estos últimos subieron solo un 11% en el último año.

Gráfica 9.2. Número de niños y jóvenes apoyados por el programa Ondas



Fuente: Colciencias

Gráfica 9.3. Número de grupos y maestros que participan en el programa Ondas



Fuente: OCyT, 2011

Entre los años 2006 - 2009, en promedio, 78 niños conformaban un grupo de investigación Ondas. Para el 2010, esta cifra aumentó considerablemente, el promedio nacional era de 114 niños por grupo de investigación, y en departamentos como Antioquia fue de 349 niños por grupo, en Bogotá 482 y en Caquetá 258.

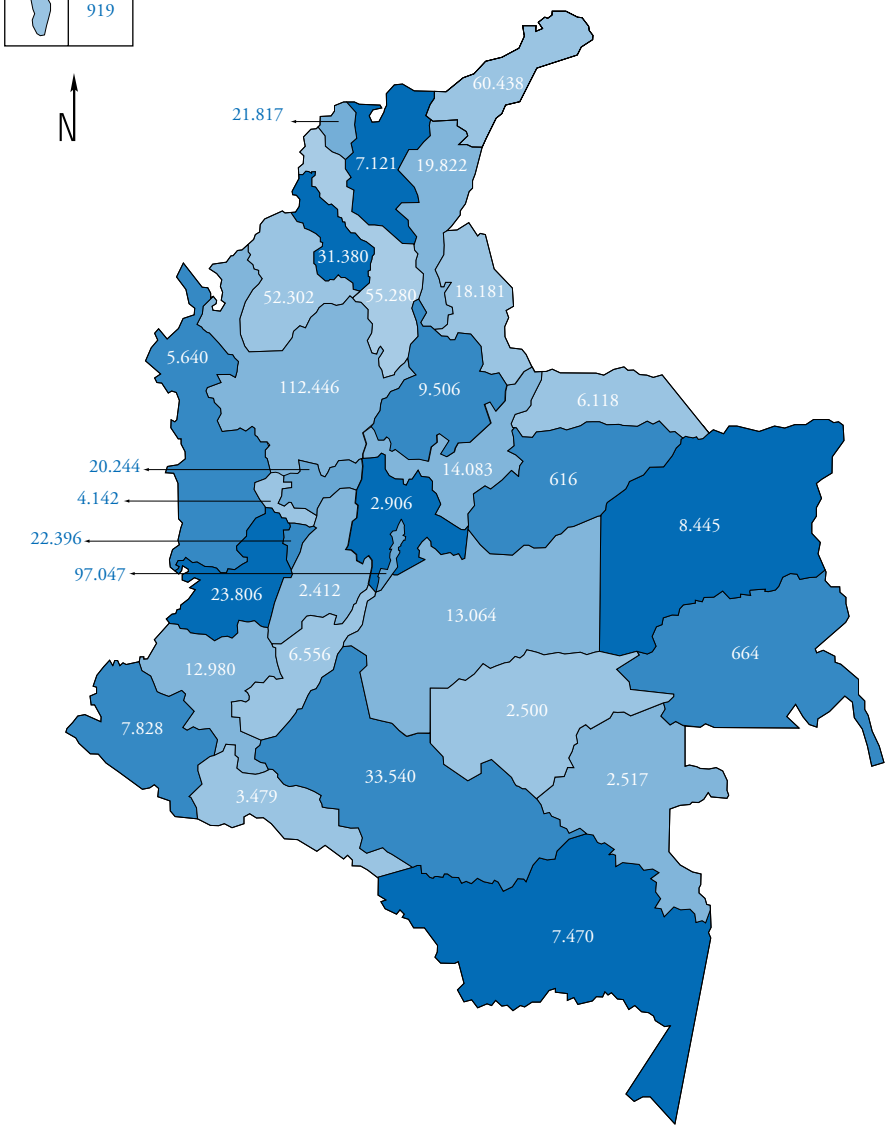
Este incremento en el número de estudiantes por grupo de investigación ha significado cambios drásticos en las metodologías diseñadas por el programa y, por supuesto, los grupos grandes implican el reto de mayores negociaciones entre estudiantes y entre estos y los docentes para llegar a acuerdos, por ejemplo, respecto a lo que se quiere investigar y al tiempo de dedicación por parte de los maestros. Es obvio que no es lo mismo acompañar un grupo pequeño que uno numeroso, y menos si los recursos no son mayores. Surge entonces la pregunta por la calidad del trabajo que se puede realizar. Una de las alternativas acogidas ha sido la del padrinazgo entre los mismos estudiantes, es decir, que los jóvenes con mayor trayectoria en el programa acompañen el trabajo de los niños que inician el proceso. A través de este se puede lograr mayor empoderamiento por parte de estos actores, pero también existe el riesgo de que la falta de orientación redunde en el no cumplimiento de los objetivos que se plantea Ondas.

Sería interesante caracterizar los grupos de investigación en cuanto al grado de escolaridad de sus integrantes, las edades, el tiempo que llevan haciendo parte y el número de proyectos que se realizan por grupo, para tener información relevante que nos permita determinar particularidades y hacer seguimiento a los niños y jóvenes que conforman los grupos que se vinculan activamente al programa.

El programa busca que estos proyectos duren un año lectivo, sin embargo, el tiempo que toma la gestión que debe hacerse entre Colciencias y las instituciones en los departamentos (negociaciones, firmas de convenios, entrega de recursos, etc.) implica que, en muchos casos, tengan que ejecutarse en menos de siete meses. Lo anterior, sin contemplar los años en los que por cambios en la administración de los entes territoriales, tras los periodos de elección de nuevos gobiernos departamentales y municipales, el tiempo se reduce aún más.

En el 2005, luego de la revisión de los temas que habían trabajado los niños y jóvenes, se agruparon los proyectos en quince líneas de investigación con el fin de contribuir a la fundamentación del quehacer investigativo de cada grupo (Colciencias, 2012). Las líneas identificadas fueron: 1) Conocimiento y saberes culturales y ancestrales, 2) Ciencias espaciales y terrestres, 3) Derechos y bienestar infantil y juvenil, 4) Historia, memoria y tradición, 5) Sistemas lógicos y matemáticos, 6) Mundo estético y creación artística, 7) Construir una cultura ambiental y del buen vivir, 8) Seguridad, soberanía y autonomía alimentaria, 9) Acercándonos a nuestros lenguajes, 10) Electrotecnia y energías para el futuro, 11) Ciencias de la computación, robótica, automatización, electrónica y sus aplicaciones, 12) Cultura democrática y del emprendimiento, 13) Ciencias sociales y del comportamiento, educación y pedagogía, 14) Explorando la socialización, mundos infantiles, familiares y juveniles, 15) Mundo de la vida y ciencias naturales, biología, botánica, zoología, física, microbiología, química y bioquímica.

Mapa 9.1. Niños y jóvenes vinculados al programa Ondas, según departamento



Fuente: Colciencias
Cálculos: OCyT

Esta agrupación temática se organizó desde el Equipo Técnico Nacional de Colciencias, a partir de los informes de las entidades coordinadoras. En la tabla 9.1 podemos observar tendencias en líneas de investigación por regiones, que nos permiten ampliar la comprensión de lo trabajado en los proyectos de los niños y jóvenes en los últimos años. En los informes no encontramos cifras exactas del número de proyectos inscritos en cada línea por región.

Tabla 9.1. Líneas de investigación predominantes según regiones del país, 2008 - 2011

Caribe	Construir una cultura ambiental y del buen vivir
	Ciencias sociales y del comportamiento, educación y pedagogía
Nororiental	Mundo de la vida y ciencias naturales, biología, botánica, zoología, física, microbiología, química y bioquímica
Eje cafetero	Ciencias sociales y del comportamiento, educación y pedagogía
Centro	Ciencias sociales y del comportamiento, educación y pedagogía
Suroccidente	Construir una cultura ambiental y del buen vivir
Amazonía, Orinoquia	Construir una cultura ambiental y del buen vivir

Fuente: Informe de gestión del programa Ondas, 2008-2011
Elaboración: OCyT

En cuanto a los tipos de investigación que emprenden los grupos del programa Ondas encontramos dos: investigaciones abiertas e investigaciones preestructuradas. Las abiertas parten de preguntas que tocan directamente a los niños y jóvenes que las formulan, pueden tener aplicación práctica en su contexto cercano, se enmarcan en las 15 líneas de investigación que nombramos anteriormente y fueron realizadas por grupos relativamente pequeños: 20 niños en promedio. Las preestructuradas involucran a toda la institución educativa, es decir, un grupo de 280 a 320 niños que trabajó alrededor de dos líneas temáticas nacionales: 1) bienestar infantil y juvenil, y 2) ambiental.

Entre los años 2006 y 2009 el 70% de las investigaciones que se apoyaron fueron abiertas y 30% preestructuradas. A partir del 2010, con el fin de incrementar la cobertura, la tipología se invirtió: el 40% de las investigaciones se hicieron abiertas y el 60% preestructuradas (Ciprian, 2012).

Esto implicó una reorientación del programa hacia el trabajo con grupos grandes y temáticas amplias de investigación, que nos llevó a interesarnos por saber qué tanta consolidación puede haber entre un número de integrantes tan grande; qué nivel de continuidad es posible garantizar, puesto que es bastante probable que los grupos se dispersen entre un año lectivo y otro; qué grado de facilidad/dificultad representan para la creación de redes entre grupos de diferentes regiones del país; y si un conjunto tan numeroso de niños y jóvenes cabe dentro de la definición de "grupo de investigación"[3] que da el Sistema Nacional de CTI.

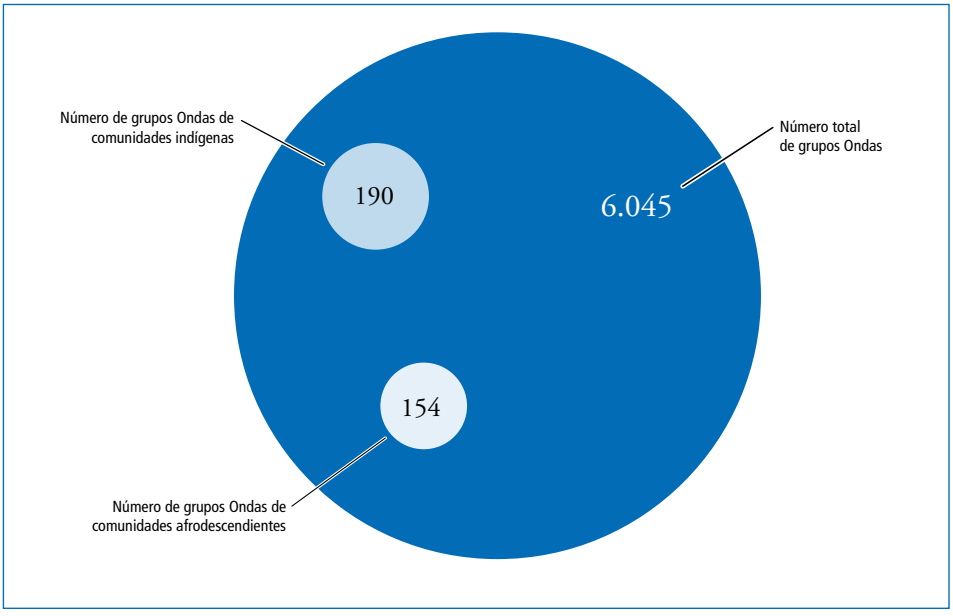
3 Conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producir unos resultados de conocimiento sobre el tema cuestión. Un grupo existe siempre y cuando demuestre producción de resultados tangibles y verificables, fruto de proyectos y otras actividades de investigación convenientemente expresadas en un plan de acción (proyectos) debidamente formalizado.

Caracterizar y hacer visibles los niños, las niñas y los jóvenes que participan en Ondas resulta difícil, no tanto por el volumen de información como por la no sistematización de datos que permitan identificar aspectos como el género, la edad, el grado de escolaridad, la procedencia, el grupo poblacional al que pertenecen, el tiempo de permanencia en el programa, los temas de interés, etc.

En el 2011 el Banco Mundial solicitó un reporte de la cantidad de niños y jóvenes del programa que pertenecían a poblaciones vulnerables, para lo cual el equipo técnico nacional de Ondas identificó la cantidad de grupos de investigación que pertenecían a comunidades indígenas y afrocolombianas que muestra la gráfica 9.4.

La información reportada habla de grupos de investigación pero no especifica si los integrantes de estos pertenecen en su totalidad a las comunidades señaladas o solo un porcentaje. Se ve entonces la necesidad de cuantificar la pertenencia a las distintas comunidades por individuos y no por grupos, incluyendo la diversificación entre comunidades urbanas y rurales por departamento.

Gráfica 9.4. Grupos Ondas que pertenecen a comunidades étnicas y afrocolombianas



Fuente: Colciencias
Cálculos: OCyT

9.2.2.3. Los maestros

El número de maestros, al igual que el de niños y jóvenes, ha venido aumentando de manera significativa en los últimos años. Mientras entre el 2006 y el 2008 un maestro acompañaba a un grupo, en los años 2009 y 2010 se estima que hay tres maestros por grupo de investigación, lo cual se explica por la variación en el tipo de investigación y en el número de integrantes por grupo que ha sufrido el programa.

Tabla 9.2. Número de maestros vinculados al programa Ondas

	Año					Total
	2006	2007	2008	2009	2010	
Maestros	2.500	3.492	4.127	18.248	23.659	**52.026**

Fuente: Colciencias

Uno de los problemas identificados en el 2006 en relación con los maestros de Ondas radica en la escasa oportunidad que tienen de participar en procesos de formación sobre investigación, debido a la poca oferta que al respecto tenía el programa (Dimaté, 2006). Si hace seis años, cuando el número de docentes era menor ya la falta de formación era un problema, ¿será que este ha aumentado en proporción con el incremento en el número de maestros o ya dispondrán de mayores y mejores herramientas para orientar y acompañar a sus estudiantes? Se esperaría que estos procesos educativos no se conviertan en ejercicios en masa (Coombs, 1971), sacrificando calidad por cantidad, invirtiendo menos pero esperando mayores resultados.

Una de las implicaciones de esta posible "masificación" es que el docente se encargue de formular los proyectos y de plantear las preguntas, reduciendo las oportunidades para que sean los propios niños y jóvenes quienes identifiquen y formulen sus proyectos, generen destrezas y habilidades, desarrollen su pensamiento y sus múltiples potencialidades y se posicionen como protagonistas de su aprendizaje, en contravía de los objetivos de la investigación como estrategia pedagógica y de las tendencias que abogan por la abolición de los enfoques tradicionalistas en los que el docente era el actor principal. En relación con este punto resultaría interesante encuestar a los niños y jóvenes de Ondas sobre el nivel de participación que tienen en el planteamiento y desarrollo de los proyectos.

Frente a los maestros sería significativo intentar una caracterización más precisa que ofrezca información sobre su formación profesional, las asignaturas que imparten, los grados con los que trabajan, los años de permanencia en el programa Ondas y el tiempo que dedican a las actividades de este, los rangos de edad y el género.

9.2.2.4. Los facilitadores

Las entidades coordinadoras

Las entidades coordinadoras departamentales juegan un papel fundamental en la ejecución del programa en su respectivo territorio, pues son las que responden ante Colciencias por el desarrollo de las cuatro líneas de acción de Ondas: política, jurídica, financiera y pedagógica, y deben coordinar todas las actividades (Colciencias, 2012).

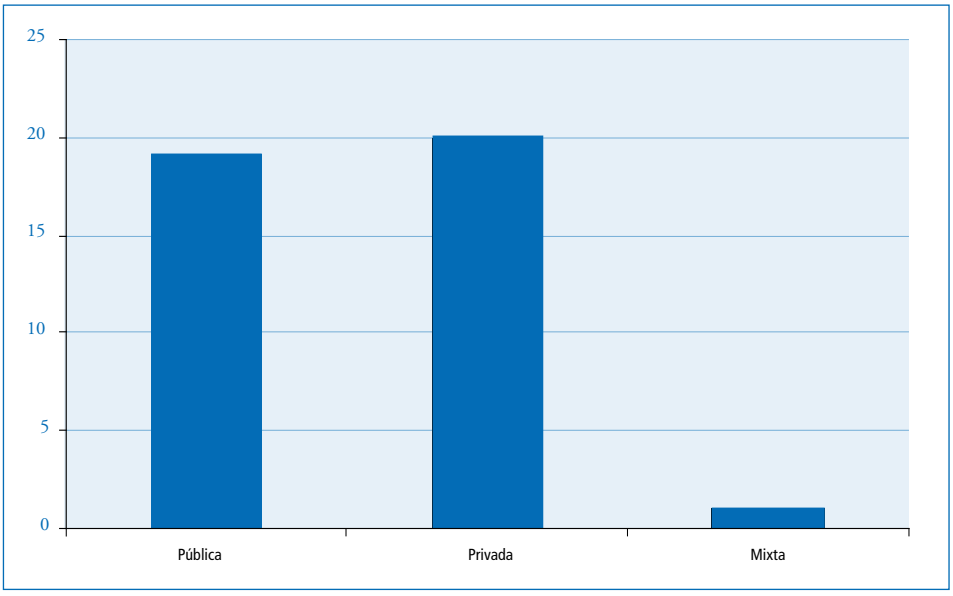
En los últimos cuatro años, prácticamente las entidades coordinadoras departamentales han sido las universidades. No está explícito qué áreas, facultades o departamentos son los que se encargan de la ejecución en sí, o si es más una apuesta de algunos de sus profesores. De las 28 universidades que han coordinado el programa

Tabla 9.3. Tipo de entidades que coordinan el programa Ondas en los departamentos, 2008 - 2011

Tipo de entidad	Cantidad
Instituciones de Educación Superior	28
Instituciones de Educación Básica, Primaria y Media	1
Fundaciones	2
Institutos	2
Centros de Tecnología, Investigaciones o Innovación	1
Cooperativas	2
Entidades eclesiásticas	1
ONG	1
Cajas de compensación	1
TOTAL	**39**

Fuente: Informe de gestión programa Ondas, 2008 - 2011

Gráfica 9.5. Entidades públicas, privadas y mixtas que coordinan el programa Ondas en los departamentos



Fuente: Informe de gestión programa Ondas, 2008 - 2011
Cálculos: OCyT

Ondas, 18 son públicas y 10 privadas. Esto nos invitó a preguntarnos por este interés de coordinación por parte de las universidades: ¿por la oportunidad para promover procesos de educación y generación de capacidades en la región?, ¿por la posibilidad para enriquecer sus procesos de investigación, concienciando a sus investigadores acerca de los problemas y necesidades de la sociedad?, ¿por ser una alternativa para facilitar el acceso a la investigación por parte de la sociedad?, ¿por ser un mecanismo para posicionarse y adquirir visibilidad en su departamen-

to? La respuesta no es clara, pero creemos que cualquiera de ellas o todas son posibles argumentos o motivaciones para hacerlo. De ahí que podría resultar interesante indagar no solo por el papel que cumplen las universidades en la gestión del programa Ondas, sino qué les representan los hallazgos, procesos y actividades que desarrollan los niños y jóvenes de Ondas.

Los comités departamentales

Estos entes son los encargados de implementar los lineamientos pedagógicos del programa, gestionar recursos para el soporte económico que requieren los grupos, promover alianzas interinstitucionales y velar por el cumplimiento de los objetivos del programa. En consecuencia, estos comités se constituyen en aliados estratégicos que permiten que se pueda desarrollar el proceso en cada una de sus etapas, asesorando a los equipos departamentales y haciendo seguimiento a las diversas áreas de gestión (Colciencias, 2012).

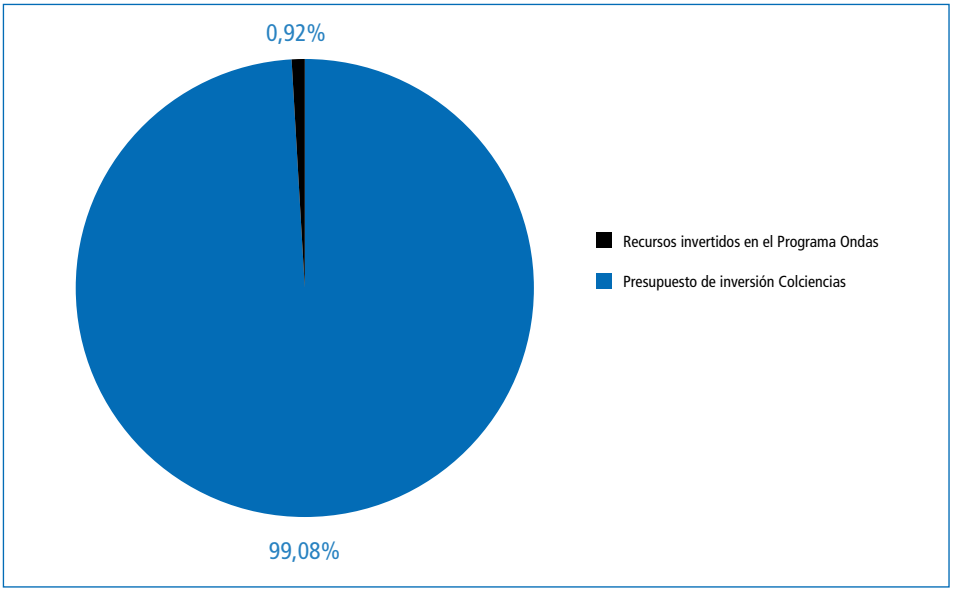
De acuerdo con las funciones anteriormente nombradas, no es raro que sean las universidades quienes en su mayoría integren los comités, por ser entidades coordinadoras y porque han sido actores fundamentales y centrales en la configuración de los sistemas regionales de CyT (Plazas, Sánchez & Bernal, 2009). En su propósito de garantizar el concurso y el compromiso de las demás entidades locales en el marco de Ondas, la universidad parece ser vista como un ente neutral y mediador en estas relaciones, pero también como el portador experto capaz de dar los lineamientos técnicos a los participantes del programa.

9.2.3. Los recursos invertidos

En el periodo 2006 - 2010 Ondas recibió aportes de Colciencias por $9.254 millones de pesos (menos del 1% de su presupuesto de inversión), recursos a todas luces insuficientes para financiar un proyecto que busca una cobertura nacional y al cual se le pide cada año aumentar la cantidad de niños, jóvenes y maestros participantes. Esta limitación redunda en que los proyectos financiados deban ser de corto aliento. Sin embargo, en algunos casos, la perseverancia de los niños, jóvenes, maestros e instituciones ha logrado que se les financien sus proyectos durante varios años.

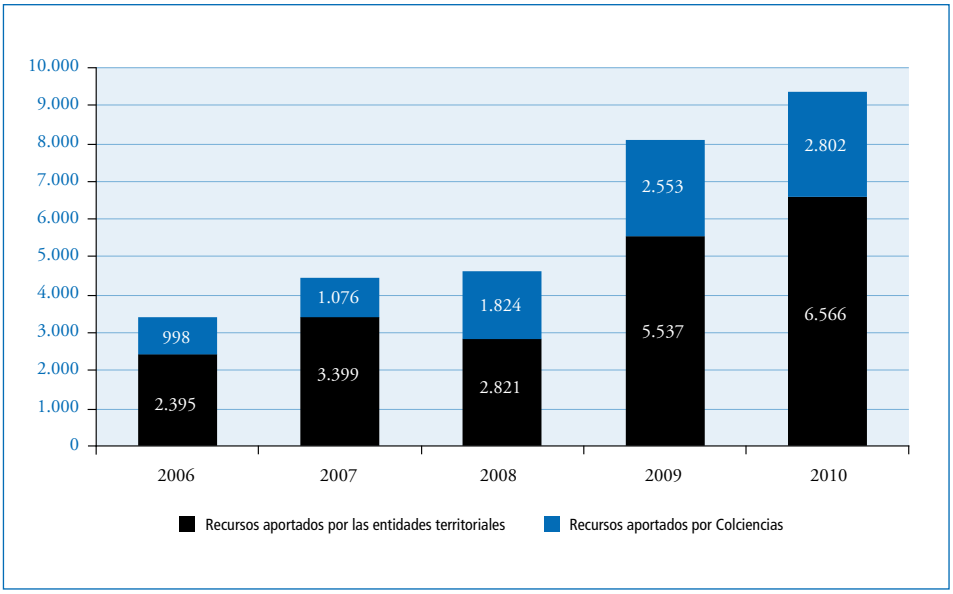
Pese a los pocos recursos de base, Ondas ha aprendido a gestionar y a optimizar los aportes de las entidades territoriales, provenientes de la incorporación de las políticas nacionales para el fomento de la cultura científica en los planes de desarrollo departamental y municipal, fuertemente articulados al sector educativo, y en algunos casos los de la empresa privada. En el 2010, de los recursos ejecutados por Ondas, el 30% fueron aportes de Colciencias y el 70% aportes de los distintos departamentos vinculados al programa.

Gráfica 9.6. Recursos invertidos en el programa Ondas en relación con el presupuesto de inversión de Colciencias, 2006 - 2010



Fuente: Colciencias
Cálculos: OCyT

Gráfica 9.7. Recursos invertidos en el programa Ondas, 2006 - 2010 (millones de pesos 2010)



Fuente: Colciencias, 2011
Cálculo: OCyT

El anterior porcentaje varía según el departamento. Por ejemplo, en el 2010, La Guajira y Santander contaron, cada uno, con aportes de un 15% de Colciencias y un 85% de las entidades territoriales, mientras que a Antioquia Colciencias le aportó el 75% del total y en el Cesar las entidades territoriales solo invirtieron un 2%. Sin embargo, podría decirse que aunque hay heterogeneidad, existe un buen nivel de empoderamiento del programa a nivel local, pues al menos en 21 departamentos los recursos de Colciencias son superados por los aportados por las entidades territoriales y la empresa privada.

Tabla 9.4. Presupuesto del programa Ondas según entidad territorial, 2010 (millones de pesos 2010)

Entidad territorial/región	Recursos aportados por Colciencias	Recursos aportados por las entidades territoriales
Amazonas	64	137
Antioquia	160	52
Arauca	144	641
Arch. San Andrés, Prov. y Sta. Catalina	40	60
Atlántico	74	136
Bolívar	102	126
Boyacá	124	296
Caldas	70	243
Caquetá	72	163
Casanare	150	275
Cauca	70	31
Cesar	100	2
Chocó	150	292
Córdoba	104	0
Cundinamarca	102	389
Bogotá, D. C.	90	407
Guainía	40	23
Guajira	126	740
Guaviare	40	12
Huila	70	169
Magdalena	40	62
Meta	74	365
Nariño	72	155
Norte de Santander	42	80
Putumayo	56	47
Quindío	94	121
Risaralda	74	141
Santander	88	504
Sucre	86	130
Tolima	92	388
Valle	90	320
Vaupés	40	35
Vichada	62	24
Total	**2.802**	**6.566**

Fuente: Colciencias, 2011
Cálculos: OCyT

Contar con información sobre cómo se distribuyen los recursos económicos y materiales en cada proyecto daría luces para gestionar el programa ante diferentes empresas privadas que, a través de sus líneas de responsabilidad social, podrían apoyarlo no solo con recursos financieros.

Sin lugar a dudas el papel de organizaciones no gubernamentales ha sido muy importante en el desarrollo de Ondas, no obstante, el apoyo de los gobiernos locales es el que lo ha llevado a expandirse a cada departamento, a articularse y, en muchos casos, a convertirse en parte importante de la política pública departamental y gracias a ello, garantizar recursos para ampliar su cobertura y asegurar sostenibilidad a mayor plazo. Como se anotó en un apartado anterior de este capítulo, es preciso cuantificar y caracterizar la participación que ha logrado el programa en la política pública, no solo para medir su impacto en esta, sino para identificar rutas y caminos que podrían emplearse en otros departamentos que no han logrado posicionar el tema en sus agendas.

Finalmente, cabe resaltar la participación importante de las empresas del sector privado en varios de los departamentos, a través de sus líneas de responsabilidad social corporativa. Si bien, como ya se anotó, esta podría ser mayor y limitada no solamente al apoyo financiero, no sobra que los equipos de Ondas exploren las motivaciones reales de dicha participación, pues el programa debe ser cuidadoso en esto con el fin de no perder su vocación y objetivo en pro de intereses particulares.

9.3. Aportes a la medición de ondas a partir de los estudios de percepción de la ciencia: una reflexión desde la encuesta de jóvenes

Con el fin de explorar otras formas de medición de los procesos de ASCyT y teniendo en cuenta que el programa Ondas no ha realizado estudios de percepción entre los actores que participan en él, hemos traído a este análisis la encuesta *Percepción de los jóvenes sobre la ciencia, la tecnología, la profesión científica y la enseñanza de las ciencias* con dos propósitos: primero, continuar con la mirada comprensiva del contexto en que Ondas cohabita, esta vez haciendo la revisión de las representaciones y valoraciones que tienen los jóvenes que no necesariamente pertenecen al programa; segundo, identificar variables que puedan ser tenidas en cuenta en los procesos de medición de Ondas, partiendo del supuesto de que los estudios de percepción contribuyen a la tipificación de posibles impactos de la ASCyT y que los resultados pueden compararse, por ejemplo, entre jóvenes Ondas y aquellos que no se beneficiaron del programa, lo cual puede ayudar a evaluar su impacto y el nivel de efectividad (Gertler, Martínez, Premand, Rawlings & Vermeersch, 2011).

La encuesta *Percepción de los jóvenes sobre la ciencia, la tecnología, la profesión científica y la enseñanza de las ciencias* fue realizada por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología en Bogotá, con la colaboración de la Secretaría Distrital

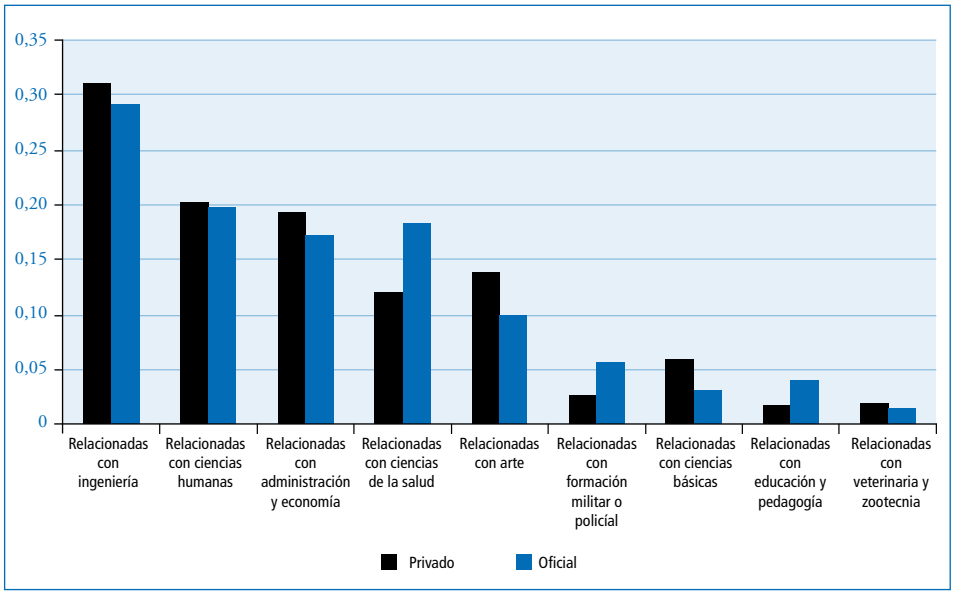
de Educación y el apoyo de Colciencias (OCyT, 2011). El estudio se desarrolló en el marco del proyecto Estándar iberoamericano de indicadores de percepción social y cultura científica, liderado por el Observatorio de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad en Iberoamérica, del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Organización de Estados Iberoamericanos (España) y el Centro REDES (Argentina).

Según el Observatorio de la Ciencia, Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI (2008), la encuesta buscó

> proporcionar un panorama de la situación acerca de la percepción que tienen los estudiantes de nivel medio de las profesiones científicas y tecnológicas y su atractivo como opción laboral, sobre la imagen de la ciencia y los científicos, y acerca de la valoración que hacen de la enseñanza de las materias científicas en la escuela. A través de la evidencia empírica que se obtenga se espera contribuir a la definición de políticas públicas destinadas al estímulo de las vocaciones científicas y tecnológicas en los países de la región.

Este tipo de estudios se desarrollan, en parte, debido a la preocupación por la reducción de las tasas de matrícula en carreras de ciencias naturales y exactas en distintos lugares del mundo. En Colombia, según los resultados arrojados por esta encuesta, apróximadamente el 30% de los encuestados preferirían estudiar carreras relacionadas con la ingeniería, y cercano al 20% las relacionadas con ciencias humanas, administración y economía, mientras ciencias básicas son la preferencia entre un 5,88% de estudiantes de instituciones privadas y un 3,15% de estudiantes de instituciones oficiales.

Gráfica 9.8. Carrera que los estudiantes bogotanos manifiestan querer estudiar



Fuente: OCyT, 2011

Frente a las representaciones que tienen los jóvenes de los científicos e ingenieros, se encontró que el 52% identifica a los científicos como personas apasionadas por su trabajo y el 48% como personas de mente abierta y nuevas ideas; casi el 55% percibe a los ingenieros como personas que diseñan, inventan y fabrican herramientas, componentes, procesos y sistemas. Según los encuestados, ganar dinero, fama y poder no son motivaciones que guíen el trabajo de los científicos, mientras sí lo son el descubrir o inventar cosas nuevas y contribuir al avance del conocimiento. A partir de diferentes estrategias, Ondas ha promovido el intercambio de experiencias entre investigadores en ciencia y tecnología y los participantes del programa; resultaría interesante saber si la percepción de los beneficiarios de Ondas varió gracias a ese contacto con los expertos.

Los resultados de la encuesta reflejan, así mismo, alta valoración por el trabajo que realiza el científico, pero poco interés por estudiar carreras científicas debido a que las materias que deben cursar son aburridas (52,3%) y muy difíciles (42,7%). Esto guarda relación con la respuesta frente a asignaturas científicas como matemáticas, física, química y biología, sobre las cuales, en general, manifiestan que son interesantes pero defíciles de entender, aunque si son bien explicadas la mayoría de los estudiantes podría comprenderlas.

Si bien es cierto que el programa no busca que sus participantes decidan estudiar carreras científicas, las actividades que se proponen, de manera directa o indirecta, favorecen las vocaciones científicas. De ahí que se esperaría por parte de los beneficiarios del programa no solo una mayor valoración de la actividad científica sino una mejor comprensión de lo que esta aborda y una intención más clara de ejercerla.

Tabla 9.5. Frente a las clases de matemáticas, física, química y biología, qué tan de acuerdo están los jóvenes con las siguientes afirmaciones

	Muy en desacuerdo				Muy de acuerdo	No informa
1. Son fáciles para mí	17,09%	14,72%	29,40%	21,59%	13,13%	4,07%
2. Son interesantes para mí	10,83%	13,14%	22,49%	23,74%	25,44%	4,36%
3. Aumentaron mi aprecio por la naturaleza	13,54%	14,88%	26,94%	20,92%	18,91%	4,80%
4. Las cosas que aprendo en estas clases me ayudan en mi vida diaria	10,30%	11,48%	23,92%	24,07%	25,92%	4,30%
5. Me han hecho pensar sobre cómo cuidar mejor mi salud	9,67%	11,36%	25,26%	24,39%	25,09%	4,22%
6. Me han hecho pensar sobre cómo cuidar mejor el medio ambiente	7,18%	9,35%	22,28%	26,67%	30,33%	4,19%
7. La mayoría de los alumnos puede entender los temas de ciencia si están bien explicados	9,14%	10,57%	22,61%	25,61%	27,88%	4,19%
8. Lograron aumentar mi gusto por los estudios	12,50%	12,83%	26,57%	24,47%	19,33%	4,30%
9. Me ayudan a tener más claridad sobre qué profesión me gustaría tener en el futuro	13,34%	9,64%	20,15%	19,81%	32,91%	4,17%

Fuente: OCyT, 2011

Adicionalmente se les preguntó por la importancia de ciertas actividades en el marco de estas mismas asignaturas. Los jóvenes señalaron el hacer experimentos (55,7%) y usar los laboratorios (54%) como muy importantes. Cabría revisar qué tanto el programa Ondas se articula con las instituciones para ofrecer o promover estos espacios e indagar entre los participantes qué actividades motivan más sus procesos de aprendizaje de las ciencias.

Aunado a lo anterior, un resultado que es importante resaltar con respecto a los hábitos extracurriculares de los estudiantes, es que al preguntarles por la frecuencia con que hacen actividades sobre CyT por fuera del aula, los resultados asociados al *nunca* fueron más altos que los asociados al *siempre.* Una de las principales estrategias de Ondas ha sido la participación y organización de ferias de la ciencia, así como la articulación con bibliotecas o museos locales. Ello, sumado a que estos espacios gozan de mayor divulgación sobre las actividades que realizan, probablemente puede redundar en una mayor participación de los jóvenes en esta oferta extracurricular durante su tiempo libre.

Tabla 9.6. ¿Qué tan seguido hacen las siguientes actividades por fuera de clase los jóvenes encuestados?

	Nunca				Siempre	No informa
1. Miro programas o documentos de televisión sobre ciencia y tecnología	18,46%	14,27%	23,65%	24,96%	15,02%	3,65%
2. Escucho programas de radio sobre ciencia y tecnología	50,44%	20,30%	14,69%	6,60%	4,06%	3,91%
3. Leo las noticia científicas que se publican en los diarios	34,57%	20,70%	20,76%	12,59%	7,15%	4,22%
4. Leo revistas de divulgación científica	44,42%	19,96%	17,28%	9,42%	4,50%	4,42%
5. Leo libros de divulgación científica	45,64%	20,26%	16,10%	8,50%	5,22%	4,28%
6. Miro programas o documentales de televisión sobre naturaleza y vida animal	9,44%	9,45%	19,43%	32,03%	25,96%	3,69%
7. Uso Internet para buscar información científica	22,63%	17,04%	22,36%	17,63%	16,37%	3,98%
8. Visito museos, centros o exposiciones sobre ciencia y tecnología	34,21%	22,72%	20,96%	11,79%	6,06%	4,27%
9. Hablo con mis amigos sobre temas relacionados con ciencia y tecnología	33,20%	19,42%	20,84%	13,99%	8,66%	3,89%
10. Participo en ferias y olimpiadas de ciencia	40,09%	19,88%	17,65%	10,85%	7,52%	4,01%
11. Visito zoológicos y jardines botánicos	28,70%	20,42%	23,17%	14,02%	9,32%	4,37%
12. Hablo con mis amigos sobre temas de medio ambiente	24,82%	19,63%	21,84%	17,11%	12,67%	3,93%
13. Miro películas o leo libros y revistas (historietas, cómics, etc.) de ciencia ficción	21,94%	14,83%	20,00%	20,91%	18,48%	3,84%

Fuente: OCyT, 2011

Todo lo anterior se resume en que, pese a tener una valoración positiva de la actividad científica, los jóvenes señalan que es: difícil de aprender, poco interesante la forma como se aborda desde el aula, y que en su vida cotidiana no consumen información científica en otros espacios distintos al escolar. Estos resultados muestran la pertinencia de desarrollar programas como Ondas, que a la vez de ofrecer nuevos modelos de educación en ciencias naturales o exactas promueven vocaciones y competencias científicas en niños, niñas y jóvenes. Sin embargo, es importante revisar de

qué manera el programa, al identificarse como complementario al espacio escolar, reduce la negociación con el trabajo del aula, limitando su impacto al interior del escenario escolar.

Como lo mencionamos al principio de este apartado, resultaría interesante en este punto indagar por las percepciones y el atractivo de las ciencias como opción laboral para los participantes del programa Ondas, así como sobre su visión de la enseñanza de las ciencias en el aula y qué tanto difieren sus respuestas con lo que manifiestan los jóvenes que no participan en el programa. Ello con miras a encontrar posibles impactos de Ondas no solo en la relación que establecen sus integrantes con los temas científicos y el consumo informativo, sino también con las vocaciones que se desarrollan y sus intenciones de seguir carreras científicas. Esta reflexión apunta a resaltar la importancia de los estudios de percepción de la ASCyT, como insumo para la construcción de líneas base que permitan comprender el marco de representaciones de los actores sociales que pueden ser objetivo de una estrategia, o como instrumento de evaluaciones y de medición del impacto de la ASCyT, a partir de comparaciones entre grupos beneficiarios y no beneficiarios de un proyecto.

9.4. Hacia la construcción de variables

Decíamos al principio del presente capítulo e intentamos dar cuenta de ello a lo largo de este, que el programa Ondas ha logrado recoger valiosa información sobre los alcances de su gestión a través de algunos indicadores consignados en los informes departamentales y nacionales que se producen, y que gran parte de esta información está subutilizada, dado el volúmen de la que no ha sido analizada, en gran medida por la poca eficiencia de los mecanismos y procesos que permiten filtrarla.

> Se tiene la sensación de que los procesos de monitoreo y seguimiento organizados por la Coordinación Nacional a través de su manual operativo, son demasiado complejos, repetitivos y al final poco útiles en el proceso de desarrollar el programa y hace que gran parte de la gestión departamental se vaya en estos procesos (Lozano et al., 2010).

Así mismo, señalamos que la labor operativa y administrativa de los coordinadores departamentales es tan alta que les deja poco tiempo para los procesos de selección y análisis de los datos. De ahí la tendencia marcadamente cuantitativa de los reportes con poca reflexión.

Frente a esto: en cada etapa del proceso deben establecerse, de manera conjunta con los diferentes actores participantes, las fuentes, los indicadores, los métodos, los responsables, los tiempos para la recolección y el análisis de la información; los instrumentos de recolección de datos sobre indicadores y variables deben ser de fácil comprensión y uso por parte de los coordinadores departamentales; y el Comité Nacional debe promover aún más los procesos de análisis e interpretación de la información que se reúne.

A continuación planteamos posibles variables que, a partir de las reflexiones que emergieron en este texto y la información actualmente disponible en el programa, podrían ser alimentadas y difundidas por Ondas para dar cuenta de su gestión, y para contribuir a la construcción de indicadores que anualmente realiza el OCyT. Esta propuesta se articula con las tres estrategias básicas del programa Ondas (Colciencias, 2009, p. 19) y recoge algunas variables que han sido difundidas a través de los informes de gestión del programa.

Tabla 9.7. Propuesta de variables que podrían ser incluidas por las entidades territoriales en sus informes sobre los proyectos que adelantan en el marco del programa Ondas

Estrategias básicas del programa Ondas	Variables por entidad territorial
Estimular la realización de investigaciones diseñadas y desarrolladas por niños, niñas y jóvenes de todo el país, de manera que estos asuman la CTI como parte de su vida cotidiana, familiarizándose con su lenguaje y métodos, reconociéndose productores de conocimiento y aportando soluciones a los problemas locales y nacionales.	**Sobre los niños(as) y jóvenes vinculados a los proyectos** Número. Género. Grado de escolaridad. Número de años que llevan haciendo parte del programa. Grupos poblacionales (indígenas, discapacitados, rurales, etc.). Percepción sobre su nivel de participación en el programa.
	Sobre los maestros vinculados al programa Número. Formación profesional. Oferta de capacitación que les proporciona Ondas para orientar la investigación como estrategia pedagógica. Número de años que llevan haciendo parte del programa. Número de horas semanales que dedican a las actividades de Ondas.
	Sobre los grupos de investigación Número de grupos. Número de proyectos que se realizan por grupo de investigación. Temáticas en las que se desarrollan los proyectos de investigación. Investigaciones financiadas en una segunda y tercera fase.
Articular y coordinar los esfuerzos que existen en el país, en relación con el fomento y la apropiación de la CTI para facilitar el acceso de niñas, niños y jóvenes a esa experiencia. Sistematizar las experiencias del programa para mostrar resultados que motiven a los diferentes sectores sociales a participar en él.	Entidades que apoyan el desarrollo del programa. Tipo de entidad coordinadora del programa. Políticas públicas departamentales que incluyen de manera específica al programa Ondas. Recursos invertidos en el programa Ondas por parte de entidades nacionales (Colciencias, Ministerio de Educación, SENA, etc.) y departamentales, empresas privadas, cooperación internacional, etc. Obtención de recursos a largo plazo para el programa.
Diseñar materiales que favorezcan el desarrollo de la ciencia y la tecnología desde la escuela básica. Estos materiales son fundamentales para la formación de actores en temas de investigación, para la realización de los proyectos y para el intercambio de experiencias.	Número de materiales producidos. Nivel de participación que los niños(as), jóvenes y maestros vinculados al programa perciben que tienen en la elaboración de los materiales. Materiales por temáticas.

Fuente: elaboración propia

Las anteriores variables, más que pensarse como una propuesta cerrada, se plantean para la discusión con los diferentes actores que conforman el programa y, por qué no, como una meta en la recolección de información sobre este, pues de alguna manera responden a un sistema de seguimiento y monitoreo complementario al Sistema de Evaluación Permanente del Programa Ondas (Lozano et al., 2010) que presenta una propuesta de indicadores de evaluación más compleja y profunda, y recogen los mínimos que se deberían difundir de manera más amplia entre quienes hacen parte del SNCTI.

Si bien es cierto que los resultados de este tipo de procesos se pueden quedar en cuantificaciones que no ayuden del todo a ver y a comprender la dimensión completa del trabajo realizado por Ondas, sería un aporte a la construcción de sistemas de medición sistemáticos, en espera de que la difusión de la información resultante favorezca la reflexión crítica acerca de la pertinencia y eficacia del programa y contribuya al mejoramiento continuo de su calidad.

Teniendo en cuenta que buena parte de la crítica a este tipo de ejercicios ha señalado que la selección de un estándar, además de difícil la mayoría de las veces pareciera reflejar más el deseo de los expertos y de los encargados del desarrollo de políticas públicas que las representaciones de los distintos grupos sociales que componen los programas de ASCyT (Neresini & Bucchi, 2010), este artículo se plantea como un aporte a la creación de variables que posteriormente se puedan convertir en indicadores de seguimiento y monitoreo de Ondas, considerando que aún hace falta un trabajo a profundidad con los distintos actores que conforman el programa, dado que puede resultar una falacia la identificación de metodologías e instrumentos específicos, sin pensar en los detalles particulares de la forma como se construye en lo local y lo nacional el programa Ondas y su articulación.

9.5. Conclusiones

A lo largo de este capítulo quisimos mostrar en qué forma, a partir de un proyecto como Ondas se puede llevar a cabo la medición de los programas de ASCyT. Para ello partimos de un diagnóstico general del programa, construido a la luz de los indicadores producidos y difundidos por Ondas, así como de un estudio de percepción aplicado a jóvenes escolares que no necesariamente han participado en el programa y que pudiera dar cuenta de posibles variables a considerar en la medición de un programa de ASCyT como, por ejemplo, Ondas. Reuniendo lo anterior propusimos algunas preguntas y recomendaciones para futuros procesos de medición, para al final llegar a una propuesta de variables que puedan contribuir a la medición y análisis de Ondas.

Toda esta reflexión partió del supuesto de que la medición de la ASCyT ha sido un proceso que no ha logrado asentarse en Colombia, de un lado, por la complejidad y costos de los instrumentos, tiempos y formas de recolección que se requieren para contar con información de calidad y, de otro, porque la construcción de indicadores que atiendan cuestiones centrales de la ASCyT como la participación, el empoderamiento, el cambio de comportamientos, entre otros, no son fácilmente medibles.

El caso del programa Ondas nos permite evidenciar dicho supuesto y reconocer que aún estamos en mora de construir indicadores que den paso a interpretaciones más amplias y complejas, pero también nos facilita ver que es posible iniciar procesos de medición a partir de indicadores simples, correlacionados directamente con los objetivos del programa, y cuya información pueda ser recogida periódicamente. Si bien es cierto estamos lejos de los indicadores ideales para el seguimiento y monitoreo, no por ello debemos descartar la posibilidad de contar con información esencial que dé cuenta públicamente de la gestión que en el terreno de la ASCyT se hace en el país. Los indicadores cuantitativos de proceso y producto son una primera aproximación; gradualmente se puede dar el tránsito hacia indicadores cualitativos y mixtos de efecto y de impacto que nos den muchas más pistas frente a los logros y derrotas de los procesos de ASCyT que se emprenden no solo en el corto sino en el mediano y largo plazo.[4]

Lo mencionado anteriormente es una invitación a no quedarse en el conteo de públicos y de actividades, y avanzar en la construcción de indicadores que permitan ver que las metas que se plantean son coherentes con las dinámicas, las apuestas metodológicas, las intencionalidades y los recursos que se invierten en los programas. Establecer metas desarticuladas de la realidad tiene el peligro de provocar el agotamiento de los programas y de sus integrantes en los distintos niveles territoriales y, posiblemente, evidenciar que lo logrado hasta hoy es producto más de la suma de voluntades de personas interesadas en promover este tipo de procesos que de una política y una cultura que ya debiera estar cimentada en el país.

Promover la ASCyT requiere de programas continuos, de largo aliento y sostenibles. Para ello se necesita el apoyo de diversos actores que demandan resultados confiables y sistemáticos y, por supuesto, de un ejercicio permanente de reflexión por parte de quienes realizan acciones de ASCyT, que favorezca miradas críticas y constructivas frente a lo emprendido.

El trabajo acá presentado se acerca mucho a un ensayo y a una propuesta. Ensayo en tanto revisa el tema de la medición de la ASCyT a partir de un caso, y propuesta porque reúne algunas ideas que invitan a la construcción de procesos de medición aplicables a un programa particular, con la posibilidad de que se conviertan en ejemplos escalables a otros programas de ASCyT. Al final, en lo profundo, lo que buscamos es convocar a los agentes que promueven y desarrollan procesos de ASCyT a que se unan a este esfuerzo de ensayar y proponer ideas que contribuyan a la consolidación de procesos de medición en ASCyT de carácter nacional, que sean a su vez estables y confiables.

4 En el marco del proyecto Sistema de Evaluación Permanente del Programa Ondas (Lozano et al., 2010), se hizo una propuesta que incluye indicadores cualitativos y mixtos de efecto y de impacto.

Referencias

Álvarez, A., Manterola, C., Amézquita, C., Dorrego, E., Acuña, M. & Córdova, P. (2006). *Sistema de evaluación de prácticas en popularización de la ciencia y la tecnología.* I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, 19 - 23 de junio.

Castañeda, E. & Franco, L. (2004). *Generación CyT. Análisis de experiencias para el fomento de una cultura de la ciencia y la tecnología en niños, niñas y jóvenes de Colombia.* Bogotá: Colciencias, Unesco.

Ciprian, J. (2012). Entrevista realizada el 10 de julio de 2012.

Colciencias, programa Ondas. (2011). *Manual de apoyo a la gestión y construcción del programa Ondas*. Bogotá: Autor.

Colciencias, programa Ondas. (2012). *Movilización social de actores. Soporte de la investigación como estrategia pedagógica*. [Informe de gestión 2008 - 2011]. Bogotá: Autor.

Colciencias. (1968). Seminario sobre ciencia y tecnología para el desarrollo.

Colciencias. (2001). *Guía de presentación para los proyectos de investigación del programa Ondas*. Bogotá: Autor.

Colciencias. (2005). *Política de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación.* [Documento 06 del 1 de abril de 2005]. Bogotá: Autor.

Colciencias. (2009). *Ondas. Informe de la reconstrucción colectiva del programa Ondas. Búsquedas de la investigación como estrategia pedagógica. Período 2006 - 2008.* Bogotá: Autor.

Colciencias. (2010). *Estrategia nacional de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación.* [Documento del Grupo de Apropiación Social del Conocimiento]. Bogotá: Autor.

Colciencias. (s. f.). *Niños, niñas y jóvenes investigan. Lineamientos pedagógicos del programa Ondas*. Bogotá: Autor.

Colciencias. (s. f.). *Ondas, una experiencia significativa. Informe de gestión y resultados 2003 - 2006*. Bogotá: Autor.

Coombs, P. (1971). *La crisis mundial de la educación.* Barcelona: Ediciones Península.

Daza, S., Arboleda, T., Rivera, A., Bucheli, V. & Alzate, J. F. (2006). *Evaluación de las actividades de comunicación pública de la ciencia y la tecnología en el*

sistema nacional de ciencia y tecnología colombiano 1990-2004. [Informe de evaluación]. Bogotá: OCyT.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2009). *Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores.* [De los cuadernillos Herramientas estadísticas para una gestión territorial más efectiva. Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización – DIRPEN]. Bogotá: Autor.

Departamento Nacional de Planeación –DNP. (2009). *Documento CONPES 3582: Política nacional de ciencia, tecnología e innovación.* Bogotá: Autor.

Departamento Nacional de Planeación –DNP. (2006). *Visión Colombia II Centenario. Fundamentar el crecimiento económico y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación. Propuesta para discusión.* Bogotá: DNP - Colciencias.

Dimaté, C. (s. f.). *La ciencia, la tecnología y la innovación en las culturas infantiles y juveniles de Colombia. Evaluación de impacto del programa Ondas.* Bogotá: Colciencias.

Fog, L. (1995). *La ACAC, 25 años creando futuro*. Bogotá: Tercer Mundo Editores.

Fundación Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano –CINDE. (1996). *Evaluación del Programa de Actividades Juveniles e Infantiles.* [Informe de Investigación]. Bogotá: Autor.

Gertler, P., Martínez, S., Premand, P., Rawlings & L., Vermeersch, C. (2011). *La evaluación de impacto en la práctica.* Washington: Banco Mundial.

Kai Ming, C. & Kam Fong, L. (Ed.). (1989). *Popularization of science and technology. What informal and nonformal education can do?* Paris: Unesco.

Lozano, M. (2005). *Programas y experiencias en popularización de la ciencia y la tecnología. Panorámica desde los países del Convenio Andrés Bello.* Bogotá: Convenio Andrés Bello.

Lozano, M., Mendoza, M., Delgado, M. F. & Reyes, J. (2010). *Informe del proyecto Sistema de Evaluación Permanente del Programa Ondas.* Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Lozano-Borda, M., Daza Caicedo, S., Flórez, D., Maldonado, P., & Navarro, C. (2012). *Manual para la Semana Nacional de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.* Bogotá: Colciencias y Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Neresini, F. & Bucchi, M. (2010). Which indicators for the new public engagement activities? An exploratory study of European research institutions. *Public Understanding of Science*, 20 (1), p. 64 - 79.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2011a). *Entre datos y relatos. Percepciones de jóvenes escolarizados sobre la ciencia y la tecnología*. Bogotá: Autor.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2011b). *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia, 2011*. Bogotá: Autor.

Padilla, J. & Patiño, L. (s. f.). *Formulación de indicadores e índices para evaluar programas y actividades de popularización de la ciencia.* [Taller práctico]. México D. F.

Pardo, M. (2010). *Propuesta metodológica para la medición de ciencia, tecnología e innovación en los departamentos de Colombia.* [Documento de trabajo]. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Pérez-Bustos, T. & Lozano-Borda, M. (Ed). (2011). *Ciencia, tecnología y democracia. Reflexiones frente a la apropiación social del conocimiento.* Medellín: Colciencias, EAFIT.

Pérez-Bustos, T. & Tafur, M. (Ed). (2010). *Deslocalizando la apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia.* Bogotá: Maloka - Colciencias.

Plazas, A., Sánchez A. & Bernal, C. (2009). Génesis y evolución de un sistema regional de ciencia, tecnología e innovación - SRCTI- en un contexto rural, biodiverso y multicultural. Universidad, Empresa, Estado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Posada, E., Hoyos, N. E., Pantoja, A., Carvajal, C. H. & Marín, M. (1995). *Apropiación social de la ciencia y la tecnología.* [Informes de Comisionados. Misión Ciencia, Educación y Desarrollo] (Vol. 4). Bogotá: Presidencia de la República - Colciencias.

Capítulo 10

Apoyo público a la innovación: la experiencia de Colciencias en Colombia

Gustavo Crespi[*], Lucas Figal Garone[†], Alessandro Maffioli[‡] y Marcela Meléndez[§]

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo evaluar los impactos de los programas de promoción de la innovación administrados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). Si bien Colciencias implementa múltiples programas, este trabajo se enfoca en aquellos que proveen incentivos financieros para I+D (fondos no reembolsables y créditos contingentes) y al mismo tiempo promueven la formación de vínculos entre firmas, universidades y otras instituciones públicas de investigación. A diferencia de evaluaciones previas, una característica a destacar de la presente investigación es la posibilidad de usar una base de datos más rica que permite seguir el desempeño económico de los beneficiarios en un período largo de tiempo. Los resultados muestran que luego de controlar por diferencias, tanto observables como no observables con el grupo de control, los programas de Colciencias han sido muy efectivos en incrementar la productividad del trabajo de las firmas, siendo la diversificación de productos (innovación de productos) el principal canal detrás de este resultado.

Palabras clave: Financiación pública de la innovación, incentivos financieros, universidad-empresa-estado, evaluación de programas públicos.

Abstract

This chapter aims to assess the impact of the promotion programs for innovation administered by the Administrative Department for Science, Technology and Innovation (Colciencias). Although Colciencias has multiple programs, in this occasion we emphasize on those programs that provide financial incentives for R&D (non-reimbursable funds and contingency loans) and, at the same time, promote associations between firms, universities and other public research institutions. Unlike previous as-

* Inter-American Development Bank, Competitiveness and Innovation Division, gcrespi@iadb.org
† Inter-American Development Bank, Office of Strategic Planning and Development Effectiveness, lfigal@iadb.org y Universidad de San Andres, Victoria, Buenos Aires, Argentina
‡ Inter-American Development Bank, Office of Strategic Planning and Development Effectiveness, alessandrom@iadb.org
§ ECON ESTUDIO, Bogotá, Colombia, email: marcela.melendez@econestudio.com

sessments, it is worth to highlight that in this work it was used a richer database that allows for monitoring the economic performance of beneficiaries over a long period of time. The results show that after controlling for differences, both observable and unobservable with respect to the control group, Colciencias' programs have been very effective in increasing labor productivity of firms, especially through product diversification (product innovation).

Keywords: Public financing of innovation, financial incentives, university-industry-government, public program evaluation.

Introducción

Con el transcurso del tiempo la promoción de inversiones en I+D e innovación fue convirtiéndose en un pilar de las políticas públicas destinadas a fomentar la productividad no solo en países desarrollados sino también en muchas economías emergentes. En América Latina este esfuerzo ha enfrentado una brecha tecnológica persistente y creciente con respecto a economías desarrolladas y, en algunos casos, a otras economías emergentes de rápido crecimiento. En este contexto, la existencia de una baja participación del sector privado en inversiones en I+D ha sido siempre una constante preocupación. En respuesta a estos desafíos, los gobiernos latinoamericanos han venido introduciendo a lo largo de la historia varios instrumentos de política destinados a fomentar la I+D e innovación en el sector privado, incluyendo subsidios horizontales, fondos temáticos, líneas de crédito dirigidas y programas de contratación pública[1].

La adopción de estos instrumentos de política fue proliferando rápidamente y, en paralelo, la pregunta sobre su efectividad también fue ganando importancia. Un número creciente de estudios ha evaluado recientemente la eficacia de los diferentes instrumentos de política destinados a fomentar la innovación a nivel de la firma. La mayoría de estos estudios se focalizan en el llamado problema de *crowding-out* (desplazamiento), es decir, si los fondos públicos simplemente sustituyen los recursos privados sin inducir alguna inversión adicional. Este problema suele originarse a partir de la información asimétrica que existe entre el administrador público y el potencial beneficiario de la donación. En algunos casos, estas asimetrías de información pueden llevar a una situación en donde los efectos positivos potenciales de los fondos públicos no son evidentes debido a una transferencia interna de los fondos privados a otras inversiones, no generando así un incremento real en el gasto en I+D.[2]

A pesar de que los resultados no son totalmente conclusivos, la mayoría de los estudios tienden a rechazar la hipótesis de un total *crowding-out*. David, Hall & Toole (2000) y Klette, Moen & Griliches (2000) proporcionan una revisión exhaustiva de los principales estudios empíricos que miden el impacto de fondos públicos en la inversión en innovación de las firmas, en economías desarrolladas, durante los años 90. De acuerdo con David et al., dos tercios de los estudios reportan que en materia de I+D los fondos públicos no sustituyen las inversiones privadas. En la última década, este tipo de análisis se ha multiplicado gracias a la creciente disponibilidad de datos, y ha brindado algunas ideas adicionales sobre la efectividad del apoyo público a la innovación privada. Aschhoff (2009) presenta una revisión actualizada de los resultados más significativos de estos estudios. La mayoría de ellos confirman la ausencia de efectos totales de *crowding-out*, y algunos otros muestran evidencia de efectos multiplicadores en la inversión privada.[3] Algunos estudios centran su

1 Recientemente, algunos países también han experimentado con incentivos fiscales (en particular Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México). Sin embargo, los resultados son más limitados en tanto se trata de programas recientes (Brasil) o han restringido la cobertura a través de su diseño (por ej. en Chile donde los incentivos son restringidos a firmas que colaboran con instituciones públicas de investigación). Para una revisión de los impactos de los incentivos fiscales en países desarrollados ver Hall & Van Reenen (2000). Para una evaluación del caso colombiano ver Mercer-Blackman (2008).

2 Para una discusión completa sobre este tema ver Hall & Maffioli (2008).

3 Estos estudios incluyen a Fier (2002), Licht & Stadler (2003), Czarnotzki & Hussinger (2004) y Hussinger (2008).

atención en los efectos heterogéneos potenciales de los fondos públicos, sugiriendo que los subsidios son más efectivos para las firmas pequeñas o más nuevas, siendo esto consistente con el argumento de restricción financiera.[4] Otros estudios analizan la relación entre el monto del subsidio recibido y el tamaño del impacto, es decir, el llamado efecto de dosificación, encontrando algunos de ellos evidencia de efectos más grandes con más subsidios,[5] mientras que otros obtienen evidencia de rendimientos decrecientes.[6]

Pocos estudios analizan el efecto del apoyo público en productos de innovación (patentes, número de productos nuevos y ventas de productos nuevos) y en el desempeño de la firma. Al respecto, a pesar de que se detectan algunos efectos positivos, dichos resultados son en general inconclusos. La mayor dificultad en este caso es la necesidad de un horizonte largo de tiempo para poder detectar dichos efectos. De hecho, mientras que los efectos de *crowding-out* o multiplicadores pueden ser detectados casi en conjunto con la recepción de los fondos públicos, otros son identificables solo luego de que el proceso de innovación y aprendizaje ha llegado a su fin.[7] Esto implica que evaluaciones de impacto rigurosas que intenten medir tales efectos pueden requerir datos en panel, con un período mínimo de cinco años luego de la recepción del financiamiento público.

Hasta hace poco, la mayoría de las evaluaciones se focalizaban en países desarrollados, principalmente por la falta de datos en los países en desarrollo. Por esta razón, la literatura en países latinoamericanos es relativamente nueva, pero creciente. Hall & Maffioli (2008) sintetizan los resultados de una serie de evaluaciones de los Fondos de Desarrollo Tecnológico (FDT) en Argentina, Brasil, Chile y Panamá,[8] realizadas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) entre 2005 y 2007. Estos estudios consideran cuatro niveles de impacto potencial: (i) adicionalidad de insumos en I+D, (ii) adicionalidad del comportamiento, (iii) incrementos en productos de innovación, y (iv) mejoras en el desempeño. La evidencia muestra que los FDT no reemplazan la inversión privada y tienen un efecto positivo en la intensidad de la I+D. Adicionalmente, los FDT inducen en las firmas beneficiarias una actitud más proactiva en lo que respecta a la innovación. Sin embargo, estos estudios no encuentran efectos consistentes en patentes o en ventas de nuevos productos y la evidencia sobre el desempeño de las firmas es mixta, con resultados positivos en términos de crecimiento, pero poco impacto en lo referido a medidas de productividad. Considerando que esto puede deberse al período corto de tiempo en el que las evaluaciones son conducidas, Hall y Maffioli concluyen que son necesarias evaluaciones de impacto basadas en paneles de datos más largos en pos de arrojar luz sobre los efectos de largo plazo.

4 Estos estudios incluyen a Lach (2002), González, Jaumandreu & Pazó (2005), González & Pazó (2008).
5 Aschhoff (2009).
6 Lerner (1999).
7 Incluso, con respecto a la dinámica de las inversiones, la evidencia en Israel muestra que las compañías tienden a usar primero el componente de donación del proyecto de I+D apoyado, y luego, cuando están seguras de los resultados, tienden a incrementar, en algunos casos sustancialmente, el componente privado de los fondos. En conjunto hay un crowding-in pero el timing de la evaluación requiere también un estudio de este efecto (ver Lach, 1999).
8 La revisión incluye los siguientes estudios: Chudnovsky, López, Rossi & Ubfal (2006), Binelli & Maffioli (2007), Benavente, Crespi & Maffioli (2007), De Negri, Borges Lemos, & De Negri (2006a y 2006b).

Más recientemente, López Acevedo & Tan (2010) evalúan varios programas de fomento a las Pymes en México (Nafinsa, Bancomext, Conacyt, STPS y otros programas del Ministerio de Economía), Chile (Sence, Corfo, Prochile, Fontec), Colombia (Fomipyme) y Perú (Bonopyme, Prompyme, CITE). Los autores encuentran impactos positivos en ventas, productividad del trabajo y empleo en Chile, y mayor valor agregado, ventas, exportaciones y empleo en México. En Colombia, los resultados sugieren efectos positivos en ventas y beneficios. Confirmando los resultados de Hall & Maffioli, López Acevedo & Tan señalan que algunos de los impactos estimados no se materializan hasta después de varios años. Afirman entonces que la falta de impacto en estudios previos puede deberse a la dimensión corta de tiempo de las bases de datos disponibles, y remarcan la importancia no solo de controlar por sesgos de selección sino también dar cuenta de los rezagos de tiempo necesarios para estimar correctamente los efectos de las intervenciones.

El presente trabajo contribuye a esta literatura creciente analizando los efectos de largo plazo de los programas de Colombia que promueven la innovación a nivel firma a través de un esquema de fondos *no reembolsables*. Con el propósito de visibilizar los efectos dinámicos de largo plazo de los FDT, analizamos los impactos de los programas de *fondos no reembolsables* y de crédito manejados por Colciencias, usando para ello datos en panel que permiten detectar los efectos de largo plazo del programa. La evaluación se apoya en una base de datos única, generada fusionando registros administrativos de Colciencias con la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), ambas construidas y manejadas por la oficina de estadísticas colombiana: el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). En este contexto, estimamos el efecto de los fondos públicos en indicadores a nivel firma a lo largo de un período de 13 años.[9]

Nuestros resultados muestran que los fondos de Colciencias tuvieron un impacto significativo en el desempeño de las firmas. También proveen evidencia de que estos efectos permanecen y, en algunos casos, se incrementan con el transcurso del tiempo. De particular interés resultan ser los efectos en la productividad: a lo largo del período 1995 - 2007 los fondos de Colciencias tuvieron un impacto promedio en la introducción de nuevos productos y productividad del trabajo de alrededor de 12% y 15% respectivamente, siendo aún más significativos entre tres y cinco años luego de que las firmas comenzaron a ser tratadas. Estos hallazgos implican no solo que las firmas beneficiarias se vuelven más eficientes, sino que también crecen más y ganan una mayor porción del mercado en comparación con el grupo de control. La consecuencia es que los recursos económicos están siendo reasignados hacia firmas más productivas, impactando también en la productividad "en el agregado".

Estos resultados están basados en una especificación cuyo objetivo es remover sesgos debido a efectos fijos a nivel firmas (observables y no observables). Además, para testear la robustez de dichos resultados, combinamos las estimaciones por

9 Dada la confidencialidad de los datos, las estimaciones fueron conducidas siguiendo la política de acceso a microdatos del DANE, la cual implica trabajar en el lugar bajo la supervisión de su personal y con acceso blindado a información sensible.

efecto fijo con muestras de soporte común (basadas en características de las firmas, previas a la participación en el programa) y chequeamos endogeneidad estimando efectos anticipados. La principal limitación de nuestro enfoque es que el cruce de los datos solo puede ser hecho con registros de datos ya existentes. Por ende, el uso de la EAM restringe el análisis a firmas manufactureras y firmas con más de 10 empleados.

10.1. Antecedentes y marco institucional del programa Colciencias

Históricamente el sistema de innovación de Colombia ha seguido un camino evolutivo. De hecho, las primeras universidades fueron establecidas en 1803 con la creación de la Universidad Central de la República, precursora de la actual Universidad Nacional. Más recientemente fueron creados centros de investigación sectorial y de transferencia de tecnología para los principales sectores exportadores del país (tal como el del café y la caña de azúcar durante la década del 30). Sin embargo, desde el punto de vista institucional, un primer hito fue la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y del Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas", mediante el Decreto 2869 de 1968. Al comienzo, el foco de las intervenciones de política estuvo en la creación de capacidades del lado de la oferta, es decir, a través de fondos para becas de posgrado, infraestructura e investigación científica. A pesar de estos avances, hacia finales de los 80 el sistema global estaba todavía subdesarrollado, con un volumen de investigación científica y técnica demasiado pequeño en relación con los niveles regionales, con falta de suficientes recursos humanos avanzados y con una participación del sector productivo en el presupuesto nacional de I+D muy pequeña.

Frente a este escenario, la formulación de la Política Nacional de Ciencia y Tecnología para el período 1988 - 1992 hacía hincapié en la necesidad de mejorar la coordinación institucional dentro del sistema y también los vínculos con el sector privado. Un Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología fue puesto a cargo del diseño de las políticas del sector y de la coordinación de las actividades del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT), y Colciencias se convirtió en el secretariado técnico de dicho Consejo. Además, la implementación de políticas fue ampliada a través de fondos multilaterales, alentando en particular los vínculos entre centros de investigación y usuarios, y la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico dentro de las empresas, entre otras cosas. Durante los 90, a pesar del evidente aumento en el monto de los recursos canalizados hacia I+D y capacitación, estos arreglos institucionales no fueron suficientes para garantizar una corriente adecuada de fondos nacionales al sector. En efecto, durante aquel período el presupuesto de Colciencias fluctuó en línea con la disponibilidad del financiamiento multilateral. Adicionalmente, los vínculos entre la oferta y la demanda continuaron siendo débiles, mientras la falta de coordinación dentro del gobierno y las superposiciones continuaron siendo importantes. Teniendo en cuenta estas limitaciones es importante destacar que entre 1995 y 2002 se dio la institucionalización de nuevos actores como los centros

de desarrollo tecnológico (CDT), que abarcaron centros nacionales de desarrollo de sectores, incubadoras de empresas de base tecnológica, centros regionales de productividad y parques tecnológicos.

Desde el 2004, con mejoras en las condiciones macroeconómicas generales del país, el presupuesto de Colciencias comenzó a crecer nuevamente alcanzando los niveles de mediados de 1995, pero esta vez sin fondos multilaterales. El incremento en las prioridades nacionales hacia la ciencia y la tecnología se volvió incluso más evidente con la aprobación de la Ley 1286 en 2009, a través de la cual Colciencias fue elevado a la categoría de Departamento Administrativo (un Ministerio en términos prácticos) y se le otorgó independencia presupuestaria. Para el 2010 el presupuesto de Colciencias se dividió principalmente en tres estrategias de política nacional de CTI: (i) consolidación de capacidades para la CTI, principalmente a través del cofinanciamiento de investigación básica y aplicada llevada a cabo por las universidades y otras instituciones públicas de investigación (35% de su presupuesto de inversión); (ii) apoyo a la formación para la I+D, mediante la implementación de diferentes programas de becas para estudios de grado y posgrados (35% del presupuesto total de inversión) e (iii) innovación en empresas a través de la entrega de líneas de crédito y *fondos no reembolsables* (21% del presupuesto total de inversión)[10] (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnologia, 2012, p. 124). Todos estos recursos son asignados sobre la base de concursos, en función de la calidad de la propuesta técnica presentada por los postulantes y evaluada por un sistema de revisores. El eje de esta investigación son los programas de Colciencias que apoyan la innovación en las empresas. Uno de ellos es el programa Cofinanciación, que provee subvenciones de hasta el 50% del monto total del proyecto para grandes empresas y hasta el 70% para Pymes y microempresas y que, luego de los incentivos fiscales, es el principal mecanismo de apoyo a la innovación empresarial y a la colaboración universidad-industria en Colombia. De hecho, en este programa las firmas postulan a los fondos a través de la presentación de una propuesta de proyecto, en la que se debe indicar quién será el proveedor de servicios tecnológicos (una universidad o un CDT). Si es aprobado, Colciencias financia una proporción del costo total del proyecto (la parte restante es financiada por la empresa) y, a pesar de que el contrato de subvención es firmado por la empresa, el proveedor de tecnología y Colciencias, los recursos públicos son transferidos directamente al proveedor de tecnología. De acuerdo con Colciencias, esto minimiza las posibilidades de un uso inapropiado de los recursos (o *crowding-out*) por parte del sector privado. El segundo programa es una línea de crédito (llamada reembolso obligado) que provee financiación parcial para proyectos de innovación presentados por firmas individuales.

10 Colciencias administra también un programa de I+D vía créditos impositivos, sin embargo, estos recursos no son parte del presupuesto de Colciencias y, por ende, no se incluyen en los números previos. Los incentivos fiscales están presentes desde 1992 y comprenden un 25% de deducción sobre los gastos en ciencia y tecnología y exenciones de IVA para la compra de activos.

10.2. La racionalidad de los programas de innovación de Colciencias

La literatura económica ha documentado extensamente muchas fallas de mercado que llevan al sector privado a subinvertir en innovación.[11] Estas fallas de mercado surgen a partir de cuatro razones principales: (i) incompleta apropiabilidad de los beneficios de la innovación; (ii) información asimétrica y riesgo moral, que limitan el acceso a fondos externos —cuestión que es exacerbada por la naturaleza intangible de los activos acumulados a través de las inversiones en I+D—; (iii) incertidumbres tecnológicas y comerciales asociadas con la innovación de la empresa y (iv) externalidades de red y fallas de coordinación, principalmente relacionadas con la difusión de tecnologías de uso general (ver Aghion, David & Foray, 2009).

La primera, y más aceptada justificación para políticas de CTI, deviene de la necesidad de corregir las fallas de mercado causadas por la naturaleza de "bien público" del conocimiento.[12] Bajo esta mirada, los beneficios no apropiables asociados con la creación de conocimiento hacen que la inversión privada no alcance los niveles sociales óptimos. En respuesta a este problema, el sector público juega usualmente un rol principal en financiar inversiones en I+D. Para ello son adoptados diferentes modelos de intervención, no necesariamente mutuamente exclusivos, incluyendo desde el establecimiento de instituciones públicas de investigación hasta la provisión de subvenciones a la investigación a través de procesos competitivos y derechos de propiedad intelectual (DPI).

La presencia de información asimétrica en los mercados financieros es otra justificación clave para la financiación pública de actividades de investigación e innovación. La información asimétrica existente entre el prestamista y el prestatario en lo que respecta a los contenidos técnicos de los proyectos de innovación puede claramente limitar la disponibilidad de financiamiento privado. Considerando este problema, varios instrumentos de política son dirigidos a alivianar las restricciones financieras en la innovación, incluyendo subsidios públicos, incentivos impositivos, líneas de crédito dirigidas coadministradas por intermediarios financieros y agencias públicas especializadas en la evaluación de proyectos de innovación, e incluso instituciones públicas de capital de riesgo.

La falta de información técnica, los costos hundidos naturales de las inversiones en innovación y la alta e intrínseca incertidumbre sobre los resultados de investigación e innovación son sin duda razones adicionales para justificar la intervención pública en CTI. Es poco probable que proyectos con un componente significativo de investigación básica generen resultados con aplicación comercial en el corto plazo. A pesar de que esto puede desalentar inversiones privadas, los proyectos pueden tener todavía un retorno social alto debido a las habilidades y el conoci-

11 Ver, por ejemplo, Levin, Klevorick, Nelson, & Winter (1987), Mansfield, Schwartz & Wagner (1981), Martin & Scott (2001).

12 Desde el trabajo seminal de Nelson (1959) y Arrow (1962), el conocimiento científico y tecnológico ha sido definido como un bien público durable, es decir, no excluyente y no rival. Además, el carácter no rival del nuevo conocimiento intensifica la necesidad de crear incentivos que compensen por los beneficios no apropiables.

miento que se producen durante su desarrollo, al margen de los logros finales.[13] Para mitigar estos problemas los gobiernos usan subvenciones y subsidios que reducen el riesgo financiero de la innovación de la firma vía participación en los costos, promueven el uso de la contratación pública para reducir la incertidumbre y señalan a inversores privados sobre la rentabilidad de los proyectos, y fomentan los proyectos de colaboración universidad-industria permitiéndole a las firmas diversificar el riesgo, acceder a información técnica especializada y compartir el uso de equipos complejos y costosos.

Varias fallas de coordinación pueden requerir también intervenciones públicas. La baja apropiabilidad de la inversión en actividades de investigación causa externalidades que pueden beneficiar a firmas o agentes que operan en el mismo sector, incluyendo a competidores potenciales (*free riding*). En este caso, la coordinación de decisiones de inversión puede llevar a un mejor equilibrio, porque más proyectos de inversión resultan rentables, o porque los costos no son duplicados en esfuerzos separados que llevan a resultados idénticos. La creación de grupos de investigación o consorcios, incluyendo firmas, usuarios y proveedores de tecnología como universidades y CDT, permite a dichos grupos, por ejemplo, internalizar algunas externalidades de los resultados de investigación, reduciendo así la duplicación potencial de la inversión en el desarrollo de conocimiento con una aplicación comercial directa baja. En este sentido, la intervención pública es usualmente requerida para reducir los costos de transacción que pueden obstaculizar la formación de un consorcio y regular las actividades en pos de alcanzar el balance deseado entre cooperación y competencia.[14] Cercana a esta idea de fallas de coordinación está la teoría económica evolutiva[15] de que la innovación es el resultado de un aprendizaje colectivo, el cual es claramente dependiente de que las firmas construyan suficiente capacidad de absorción. A la luz de esta mirada, la intervención pública no solo se justifica a partir de los casos convencionales de fallas de mercado descritos anteriormente, sino también de fallas de coordinación, como la falta de suficientes vínculos entre los distintos actores del sistema de innovación y la falta de capacidades de absorción. Esta literatura ha dedicado un creciente nivel de atención a los beneficios sociales potenciales de la creación de redes y aprendizaje interactivo. Las firmas pueden beneficiarse de conexiones entre ellas, no solo por la falta de recursos, como la visión basada en los recursos que plantea dicha teoría, sino también por la necesidad de explorar y beneficiarse a partir de las bases de conocimientos de otras firmas.[16]

13 La incertidumbre puede ser, tanto técnica como comercial por naturaleza. En el primer caso, no es claro ex ante si los proyectos de investigación serán capaces de conseguir soluciones técnicas a ciertos problemas. En el segundo caso, la incertidumbre está relacionada con la dificultad de evaluar la disposición a pagar de los usuarios, por productos o servicios cuyas bondades no pueden ser testeadas aún. Finalmente, la incertidumbre e indivisibilidad de las inversiones en conocimiento causan incluso una mayor suboptimización en la asignación de los recursos.

14 La regulación puede permitir y fomentar entre las firmas la coordinación de su inversión en I+D durante la primera etapa del proyecto (por ej. la etapa de investigación básica) y luego forzarlas a entrar en una competencia a la Cournot o Bertrand en la segunda etapa (por ej. prototipo de desarrollo). Sobre este tema, ver, entre otros, Martin & Scott (2000).

15 Ver Nelson & Winter (1982), Dosi (1988), Dosi & Nelson (1994), Metcalfe (1994), Cimoli & Dosi (1995) y Teubal (1998).

16 De acuerdo con los enfoques de "redes de aprendizaje" (Powell, Koput & Smith-Doerr, 1996) y de "aprendizaje interactivo" (Lundvall, 1998, 1992 y Morgan, 1996), las redes facilitan el aprendizaje organizacional y actúan como un lugar/espacio de innovación. Así, "organizational learning is both a function of access to new knowledge and the capabilities of utilizing and building on such knowledge" (Powell, Koput & Smith-Doerr, 1994: 118).

Los programas de innovación de Colciencias presentan múltiples objetivos enmarcados dentro de las diferentes intervenciones. Por un lado, las firmas reciben un subsidio (con ratios que declinan de acuerdo con el tamaño de estas), que apunta en principio a la falta de apropiabilidad y financiamiento que daña la innovación, pero las intervenciones también generan incentivos para inducir a las firmas a que colaboren con otros actores del sistema de innovación, aliviando la incertidumbre y las fallas de coordinación que afectan el proceso de innovación.

10.3. Evaluación de los fondos de Colciencias: preguntas de investigación

En lo que respecta al análisis empírico, el objetivo es observar el impacto de los fondos de Colciencias en el desempeño de las firmas. De hecho, mirar los cambios en los esfuerzos en innovación es una condición necesaria pero no suficiente para inferir que el programa pudo tener un impacto positivo en el bienestar social. Por esta razón, queremos también determinar si el incremento potencial en la inversión, inducido por los programas, conduce a un mejor desempeño a nivel de la firma o, en otras palabras, a ganancias de productividad.

Con este propósito, usamos como indicador clave del desempeño de la firma la productividad del trabajo. Para ello definimos la productividad del trabajo como valor agregado (ventas menos insumos intermedios) dividido por el empleo total. Si bien reconocemos que un mejor indicador podría haber sido el de productividad total de los factores (PTF), no lo tuvimos en cuenta porque este requiere ciertos supuestos sobre el modelo de función de producción y también datos de más alta calidad sobre existencias de capital e inversión en capital fijo. Esto hubiese implicado un mayor nivel de complejidad debido a la necesidad de trabajar con datos que son contaminados con errores de medición, por lo cual preferimos trabajar con una medida limpia de productividad: la productividad del trabajo.

Para completar nuestro análisis, también exploramos los mecanismos a través de los cuales la productividad del trabajo pudo haberse incrementado como resultado del programa. En principio hay tres canales a considerar: (i) innovación de productos y diversificación, (ii) mayor eficiencia en la producción a través de ahorros en el trabajo e (iii) incremento en la intensidad del capital. Estos tres canales también serán evaluados en la presente investigación.[17] En cuanto a la innovación de productos y diversificación se utilizará una variable binaria que captura si la firma ha innovado en productos o no. Si bien esta variable no captura calidad de innovación como lo haría por ejemplo el número de productos nuevos que la firma fabrica, tiende a ser

17 Es cierto que entre los esfuerzos de innovación y los resultados de productividad debería haber resultados de innovación (tales como nuevos productos, nuevos procesos, patentes, etc.). A pesar de que la información sobre dichos resultados de innovación ya están incluidos en la EDIT, la misma no está incluida en la EAM, por lo que los resultados no pueden ser evaluados en estos términos.

una medida mucho más objetiva, por lo que también es utilizada en la literatura sobre estos temas.

10.4. Descripción de los datos

Para la estimación utilizamos dos fuentes de datos a nivel firma. La primera es la base de datos provista por Colciencias, que contiene la memoria de utilización por parte de las firmas de los instrumentos destinados a la promoción de la innovación de Colciencias, a saber: los montos monetarios recibidos de Colciencias y la modalidad bajo la cual fueron entregados, crédito o cofinanciación, desde 1995 a 2007.

La segunda es la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) aplicada por el DANE.[18] La encuesta representa un censo completo del sector manufacturero, que constituye aproximadamente el 15% del PIB de Colombia, y está disponible desde 1977. La misma recolecta información detallada de los procesos de producción y de actividad de las firmas (salidas, inversiones, entradas y gastos), y sobre su desempeño. Para el propósito de esta investigación construimos una base de datos en panel para el período 1995 - 2007 que nos permitió seguir el desempeño a lo largo del tiempo a nivel de planta (ver Anexo I). Eliminamos todas aquellas observaciones de plantas que aparecen una sola vez en los datos o que pertenecen a firmas propietarias de múltiples plantas, que no pueden ser cruzadas apropiadamente con la base de Colciencias.

Las dos bases de datos contienen identificadores de firmas que hacen posible su combinación para el propósito de nuestra estimación. La tabla 10.1 presenta una caracterización de las firmas manufactureras que participaron en los programas de Colciencias entre 1995 y 2007, de acuerdo con los datos provistos por Colciencias.

18 Los datos a nivel firma de la EAM son protegidos por una regulación de reserva estadística. Trabajamos en las oficinas del DANE en forma conjunta con sus funcionarios, gracias a un acuerdo especial de cooperación que facilita la investigación académica.

Tabla 10.1. Firmas manufactureras que utilizan programas de Colciencias

Año	No. de firmas	%	Producción (miles de U$S)	%	Empleo	%	Exportaciones (miles de U$S)	%	Activos fijos (miles de U$S)	%	Tamaño promedio de firma por producción (en miles de U$S)	Tamaño promedio de firma por empleo
1995	4	0,0	71.508	0.3	513	0,1			5.907	0,32	17.877	128
1996	12	0,1	139.018	0.6	2.093	0,5			13.369	0,52	11.585	174
1997	12	0,1	147.012	0.6	1.972	0,4			15.812	0,48	12.251	164
1998	20	0,2	353.985	1,5	5.554	1,3			99.933	2,23	17.699	278
1999	20	0,3	360.203	1,7	4.966	1,3			105.707	1,98	18.010	248
2000	19	0,2	348.211	1,4	4.312	1,1	60.848	2,1	79.946	1,22	18.327	227
2001	23	0,3	493.002	1,9	5.181	1,4	96.824	2,6	135.909	1,87	21.435	225
2002	32	0,4	759.490	3,0	7.399	2,0	184.321	4,4	308.682	3,88	23.734	231
2003	45	0,6	1.327.997	4,8	10.487	2,7	224.294	4,6	683.985	8,42	29.511	233
2004	50	0,7	1.563.395	5,1	12.004	2,9	310.902	5,8	675.102	7,64	31.268	240
2005	59	0,8	1.936.478	6,0	14.112	3,3	301.131	4,9	790.580	9,37	32.822	239
2006	59	0,8	2.145.227	6,0	14.633	3,2	506.327	7,0	906.058	9,81	36.360	248
2007	57	0,8	1.852.090	4,9	14.673	3,1	387.740	5,3	732.841	8,38	32.493	257

Fuentes: Colciencias, Encuesta Anual Manufacturera del DANE y cálculos propios. Los valores monetarios corresponden a pesos del 2008 convertidos en dólares al tipo de cambio promedio del año correspondiente. Los datos de exportaciones a nivel firma se encuentran disponibles en la EAM solo a partir del 2000

10.5. Metodología

Las estimaciones están fundamentadas en una base de datos longitudinal. La estructura de panel de esta base de datos nos permitió explotar la variabilidad entre firmas y la propia de las firmas para estimar el impacto de Colciencias. Asumiendo que la heterogeneidad no observable es constante en el tiempo, ciertos sesgos de selección potenciales pudieron ser mitigados usando un modelo de efectos fijos. Más precisamente, utilizamos la siguiente ecuación:

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \beta Colciencias_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

donde Y_{it} es el resultado de la firma i en el año t, y $Colciencias_{it}$ es la variable indicador de tratamiento. Este indicador de tratamiento fue definido como una variable binaria que toma valor uno desde el primer año de participación hasta el final del período en estudio. Bajo esta especificación, β estima el impacto promedio del programa a lo largo de todo el período de participación. Los efectos fijos individuales capturan todos los factores (tanto observables como no observables) que afectan la variable de resultado, que varían entre las firmas pero están fijos en el tiempo, mientras que λ_t es un efecto temporal (modelado como un conjunto de variables binarias) que afecta a todas las firmas de igual manera pero cambia con el tiempo. Finalmente, ε_{it} es el término de error usual. Las estimaciones de los errores estándar fueron agrupadas a nivel de la firma con el objetivo de tener en cuenta la posibilidad de correlación de los errores de la firma consigo misma.

Bajo el supuesto de heterogeneidad no observable constante en el tiempo, el modelo de efectos fijos nos arroja un estimador consistente de β, el impacto de Colciencias en la variable de resultado.

Si bien el impacto promedio sobre todo el período de participación es un indicador útil del efecto del programa, información adicional puede ser obtenida estudiando el efecto del programa en el tiempo. Para ello modificamos la ecuación (1), cambiando la variable de tratamiento por varias variables binarias que indican el número de años desde que la firma entró al programa:

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \sum_{j=0}^{k} \beta_j D_{it}^{j} + \varepsilon_{it} \qquad (2)$$

Así, D_{it}^{j} será igual a uno en el año j luego de la entrada al programa. Por ejemplo, D_{it}^{0} será igual a uno en el año de entrada, D_{it}^{j} será igual a uno en el primer año luego del año de entrada, y así sucesivamente.

A pesar de que bajo el supuesto de heterogeneidad no observable constante en el tiempo las regresiones (1) y (2) podrían arrojar estimadores consistentes del impacto del programa, los grupos de firmas tratadas y no tratadas pueden diferir en factores no observables que varían en el tiempo. La validez del estimador de diferencias-en-diferencias (efectos fijos) reside en el supuesto de identificación de que las tendencias de las variables de resultados serían iguales en ausencia del tratamiento. Sin embargo, este supuesto puede ser difícil de aceptar cuando las firmas

del grupo de control son muy heterogéneas y muy diferentes respecto de las firmas participantes, teniendo en cuenta que firmas que son muy distintas entre sí tienden también a seguir tendencias diferentes.

Con el objetivo de darle soporte a nuestro supuesto de identificación y chequear la robustez de los resultados obtenidos utilizando la muestra completa, construimos un soporte común de firmas asegurando que las firmas no-beneficiarias en dicha muestra fueran similares a las beneficiarias, no solo en términos de características observables sino también en cuanto a la dinámica pretratamiento de las variables de resultado. Para ello, estimamos el *propensity score* condicionando la información a dos o tres años antes de la participación en el programa (tabla 10.2). A partir de la tabla 10.2 se puede observar que los determinantes más importantes de la participación de las firmas en los programas de Colciencias son las ventas y la productividad y, en menor medida, el empleo y las exportaciones.

Luego, eliminamos de la muestra aquellas firmas que en los años previos a los programas de Colciencias eran muy diferentes a las firmas participantes. Las ecuaciones (1) y (2) fueron finalmente estimadas en la muestra de soporte común para chequear la robustez de los resultados.

10.6. Resultados

10.6.1. Datos en panel: muestra completa

La 10.3 resume la primera serie de resultados. La primera fila muestra que el impacto promedio del programa sobre todo el período es positivo para las cuatro variables de resultado de interés, a pesar de que es no significativa para la inversión/capital. De acuerdo con estas estimaciones, participar en Colciencias incrementa el empleo en 13%[19] y la productividad del trabajo en 16%; el número de productos se incrementa en 0,093. Cuando descomponemos la variable de tratamiento por años de participación, encontramos que el efecto en inversión sobre el capital es positivo para los tres primeros años y negativo luego, aunque ninguno de estos coeficientes es significativo.

El impacto en empleo es positivo para todos los años. Este efecto parece ser más fuerte luego del tercer año de tratamiento, y empieza a ser no significativo luego del sexto año. En cuanto a la productividad del trabajo, el impacto resulta ser positivo y bastante constante desde el segundo año de tratamiento. En esta primera parte, esta variable de resultado muestra un efecto significativo incluso luego de 8 años de participación (pero no así para el caso de 6/7 años). En lo que respecta al número de productos, los resultados sugieren que Colciencias tiene un efecto positivo y significativo de alrededor del 10% entre el segundo y el quinto año de participación.

19 [exp(beta)-1]*100.

Tabla 10.2. Regresión probit para *Propensity Score*

Variable	Coef.	Err. estd.
Edad t-1	-0,002	0,123
Ventas t-1	0,873**	0,378
Ventas t-2	-0,852**	0,337
Capital/empleo t-1	0,000	0,140
Inversión/capital t-1	-0,281	0,256
Inversión/capital t-2	-0,300	0,240
Empleo t-1	0,126	0,346
Empleo t-2	-0,812**	0,336
Capital humano t-1	0,221	0,819
Capital humano t-2	0,548	0,798
Productividad t-1	-1,184**	0,472
Productividad t-2	1,098***	0,395
Exportaciones t-1	-0,440	0,446
Exportaciones t-2	0,842**	0,411
Número de productos t-1	0,024	0,048
Número de productos t-2	-0,015	0,050
Participación mercado t-1	1,073	2,493
Participación mercado t-2	-0,780	2,501
Constante	-8,497	.
Número de obs.	16.049	
Pseudo R2	0,168	

Nota: * el coeficiente es significativo a un nivel del 10%, ** al 5%, *** al 1%; no asterisco significa que el coeficiente no es diferente de cero con significancia estadística. También se incluyeron varias cualitativas por región, sector y tamaño

Es importante mencionar que si bien nuestra base de datos permite investigar efectos del programa a largo plazo, es probable que los coeficientes correspondientes a los años más tardíos sean más imprecisos que el resto, teniendo en cuenta que solo un grupo pequeño de firmas ha sido seguido en un período extenso. Esto se evidencia, por ejemplo, en el caso del empleo: el error estándar del coeficiente para el primer año es 0,062, mientras que es igual a 0,157 para el octavo año. Por tanto, la falta de significancia en estos coeficientes no implica necesariamente la ausencia de impacto, sino que puede deberse a la alta varianza de los estimadores.

10.6.2. Muestra de soporte común

En la segunda serie de resultados restringimos la muestra para asegurar que las firmas participantes fueran comparables con las firmas no tratadas, es decir, similares en términos de características observables ex ante, usando el método de *Propensiy Score* (tabla 10.2). Este método nos permitió definir un soporte común, basado en información previa al tratamiento.

Es importante remarcar que al interpretar estos nuevos resultados se espera que los estimadores tengan errores estándar más altos, dado que el tamaño de la muestra es significativamente más pequeña (de hecho, el número de observaciones se reduce aproximadamente a un tercio de la muestra original). Por consiguiente, es posible que la significancia de los coeficientes sea más pequeña. Sin embargo, al imponer el

Tabla 10.3. Estimaciones – Muestra completa

	Inversión/capital		Ln (empleo)		Ln (prod. del trabajo)		Innovación de productos	
Colciencias	0,034		0,126**		0,153***		0,093**	
	[0,029]		[0,056]		[0,045]		[0,043]	
1er año		0,041		0,122*		0,056		0,062
		[0,047]		[0,062]		[0,048]		[0,040]
2do año		0,031		0,103*		0,139***		0,096**
		[0,054]		[0,060]		[0,052]		[0,041]
3er año		0,178		0,172**		0,123**		0,105**
		[0,121]		[0,069]		[0,055]		[0,050]
4to/5to año		-0,010		0,175***		0,170***		0,110**
		[0,047]		[0,061]		[0,055]		[0,054]
6to/7mo año		-0,037		0,104		0,092		0,092
		[0,059]		[0,085]		[0,089]		[0,069]
8vo/+ años		-0,010		0,133		0,253**		0,091
		[0,086]		[0,157]		[0,114]		[0,091]
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Dummies de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	84.208	84.208	84.910	95.963	84.910	95.963	84.950	96.014
Número de firmas	10.470	10.470	10.548	11.313	10.548	11.313	10.551	11.318

Nota: * el coeficiente es significativo a un nivel del 10%, ** al 5%, *** al 1%; no asterisco significa que el coeficiente no es diferente de cero con significancia estadística. Errores estándar robustos entre corchetes

soporte común se quiso, por otro lado, reducir el sesgo de los estimadores en tanto se asegura que las firmas tratadas y no tratadas sean comparables. La segunda tanda de resultados se representa en la tabla 10.4. En este caso, el efecto de alrededor del 9% en inversión/capital se vuelve significativo a nivel del 1%. El impacto en empleo y productividad del trabajo parecen ser robustos y se incrementan levemente a un 17% y 16% respectivamente.

El efecto en el número de productos también se incrementa, pero ahora es solo significativo al 10%. Los coeficientes por años de tratamiento muestran valores muy similares comparados con los resultados previos, pero en general con errores estándar más altos. Como resultado, muchos de ellos se vuelven no significativos en la muestra macheada. Sin embargo, este chequeo de robustez sugiere que el sesgo en los resultados previos es pequeño. Finalmente, un test de robustez adicional consiste en adicionar a la ecuación (2) variables binarias de futura participación, por ejemplo, una variable binaria que tome el valor uno en el año previo a la entrada del programa. Si el supuesto de identificación de tendencias ex ante paralelas se cumple, entonces estas variables deberían ser no significativas. De hecho, dado que el programa no puede tener un efecto en las variables de resultados antes de la participación en el mismo, la significancia de alguna de estas variables sugeriría que estas variables binarias de tratamiento están capturando diferencias entre los tratados y no tratados que no están siendo tomadas en cuenta. Los resultados de este chequeo de robustez son presentados en la tabla 10.5. Las variables binarias de anticipación al tratamiento son significativas al 10% para empleo, sugiriendo que algunas diferencias no observables que varían en el tiempo entre los grupos podrían estar sesgando los coeficientes para esta variable

de resultado. Sin embargo, las variables binarias de anticipación al tratamiento no son significativas para el resto de las variables de resultado.

Tabla 10.4. Estimaciones – Muestra de soporte común

	Inversión/capital		Ln (empleo)		Ln (prod. del trabajo)		Innovación de productos	
Colciencias	0,087***		0,159**		0,149**		0,124*	
	[0,033]		[0,077]		[0,064]		[0,068]	
1er año		0,090		0,145		0,045		0,079
		[0,059]		[0,101]		[0,068]		[0,068]
2do año		0,079		0,117		0,126*		0,112*
		[0,058]		[0,099]		[0,075]		[0,068]
3er año		0,217*		0,168*		0,104		0,125*
		[0,114]		[0,100]		[0,068]		[0,074]
4to/5to año		0,042		0,173*		0,146**		0,133*
		[0,060]		[0,091]		[0,071]		[0,080]
6to/7mo año		0,040		0,102		0,092		0,135
		[0,073]		[0,112]		[0,095]		[0,091]
8vo/+ años		0,047		0,090		0,301**		0,151
		[0,098]		[0,160]		[0,135]		[0,111]
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Dummies de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Soporte común			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	36.355	36.356	36.468	39.409	36.468	39.409	36.473	39.415
Número de firmas	2.997	2.998	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997	2.997

Nota: *el coeficiente es significativo a un nivel del 10%, ** al 5%, *** al 1%; no asterisco significa que el coeficiente no es diferente de cero con significancia estadística. Errores estándar robustos entre corchetes.

Tabla 10.5. Chequeos de robustez - Muestra de soporte común

	Inversión/capital	Ln (empleo)	Ln (prod. del trabajo)	Innovación de productos
1er año	0,081	0,174	0,044	0,102
	[0,060]	[0,115]	[0,076]	[0,082]
2do año	0,071	0,145	0,126	0,134*
	[0,059]	[0,113]	[0,081]	[0,079]
3er año	0,208*	0,196*	0,104	0,148*
	[0,116]	[0,114]	[0,075]	[0,086]
4to/5to año	0,034	0,202*	0,146*	0,156*
	[0,062]	[0,105]	[0,077]	[0,091]
6to/7mo año	0,031	0,130	0,091	0,158
	[0,074]	[0,125]	[0,100]	[0,101]
8vo/+ años	0,038	0,119	0,301**	0,173
	[0,099]	[0,169]	[0,138]	[0,119]
Lead 1	-0,082	0,163*	-0,031	0,132
	[0,070]	[0,093]	[0,073]	[0,085]
Lead 2	-0,004	0,120*	0,022	0,093
	[0,037]	[0,068]	[0,063]	[0,086]
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí	Sí
Dummies de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí
Soporte común	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	36.268	39.409	39.409	39.415
Número de firmas	2.997	2.997	2.997	2.997

Nota: * el coeficiente es significativo a un nivel del 10%, ** al 5%, *** al 1%; no asterisco significa que el coeficiente no es diferente de cero con significancia estadística. Errores estándar robustos entre corchetes.

10.7. Conclusiones

Este trabajo tiene como objetivo evaluar los impactos de los programas de promoción de la innovación administrados por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). A pesar de que la agencia implementa múltiples programas, el foco de esta investigación está puesto en aquellos que proveen incentivos financieros para I+D (*fondos no reembolsables* y créditos contingentes) y al mismo tiempo fomentan la creación de vínculos entre firmas, universidades y otras instituciones públicas de investigación. A diferencia de evaluaciones previas, una característica sobresaliente de la presente investigación fue la posibilidad de utilizar una base de datos más rica que permitió seguir el desempeño económico de los beneficiarios, en un período largo de tiempo. Los resultados muestran que luego de controlar por diferencias, tanto observables como no observables con el grupo de control, los programas de Colciencias han sido muy efectivos en incrementar la productividad del trabajo de la firma, y que un posible principal canal detrás de este resultado es la diversificación de productos (innovación de productos). Este canal ha sido estudiado anteriormente por Caballero, Torrado, Becerra, & Retana de la Peza (2011), quienes muestran cómo impacta la innovación de productos y procesos en el empleo utilizando la EAM. Por otro lado, los efectos en empleo e inversión en capital son más modestos, sugiriendo en principio que el principal canal de transmisión es la productividad total de los factores.

Los resultados descritos poseen una doble importancia: en primer lugar confirman que los programas públicos de promoción de la innovación son efectivos a nivel de firma, no solo para promover la innovación a través de la introducción de nuevos productos, sino también para fomentar su desempeño a largo plazo. En segundo lugar, muestran que las evaluaciones de impacto de largo plazo de estos proyectos permiten detectar consecuencias en algunas de las variables de interés más relevantes. Esto no significa necesariamente que las evaluaciones de impacto finales deban llevarse a cabo luego de cinco años de la ejecución del proyecto. Las evaluaciones podrían enfocarse, en cambio, en las primeras cohortes de firmas tratadas, de manera tal que para el final del programa algunos resultados en el desempeño puedan ser también evaluados. Este es precisamente el enfoque adoptado por el Congreso de los Estados Unidos para la evaluación del programa de Investigación en Innovación de las Pequeñas Empresas (SBIR por sus siglas en inglés). En el momento en que el programa fue aprobado (comienzos de la década del 80), el Congreso pidió a la Administración de Pequeñas Empresas (SBA) asegurar que los beneficiarios de las primeras tres cohortes fueran seguidos a lo largo de la siguiente década (Lerner, 2002).

Anexo 5.1. Estadística descriptiva del universo de observaciones de firmas en la EAM entre 1995 - 2007 (No participantes Colciencias - Participantes Colciencias - Total)

Variable	Observaciones	Media	Desvío estándar
No participantes			
Inversión (I/K)	94.274	0,27	0,64
Empleo	95.544	3,35	1,25
Empleo gerencial	96.242	0,35	0,23
Empleo profesional	56.936	0,08	0,13
Productividad del trabajo	95.544	10,92	0,95
Productividad total de los factores	93.101	2,54	0,59
Exportaciones	46.758	0,06	0,17
Número de productos	95.595	1,09	0,78
Participación de mercado	95.595	0,01	0,06
Servicios técnicos	77.900	0,02	0,03
Gastos en publicidad	77.900	0,01	0,02
Regalías	77.900	0,00	0,02
Participantes			
Inversión (I/K)	417	0,22	0,51
Empleo	419	4,92	1,11
Empleo gerencial	422	0,41	0,16
Empleo profesional	348	0,19	0,14
Productividad del trabajo	419	11,68	1,02
Productividad total de los factores	417	2,55	0,58
Exportaciones	345	0,16	0,22
Número de productos	419	1,41	0,80
Participación de mercado	419	0,09	0,15
Servicios técnicos	419	0,02	0,04
Gastos en publicidad	419	0,01	0,02
Regalías	419	0,00	0,01
Total			
Inversión (I/K)	94.691	0,27	0,64
Empleo	95.963	3,36	1,26
Empleo gerencial	96.664	0,35	0,23
Empleo profesional	57.284	0,08	0,13
Productividad del trabajo	95.963	10,93	0,95
Productividad total de los factores	93.518	2,54	0,59
Exportaciones	47.103	0,06	0,17
Número de productos	96.014	1,09	0,78
Participación de mercado	96.014	0,01	0,06
Servicios técnicos	78.319	0,02	0,03
Gastos en publicidad	78.319	0,01	0,02
Regalías	78.319	0,00	0,02

Referencias

Aghion, P., David P. & Foray, D. (2009). Science, Technology and Innovation for Economic Growth: Linking Policy Research and Practice in STIG Systems. *Research Policy,* 681 - 693.

Arrow, K. (1962). Economics Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In R. Nelson (ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity.* Princeton: Princeton University Press, p. 164 - 181.

Aschhoff, B. (2009). The Effect of Subsidies on R & D Investment and Success – Do Subsidy History and Size Matter? ZEW Discussion Paper No. 09-032, Mannheim.

Benavente J. M., Crespi, G., & Maffioli, A. (2007). Public Support to Firm Innovation: The Chilean FONTEC Experience. OVE Working Papers 0407, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

Binelli, C., & Maffioli, A. (2007). A Micro-econometric Analysis of Public Support to Private R & D in Argentina. *International Review of Applied Economics,* 21(3): 339 - 359.

Caballero, A., Torrado, M. P., Becerra, K. O. & Retana de la Peza, M. (2011). *Innovation and employment: evidence from Colombian manufacturing firms*. Research Project funded by the Diagnostic Facility for Shared Growth at the World Bank and also a collaborative work with team of the Project KCP-RG 1164 Innovation and Employment at the IDB.

Chudnovsky, D., López, A., Rossi, M. & Ubfal, D. (2006). *Evaluating a Program of Public Funding of Private Innovation Activities. An Econometric Study of FONTAR in Argentina.* OVE Working Papers 1606, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

Cimoli, M. & Dosi, G. (1995). Technological Paradigms, Patterns of Learning and Development. An Introductory Roadmap. *Journal of Evolutionary Economics*, 5(3): 243 - 268.

Czarnitzki, D. & Fier, A. (2002). Do innovation subsidies crowd out private investment? Evidence from the German service sector. *Konjunkturpolitik - Applied Economics Quarterly* 48(1): 1 - 25.

Czarnitzki, D. & Hussinger, K. (2004). The Link between R & D Subsidies, R & D Spending and Technological Performance. ZEW Discussion Paper No. 04-56, Mannheim.

David, P., Hall, & Toole, A. (2000). Is Public R & D a Complement or Substitute for Private R & D? A Review of the Econometric Evidence. *Research Policy,* 29, p. 497 - 529.

De Negri, J. A., Borges Lemos, M. & De Negri F. (2006a). The Impact of University Enterprise Incentive Program on the Performance and Technological Efforts of Brazilian Industrial Firms. OVE Working Papers 1306, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

De Negri, J. A., Borges Lemos, M. & De Negri, F. (2006b). Impact of P & D Incentive Program on the Performance and Technological Efforts of Brazilian Industrial Firms. OVE Working Papers 1406, Inter-American Development Bank, Office of Evaluation and Oversight (OVE).

Dosi C., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G. & Soete, L. (editors). (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.

Dosi, C. & Nelson, R. (editors). (1994). An Introduction to Evolutionary Theories in Economics. *Journal of Evolutionary Economics*, 4(3): 153 - 172.

Dosi, G. (1988). Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26(3): 1120-71, September.

Fier, A. (2002). Staatliche Förderung industrieller Forschung in Deutschland: Eine empirische Wirkungsanalyse der direkten Projektförderung des Bundes, Baden-Baden: Nomos-Verl.-Ges.

Gonzalez X. & Pazo, C. (2008). Do public subsidies stimulate private R&D spending? *Research Policy*, 37(3): 371 - 389.

González, X., Jaumandreu, J. & Pazo C. (2005). Barriers to Innovation and Subsidy Effectiveness. *RAND Journal of Economics*, vol. 36(4): 930 - 949, Winter.

Hall, B. & Maffioli, A. (2008). Evaluating the Impact of Technology Development Funds in Emerging Economies: Evidence from Latin America. NBER Working Paper No. 13835, National Bureau for Economic Research, Cambridge, MA.

Hall, B. & Van Reenen, J. (2000). How effective are fiscal incentives for R & D? A review of the evidence. *Research policy*, 29(4-5): 449 - 469.

Hussinger, K. (2008). R & D & Subsidies at the Firm Level: An Application of Parametric and Semi-Parametric Two-Step Selection Models. *Journal of Applied Econometrics* 23: 729 - 747.

Klette, T. J., Møen, J. & Griliches, Z. (2000). Do subsidies to commercial R & D reduce market failures? Microeconometric evaluation studies. *Research Policy*, Elsevier, 29(4-5): 471 - 495, April.

Lach, S. (1999). Labor Productivity in Israel's Manufacturing Industry, 1990 - 1994. *Bank of Israel Economic Review,* 72: 23-49, November.

Lach, S. (2002). Do R & D subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel. *Journal of Industrial Economics*, 50(4): 369 - 390.

Lerner, J. (2002). When bureaucrats meet entrepreneurs: The design of effective "public venture capital" programmes. *Economic Journal*, 112(477), F73 - F84.

Lerner, J. (1999). The government as venture capitalist: The long-run impact of the SBIR program. *Journal of Business*, 72(3): 285 - 318.

Levin, R., Klevorick, A., Nelson, R. & Winter, S. (1987). Appropriating returns from industrial research and development. *Brookings Papers on Economic Activity,* 3: 783 - 831.

Licht, G. & Stadler, M. (2003). Auswirkungen öffentlicher Forschungsförderung auf die private F & E-Tätigkeit: Eine mikroökonometrische Evaluation. In: Franz, W., H. J. Ramser and M. Stadler (editors). *Empirische Wirtschaftsforschung, Methoden und Anwendungen, Wirtschaftswissenschaftliches Seminar Ottobeuren,* Tübingen, 32: 213 - 239.

López-Acevedo, G. & Tan, H. (2010). *Impact Evaluation of SME Programs in Latin America and the Caribbean. The International Bank for Reconstruction and Development*. Washington, D. C.: The World Bank.

Lundvall, B. (1988). Innovation as an Interactive Process: from User-Producer Interaction to the National System of Innovation. In G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L, Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory.* London: Pinter.

Lundvall, B. (Editor). (1992). *National System of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning.* London: Pinter.

Mansfield, E., Schwartz, M. & Wagner, S. (1981). Imitation Costs and Patents: An Empirical Study. *Economic Journal* 91, 907 - 918.

Martin, S. (2000). The Evaluation of Strategic Research Partnerships. *Technology Analysis & Strategic Management,* 15(2): 159 - 176.

Martin, S. & Scott, J. (2000). The Nature of Innovation Market Failure and the Design of Public Support for Private Innovation. *Research Policy*, 12, 437 - 447.

Mercer-Blackman, V. (2008). The Impact of Research and Development Tax Incentives on Colombia's Manufacturing Sector: What Difference Do They Make?. IMF Working Paper WP/08/178.

Metcalfe, J. S. (1994). Evolutionary Economics and Technology Policy. The Economic Journal, 104, 931 - 944.

Morgan, K. (1996). Learning by interacting: inter-firm networks and enterprise support. In OECD, (ed.), Network of enterprise and local development. Paris: OECD Publication.

Nelson, R. (1959). The Simple Economics of Basic Scientific Research. Journal of Political Economy, 67(3): 297 - 306.

Nelson, R. & Winter, S. (1982). An Evolutionary Theory of Economical Change. Cambridge, MA and London: Harvard University Press.

Powell W., Koput, K. & Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 41,116 - 145.

Teubal, M. (1998). Marco de políticas para el financiamiento de la innovación en economías en vías de industrialización [SDS Working Paper].

Capítulo 11

Regalías para la ciencia, la tecnología y la innovación: el caso colombiano

Claudia Jimena Cuervo*
Laura López Fonseca†

Resumen

Este artículo presenta un análisis sobre algunos países latinoamericanos que han visto en la inversión de recursos provenientes de regalías en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) una opción para estimular el crecimiento y desarrollo económico. De igual forma, se hace un balance del proceso de implementación del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías en Colombia. Dentro de los principales resultados se destaca el aumento de la inversión en actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación para Colombia lo cual puede significar que la inversión en I+D sobre el PIB llegue a cerca de 0,27%; sin embargo, existen retos importantes que se encuentran bastante alineados con la experiencia chilena y brasileña; especialmente se plantean desafíos en cuanto a la articulación de una visión regional y de actores para consolidar proyectos con alto impacto regional usando como medio la CTeI.

Palabras clave: CTeI, regalías, desarrollo regional.

Abstract

This paper aims to analyze how some Latin-American countries have used royalties investment STI as a choice of economic growth and development. Furthermore, the paper presents a balance of the implementation process of Fund for Science, Technology and Innovation of the General Royalties System in Colombia. As an important result we can highlight the increase in the investment in Science, Technology and Innovation activities, which could be the 0,27% in I+D on GDP. Nevertheless there are significant challenges that to be are quite aligned with Chilean and Brazilian experiences, especially with the articulation

* Ingeniera industrial Universidad Nacional de Colombia, con especialización en Gestión para el Desarrollo Empresarial y candidata a magíster en Ingeniería Industrial. Directora de la Dirección de Innovación y Desarrollo Tecnológico de Colciencias. Correo: cjcuervo@colciencias.gov.co
† Economista con maestría en Ciencias Económicas Universidad Nacional de Colombia. Asesora Dirección de Redes del Conocimiento de Colciencias. Correo: lllopez@colciencias.gov.co
Las opiniones consignadas en este artículo no comprometen a la institución donde trabajan las autoras.
Un agradecimiento especial a Ángela Milena Niño, asesora de la Dirección de Redes del Conocimiento de Colciencias por su apoyo con la información geoestadística presentada en este documento.

of a regional vision of actors to consolidate regional high impact projects using the medium of STI.

Keywords: STI, Royalties, Regional Development.

Introducción

La creación de un fondo de compensación o de ahorro suele ser una de las medidas utilizadas por los hacedores de política para mitigar los efectos que puede conllevar una bonanza económica en un país particular. El principal objetivo es regular la entrada de divisas, aumentar el nivel de ahorro y reorientar la inversión. Parte del éxito de esta política ha sido la inversión de nuevos recursos provenientes de regalías en actividades que representen mayor valor agregado y una productividad diferente a la de las actividades que generaron la bonanza económica. Con ello se intenta disminuir los riesgos de presentar lo que se ha denominado "enfermedad holandesa", término acuñado a raíz del comportamiento económico observado en la década de los cincuenta en Holanda como producto de la explotación de las reservas de gas en el mar del Norte, que desembocó en una significativa disminución de las exportaciones de bienes industrializados así como una alta apreciación real de la moneda nacional (Álvarez & Fuentes, 2006).

Colombia, desde el 2010, identificó un alto potencial para la explotación de recursos no renovables por parte de empresas nacionales y extranjeras. Para inicios de la administración del presidente Juan Manuel Santos se preveía que los recursos obtenidos por este tipo de explotación generarían ingresos, en promedio, de 3,5 mil millones de dólares anuales. Precisamente, en su Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010 - 2014: "Prosperidad para todos" se sentaron las bases para la creación del nuevo Sistema General de Regalías (SGR) y se abrió la oportunidad de invertir el 10% de los recursos obtenidos por este concepto en un nuevo Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (en adelante FCTeI) del SGR, a través de proyectos de impacto regional en los que se reflejará el uso de la ciencia, la tecnología y la innovación como un medio para mejorar el desarrollo económico y social del país. Adicionalmente, en dicho PND se reconoció a la innovación como una de las locomotoras de desarrollo (DNP, 2010).

En el 2011 se inició la implementación del PND y la puesta en marcha del FCTeI del SGR, proceso que implicó un nuevo rol de Colciencias dentro del Sistema Nacional de CTeI, la interrelación con nuevos actores dándole una importancia significativa a las entidades territoriales, y la generación de varios aprendizajes en los procesos de aprobación de estos nuevos tipos de proyectos de CTeI.

Este artículo busca presentar los principales resultados de la primera aprobación de programas y proyectos realizada por el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del FCTeI del SGR, así como las lecciones aprendidas y los retos para invertir los recursos de regalías, los cuales seguirán siendo una de las principales fuentes para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país. El documento está organizado en cinco partes, siendo esta introducción la primera de ellas; en la segunda se presentarán algunos antecedentes latinoamericanos sobre el uso de regalías para inversión en CTeI; en la tercera se expondrá la inversión de regalías que ha venido realizándose en Colombia, su funcionamiento, así como los principales resultados de los programas y proyectos aprobados; la cuarta enmarcará algunos retos importantes para los actores que participan en el FCTeI del SGR y, finalmente, se relacionarán algunas conclusiones.

11.1. Revisión internacional sobre el uso de regalías para CTeI

Los sistemas nacionales de innovación conforman un complejo de actores e instituciones que están directamente relacionados con la generación, difusión y apropiación de la innovación, así como las relaciones entre ellos (Chung, 1996; Johnson, 1992; Lundvall 1988, 1992). Por su parte, los sistemas regionales de innovación se caracterizan por un juego de actores que refuerzan la capacidad de innovación y competitividad a través del conocimiento local (Doloreux & Parto, 2005; Storper, 1995) y, adicionalmente, desarrollar procesos de coordinación con la política nacional y la implementación de esta a nivel regional (Ranga, 2011).

La disparidad de capacidades regionales ha sido una preocupación que ha llevado a muchos países a enfocar la formulación de políticas hacia la implementación de estrategias de desarrollo regional, con el fin de crear convergencia en materia de bienestar económico y social. Un mecanismo gubernamental para resolver estas brechas económicas y sociales, acorde con las políticas nacionales, es implementar estrategias de desarrollo regional sustentadas en la ciencia, la tecnología y la innovación que representen una solución a mediano y largo plazo.

Son varias las experiencias orientadas hacia la convergencia regional usando la CTeI. En general, se ha observado que especialmente en los países ricos en recursos naturales las regalías obtenidas por la explotación de estos se utilizan como una fuente para mejorar los sistemas de coordinación entre el orden nacional y regional, y aumentar el desarrollo mediante la diversificación productiva.

Durante las últimas dos décadas países como Chile y Brasil han venido generando prácticas con el uso de los recursos obtenidos de la explotación de los recursos minero energéticos. El común denominador de estas experiencias ha sido la creación de fondos regionales donde se ahorran e invierten estos recursos en proyectos que mejoren la productividad y competitividad de las regiones.

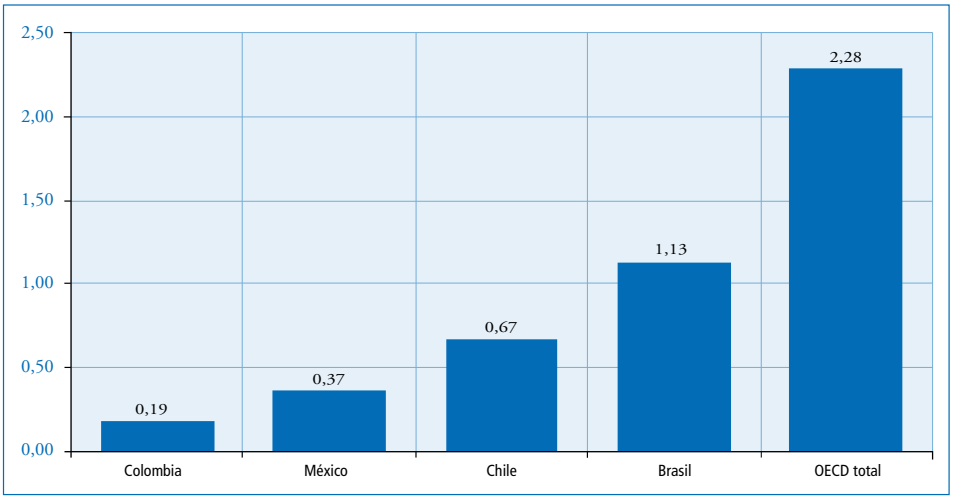
Esta sección presenta los principales resultados y experiencias de los países latinoamericanos que han visto en los ingresos de la explotación minero energética una oportunidad para fortalecer los sistemas regionales de innovación y disminuir brechas socioeconómicas, resultados que sin dudan pueden ayudar al actual reto colombiano.

11.1.1. Bajo desempeño latinoamericano en la inversión de CTeI

La disminución de brechas con base en la generación de capacidades de CTeI se ha convertido en un factor determinante para el desarrollo económico y social; este es un objetivo estratégico no solo para los países en vía de desarrollo, sino que sigue siendo una política de constante intervención en países como China, Estados Unidos, Corea o Alemania, quienes han registrado y han mantenido altas tasas de inversión en I+D como porcentaje del PIB (OCDE, 2010).

Contrariamente, el bajo desempeño de los países latinoamericanos resulta desalentador. La gráfica 11.1 permite observar los registros de inversión en I+D con respecto al PIB en el 2010, año en que Colombia invirtió el 0,19%, México el 0,37%, Chile 0,67% y Brasil el 1,13%, porcentajes bastantes lejanos comparados con la inversión que han venido haciendo países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).

Gráfica 11.1. Inversión en I+D como porcentaje del PIB, 2010



Fuente: Elaborado por Colciencias con base en OCDE, 2010

Una posible consecuencia de este nivel de inversión en I+D es la baja capacidad de los países latinoamericanos, tanto para aplicar el conocimiento dentro de la producción interna como para introducir bienes con alto contenido tecnológico en el mercado. Los que lograron sobresalir en la incorporación de alto contenido tecnológico en sus exportaciones manufactureras fueron Brasil (10%) y México (17%), sin embargo es un nivel de inversión moderado en comparación con los resultados observados por Estados Unidos (18%) y Corea del Sur (26%). Colombia, por su parte, reportó apenas el 4% de alto contenido tecnológico en sus exportaciones manufactureras (Banco Mundial, 2012; Colciencias, 2013).

A pesar de este bajo desempeño de los países latinoamericanos, y debido en a la alta riqueza de recursos naturales, se ha visto en los ingresos obtenidos de la explotación de estos una oportunidad para cerrar brechas internas, por un lado fortaleciendo los sistemas regionales de innovación y, por el otro, invirtiendo estos recursos en actividades que generen mayor valor agregado a la producción, disminuyendo con esto las probabilidades de caer en la llamada enfermedad holandesa y en la trampa de la riqueza de los recursos naturales[1].

1 La enfermedad holandesa también se ha relacionado con lo que se denomina la trampa de los recursos naturales: "El descubrimiento de recursos naturales valiosos en un contexto de pobreza se convierte en una trampa. Lo lógico sería que tal descubrimiento sirviese de catalizador para alcanzar la prosperidad, y efectivamente, en ocasiones es así, pero son casos excepcionales" (Collier, 2008, p. 75).

11.1.2. Caso Chile

Uno de los países que ha venido registrando altas tasas de crecimiento económico en América Latina ha sido Chile. Varios analistas han atribuido el crecimiento de este país al nivel de comercio internacional, así como a su alta dependencia minero energética. No obstante, y a pesar de tener un desempeño orientando al sector de servicios, ha registrado una inversión del 0,67% en I+D sobre el PIB, proporción bastante cercana al promedio latinoamericano que es del 0,75% (Ricyt, 2010).

Frente a su capacidad de innovación, varios de sus indicadores muestran un valor por encima del promedio de los países que conforman la OCDE; el porcentaje de inversión en I+D por extranjeros, así como el porcentaje de empresas colaboradoras en el proceso de innovación, el de patentes con coinventores extranjeros, el de empresas que introducen innovaciones en el mercado y el de empresas con innovaciones no tecnológicas, pues a pesar de no superar el promedio de los países de la OCDE sí ha estado aproximándose bastante (gráfica 11.2).

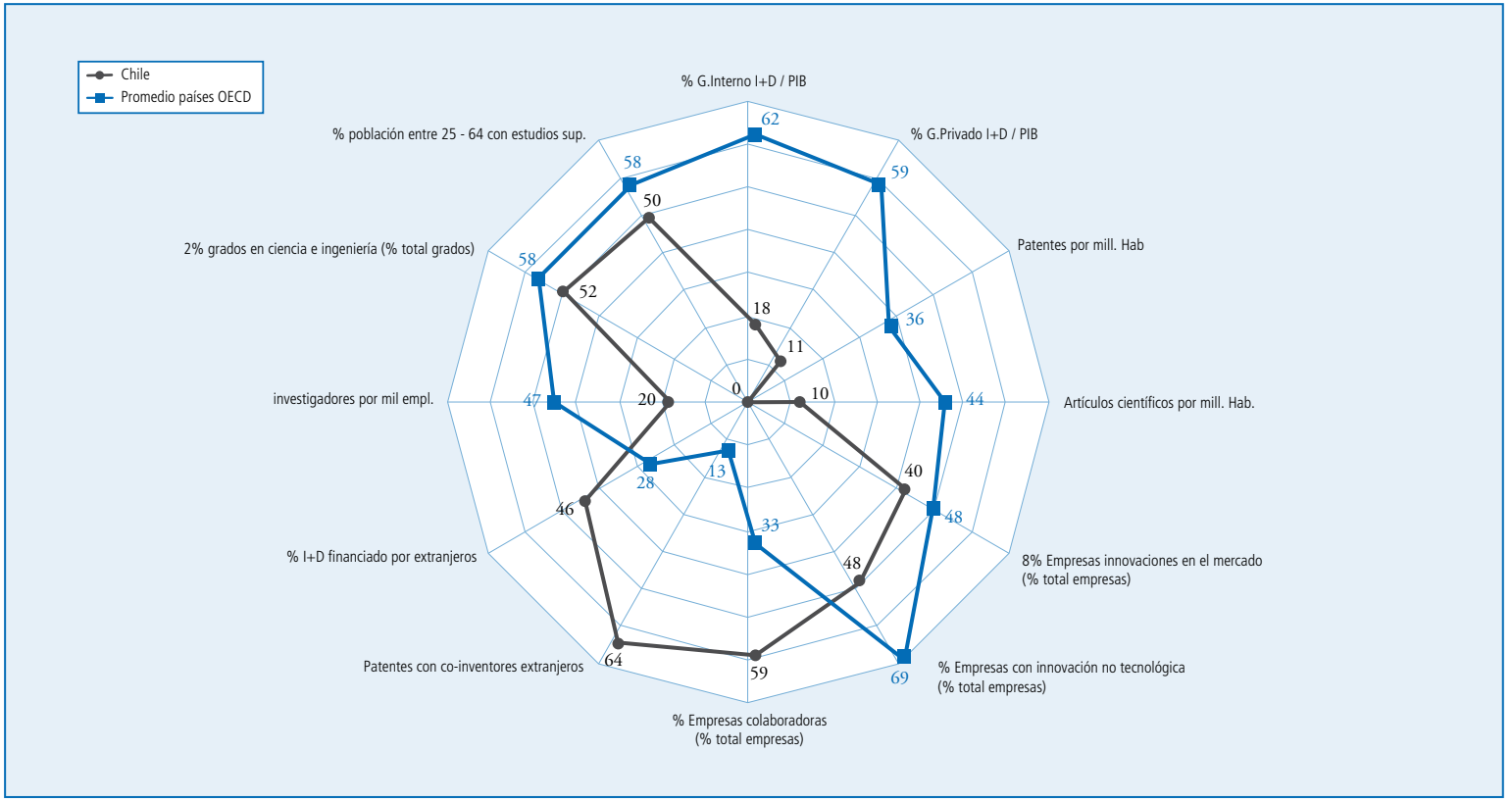
Respecto al Sistema Nacional Innovación, Chile ha venido trabajando a través de dos instancias. La primera es la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt), organismo que depende del Ministerio de Educación y asesora a la Presidencia en materia de desarrollo científico con dos objetivos principales: fomentar la formación de capital humano altamente calificado y fortalecer la base tecnológica del país. La segunda es la Corporación de Fomento a la Producción (Corfo), que opera como agencia de desarrollo económico, orientada a generar instrumentos y herramientas para propiciar emprendimientos e innovaciones con base en los lineamientos y políticas gubernamentales (OCDE, 2010).

Chile, al igual que otras economías latinoamericanas, ha venido experimentando bonanzas minero energéticas que le han significado una nueva fuente de ingresos provenientes de regalías por el uso y explotación de recursos naturales por parte de empresas extranjeras. Este país se ha caracterizado por ser una economía con una alta participación del sector minero dentro del PIB, el 34% de sus actividades económicas están orientadas hacia la minería. Dentro de los ingresos, el 26,7% corresponden a regalías y mantuvo un promedio del 5,3% entre 1995 - 2003 (Korinek, 2013, p. 16).

Frente a este panorama, el Gobierno chileno en 2005 creó el Fondo Nacional de Innovación para la Competitividad (FIC), a través del cual recauda los dineros obtenidos por la explotación de recursos no renovables[2]; su principal objetivo es financiar la innovación y la diversificación productiva para disminuir los riesgos comerciales que puede tener el país a raíz de su actividad minera, especialmente en los precios y su tasa de cambio. El FIC se encuentra a cargo del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, un órgano que tiene participación público privada y dirige

2 En 2005, el gobierno chileno creó un impuesto específico del 5% sobre las rentas disponibles obtenidas por las empresas mineras de ese país. Estos ingresos obtenidos compensan la explotación de recursos no renovables y constituyen la principal fuente de recursos del Fondo Nacional para la Competitividad (FIC). (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2009, p. 13).

Gráfica 11.2. Principales indicadores de CTeI de Chile



Fuente: Elaborado por Colciencias con base en OCDE, 2010

las estrategias de inversión de los recursos para la competitividad y la innovación.[3] Como estrategias generales ha establecido dentro de las prioridades de inversión actividades de ciencia y desarrollo tecnológico, formación de capital humano y actividades de innovación y emprendimiento. Los recursos del FIC están repartidos así: el 25% está dedicado a regiones específicas (60% para regiones mineras y 40% para regiones no mineras) y el 75% restante es ejecutado por Conicyt y Corfo mediante convenios de desempeño[4] (OCDE, 2013, p. 118).

Por otra parte, y en busca de mejorar los niveles de desarrollo regional, el Gobierno lo ha orientado a disminuir las brechas haciendo converger el sistema nacional de innovación y competitividad con los sistemas regionales. Es por ello que la institucionalidad regional tiene una importancia preponderante en el FIC, pues es la que decide en qué invertir estos recursos, tomando como base la política nacional de ciencia, tecnología e innovación, así como la agenda regional (OCDE, 2013, p. 118).

No obstante, y a pesar de haber trabajado en el fortalecimiento institucional de los sistemas nacionales y regionales de innovación para la implementación del FIC, han encontrado varios obstáculos que generan dificultades entre los actores, por ejemplo, fallas de coordinación entre las instancias regionales y nacional para el uso de recursos; falta de una visión estratégica entre el orden nacional y regional para la ejecución; tiempos muertos entre la formulación y la aprobación de un proyecto, que de ser apreciables pueden restarle pertinencia o eficacia frente al problema que se proponían resolver en la región. Adicionalmente, existe baja capacidad de las regiones para formular proyectos con alto impacto local, orientados al uso de la CTeI como un medio para lograr los propósitos. Finalmente, el FIC ha tenido dificultades en la evaluación y el seguimiento a los proyectos aprobados. Todos estos inconvenientes sin duda constituyen alertas pertinentes para el caso colombiano (OCDE, 2013; DNP-Colciencias, 2011).

Dentro de las medidas utilizadas por el gobierno chileno para disminuir las fallas de coordinación e implementación y mitigar sus efectos se encuentra la generación de dos tipos de financiación: por un lado, financiación de programas de mediano y largo plazo en áreas estratégicas donde converjan la visión nacional y regional, y, por el otro, financiación de proyectos orientados a las necesidades de las regiones (OCDE, 2013; DNP-Colciencias, 2011).

3 El Consejo Nacional de Innovación es una instancia que no solo orienta la estrategia de inversión en innovación del FIC, sino que establece la política nacional de innovación, asesora directamente la rama ejecutiva de ese país y trabaja con toda la institucionalidad del Sistema Nacional de Innovación (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2009, p. 13).

4 Los convenios de desempeño tienen como propósito la coordinación de agendas nacionales y regionales para la inversión de recursos. En estos convenios se definen indicadores y metas para cada programa de CTeI y se formalizan a través de la Dirección de Presupuesto (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2013).

11.1.3. Caso Brasil

Brasil se ha convertido en uno de los países de América Latina con mayor inversión en investigación y desarrollo: en el 2010 alcanzó el 1,13% sobre el nivel del PIB. Un porcentaje bastante importante si se tiene en cuenta que el promedio de inversión en América Latina se encuentra en el 0,75% como porcentaje del PIB (Ricyt, 2010).

De acuerdo con la OCDE, Brasil ha venido presentando un aumento de la inversión en I+D bastante importante durante los últimos tres años, superando incluso a países como Rusia o India (OCDE, 2010). En la gráfica 11.3 se muestran algunos de sus indicadores en materia de CTeI y se ve cómo, a pesar del buen desempeño, aún está por debajo del promedio de los países miembros de la OCDE. Algunos indicadores que han venido liderando su desempeño frente a los países de la OCDE son: el porcentaje de empresas con innovaciones no tecnológicas, el porcentaje de empresas colaborativas y el porcentaje de patentes coinventadas con extranjeros.

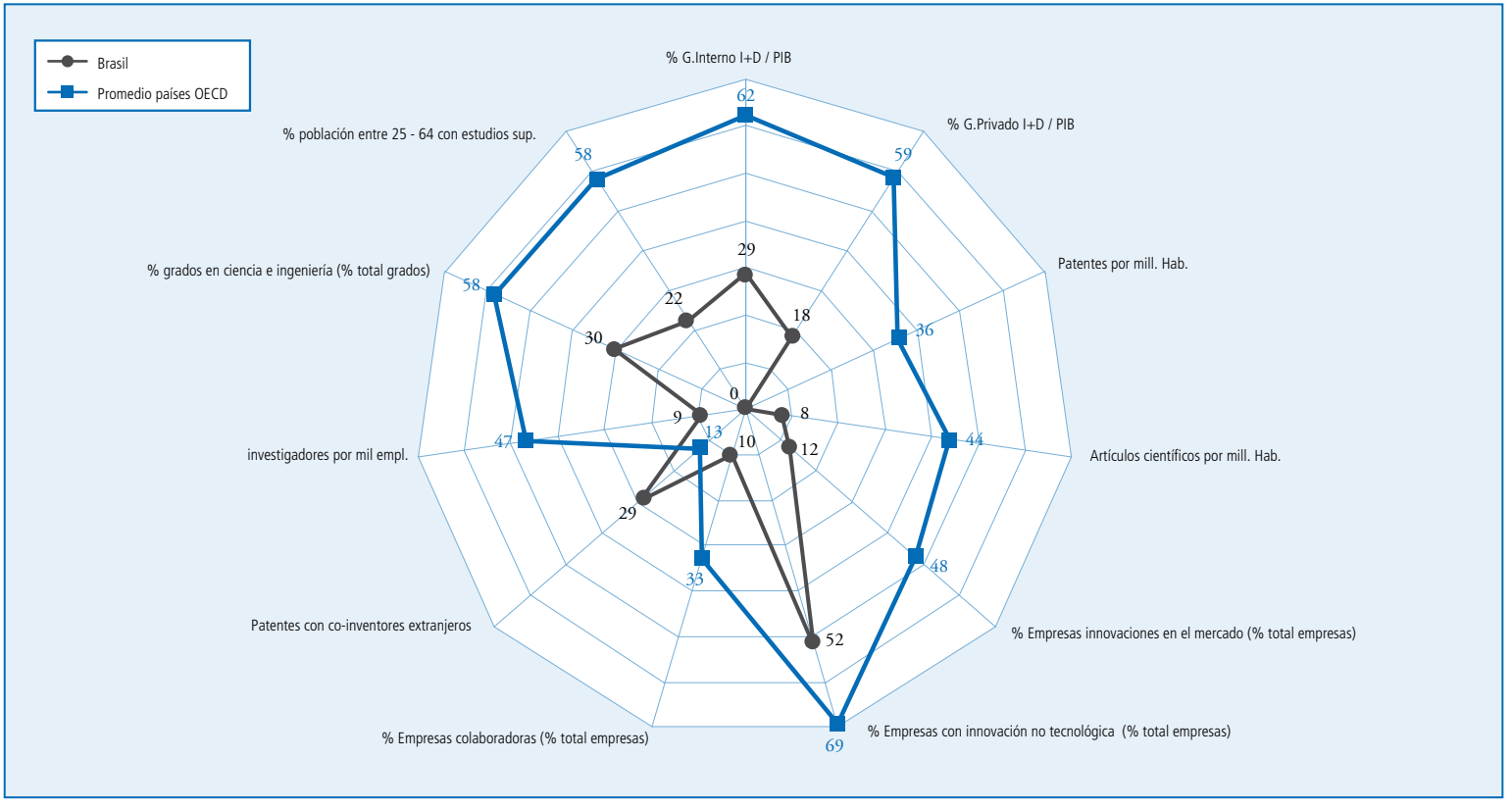
Respecto a la estrategia de articulación entre el Sistema Nacional de Innovación y el Sistema Regional de Innovación que ha venido implementando Brasil, se destacan los procesos de descentralización y autonomía de los sistemas regionales para mejorar la eficiencia en la ejecución de los recursos públicos, y la focalización en las capacidades específicas de cada región (Dagnino, 2011).

Complementando el anterior ejercicio de integración, el Ministerio de Ciencia y Tecnología viene centralizando esfuerzos a través del Plan de Acción de Ciencia, Tecnología e Innovación. Precisamente, y de acuerdo con el informe publicado por la OCDE en 2013, Brasil ha encaminado varias de sus políticas hacia el desarrollo regional, concretamente hacia la disminución de brechas entre regiones.

En 1997, tras el descubrimiento de recursos de gas y petróleo y la aprobación de la Ley del Petróleo, surgió una nueva fuente de ingresos: el pago de regalías por parte de las empresas extranjeras a cambio de la explotación de recursos naturales. Con estos recursos, en el 2010 creó el Fondo para el Desarrollo Social, el cual recolecta las dos terceras partes de los ingresos obtenidos de la explotación y busca generar condiciones equitativas entre las municipalidades y regiones de Brasil (OCDE, 2013).

De acuerdo con las políticas establecidas por el Ministerio de Integración Nacional, se busca que estos recursos estén orientados a la inversión de proyectos para aliviar la pobreza y los efectos del cambio climático; actividades de educación, cultura, salud y ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo social. La instancia que establece las prioridades de inversión es el Consejo Deliberante para el Fondo de Desarrollo Social y la entidad encargada de administrar los recursos es el Banco de Brasil y la Caja Económica Federal (OCDE, 2013).

Gráfica 11.3. Principales indicadores de CTeI de Brasil



Fuente: Elaborado por Colciencias con base en la OCDE, 2010

Brasil cuenta con otra serie de fondos dedicados al apoyo de la investigación y del desarrollo tecnológico. En 1970 creó el Fondo para el Desenvolvimiento Científico y Tecnológico (Fundeci), dedicado al apoyo de la investigación aplicada en agricultura y desafíos científicos tecnológicos para las áreas áridas. Este Fondo se alimenta principalmente de contribuciones de fondos sectoriales y del sector privado (OCDE, 2013).

No obstante, y a pesar del alto empeño de Brasil por mejorar sus condiciones de inversión y desarrollo regional a través de la CTeI, presenta un panorama no muy claro para la inversión de las regalías en las regiones, especialmente a nivel sectorial.[5] Uno de los retos que persisten en este país es el de generar procesos de coordinación entre los niveles nacional y regional, y la focalización de estos recursos (OCDE, 2013).

11.1.4. Lecciones de estas experiencias

Son varios los países que han visto en las regalías obtenidas por la explotación de recursos naturales una oportunidad de crecimiento económico; sin embargo y teniendo en cuenta el enfoque latinoamericano de este documento, hemos realizado un análisis especial de dos de los países que deben gran parte de su crecimiento a la extracción de recursos minero energéticos: Chile, que ha orientado su estrategia de crecimiento en actividades mineras, y Brasil, que al igual que Colombia, ha venido enfrentándose a un proceso de bonanzas y a la toma de decisiones para evitar caer en la denominada "enfermedad holandesa".

Pero, ¿cuáles son las principales lecciones aprendidas y los retos que tienen estos países frente al uso y orientación de los recursos de regalías? La tabla 11.1 presenta algunos elementos que pueden ser aplicables en el caso colombiano, concretamente los desafíos en cuanto a la coordinación entre la visión nacional y la regional, así como en los tiempos de respuesta entre la formulación y la aprobación de recursos para los proyectos.

Tabla 11.1. Principales lecciones y retos en los casos de Chile y Brasil

Aspectos	Fondo Nacional de Innovación para la Competitividad (FIC)	Fondo para el Desarrollo Social
	Chile	Brasil
Objetivo	Financiar actividades de innovación y estimular la diversificación productiva para disminuir los riesgos comerciales.	Generar condiciones equitativas entre las municipalidades y regiones del Brasil.
Instancias rectoras	Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad. Instancia público-privada	Consejo Deliberante del Fondo Social, Banco de Brasil y Caja Económica Federal.
Participación de instancias del orden regional	Sí.	Centralizado.

5 Actualmente se encuentra en discusión en el Congreso de Brasil un proyecto de Ley que busca reglamentar el uso de estos recursos y el tipo de inversión de los recursos del Fondo Social (Brasil. Senado Federal, 2012).

Prioridades	Ciencia y desarrollo tecnológico. Formación de capital humano. Actividad de innovación y emprendimiento. No obstante, cada instancia regional debe decidir en qué invierte.	Proyectos para aliviar la pobreza. Proyectos de cambio climático. Actividades de educación. Cultura. Salud. Actividades de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo social.
Dificultades implementación	Baja ejecución. Bajas capacidades para presentar proyectos con impacto regional. Fallas en la coordinación nacional y regional para financiar proyectos.	Falta de claridad en los organismos que participan en la toma de decisiones. Dificultad para orientar la inversión.

Fuente: elaboración propia

11.2. Regalías para la CTeI: caso colombiano

La inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) se considera la mejor vía para aumentar la tasa de crecimiento de una economía particular, dado que permite generar nuevas ideas, obtener más y mejores tecnologías y lograr la eficiencia de los recursos escasos. Sin embargo, la acumulación de conocimiento y los encadenamientos para generar mayores niveles de innovación deben ser acompañados por incentivos y políticas de Estado, pues la capacidad de las empresas para desarrollar estas actividades y lograr el nivel óptimo de innovación que necesita la sociedad no es suficiente (BID, 2010).

Bajo esta premisa, la formulación de políticas en los distintos países ha involucrado dentro de sus objetivos promocionar la CTeI a través de diversos lineamientos e instrumentos, así como el fortalecimiento y coordinación institucional entre los sistemas nacional y regionales de innovación, orientación que no ha sido ajena a Colombia. De hecho, el país durante las últimas dos décadas ha hecho grandes avances en cuanto a mejorar la inversión en CTeI, y por primera vez reconoció dentro del PND 2010 - 2014 a la innovación como estrategia de desarrollo, razón por la cual determinó aumentar en el 1% la inversión en CTeI como porcentaje del PIB (DNP, 2010) y el 0,5% en actividades de investigación y desarrollo (I+D).

Una de las medidas que busca dar cumplimiento a las metas nacionales ha sido la orientación del 10% de los recursos de regalías para la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación, una estrategia diferente para el desarrollo y la equidad entre las regiones, que complementa la visión predominante de la construcción de infraestructura como el elemento determinante del progreso (Colciencias, 2013). Esta estrategia marcó un cambio estructural y normativo para Colombia pues, por un lado, abrió a todas las regiones del país la oportunidad de participar de los ingresos obtenidos por la explotación de los recursos minero energéticos y, por el otro, modificó la Constitución de Colombia para cambiar el esquema de distribución e inversión de las regalías recibidas por este concepto.

Esta sección presenta algunos antecedentes normativos del Nuevo Sistema General de Regalías, en particular del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación; también los principales resultados de la primera aprobación de proyectos de CTeI financiados a través de estos recursos. Vale la pena destacar que es la primera vez que Colombia destina cerca de 600 mil millones de pesos para invertir en CTeI —tres veces más el presupuesto de inversión del Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación—, suma que podría significar el 0,27% en I+D sobre el PIB.[6]

11.2.1. Marco normativo

El uso de la ciencia, la tecnología y la innovación como mecanismo de convergencia regional no es nuevo en Colombia. La Visión Colombia II centenario: 2019 marca el proceso de formulación de política de CTeI en el largo plazo y de convergencia regional , en este documento se sentaron las orientaciones para "avanzar en la construcción de una economía y sociedad del conocimiento" (DNP-Colciencias, 2006, p. 1). Allí se identificó la necesidad de fomentar la innovación para la competitividad, así como de consolidar la institucionalidad del Sistema Nacional de CTI y promover la articulación regional (DNP-Colciencias, 2006).

Posteriormente, a través de la Ley 1286 de 2009, se transformó a Colciencias en Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, se fortaleció el Sistema Nacional de CTeI y se consolidó la institucionalidad regional a través de los consejos departamentales de ciencia, tecnología e innovación. Esta transformación posicionó a Colciencias como entidad rectora del Sistema Nacional de CTeI y como líder y coordinadora del diseño de la política de CTeI en el país. En desarrollo de la Ley 1286, el gobierno nacional a través del documento Conpes 3582 de 2009 publica la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, en donde se establecen seis objetivos para aumentar la capacidad de generación y uso de conocimiento en el país y la convergencia regional.[7]

En 2010, bajo una nueva administración y un nuevo gobierno, por primera vez se reconoce a la innovación como una de las locomotoras de desarrollo dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014: "Prosperidad para todos". Los dos principales objetivos trazados en esta política son, por un lado, "identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento para apoyar la transformación productiva y social del país" (DNP, 2010, p. 56) y, por el otro, a través de la locomotora nuevos sectores basados en la innovación, "impulsar la transformación productiva de la economía hacia sectores intensivos en conocimiento, de tal manera que la oferta productiva y exportable del país se caracterice por su alto valor agregado y su nivel de sofisticación tecnológica" (DNP, 2010, p. 165). De esta manera el conocimiento

6 El cálculo responde a la estimación realizada por Colciencias con base en la inversión de recursos de los programas y proyectos aprobados por el OCAD del FCTeI del SGR, y el promedio histórico de inversión del país en I+D sobre el PIB (Colciencias, 2013).

7 Los objetivos planteados en esta política son: "1. Fomentar la innovación en los sistemas productivos, 2. Consolidar la institucionalidad del SNCTeI, 3. Fortalecer la formación del recurso humano para la investigación y la innovación, 4. Promover la apropiación social del conocimiento, 5. Focalizar la acción pública en áreas estratégicas y 6. Desarrollar y fortalecer capacidades" (DNP, 2009, p. 35).

y la innovación son reconocidos como medio, no solo para mejorar las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, sino también para la transformación productiva del país. Adicionalmente, este Plan incluyó la inversión en CTeI como elemento fundamental del desarrollo, la equidad regional y el cierre de brechas, y destinó el 10% de los recursos de regalías a macroproyectos de CTeI, un cambio histórico para Colombia.

El 18 de julio de 2011 se expidió el Acto Legislativo 005, mediante el cual se crea el Sistema General de Regalías —y con él se sientan las bases para que todas las entidades territoriales tengan una participación en los recursos obtenidos por la explotación minero energética—, y se modifica el artículo 361 de la Constitución Nacional, donde se establece que los ingresos de dicho sistema:

> ... se destinarán al financiamiento de proyectos para el desarrollo social, económico y ambiental de las entidades territoriales; al ahorro para su pasivo pensional; para inversiones físicas en educación, para inversiones en ciencia, tecnología e innovación; para la generación de ahorro público; para la fiscalización de la exploración y explotación de los yacimientos y conocimiento y cartografía geológica del subsuelo; y para aumentar la competitividad general de la economía buscando mejorar las condiciones sociales de la población (Acto Legislativo 5 de 2011, art. 2).

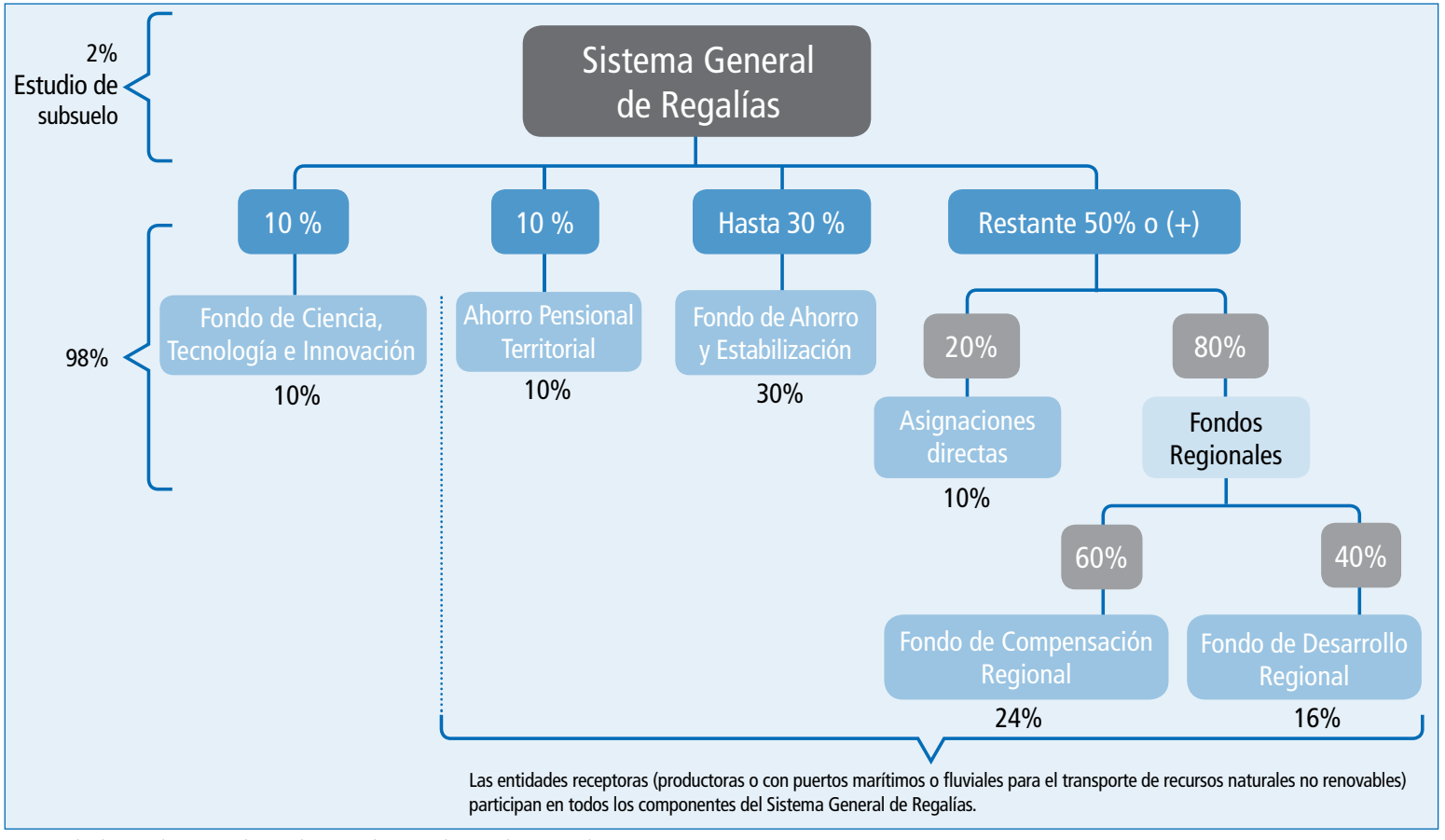
Para lograr estos fines, en el mismo Acto Legislativo se crearon cuatro fondos: el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación; el Fondo de Desarrollo Regional; el Fondo de Compensación Regional; y el Fondo de Ahorro y Estabilización.

El porcentaje de los ingresos del Sistema General de Regalías asignado a cada fondo se puede ver en la gráfica 11.4.

En la toma de decisiones dentro del SGR participan varias instancias; dependiendo del Fondo de que se trate intervienen actores bajo un esquema de decisión tripartita o triángulos de Buen Gobierno. No obstante, el órgano que regula todo el funcionamiento del SGR es la Comisión Rectora, integrada por representantes del gobierno nacional, departamental y local. A nombre del gobierno nacional participan: el ministro de Hacienda y Crédito Público, el ministro de Minas y Energía y el director del Departamento Nacional de Planeación o sus delegados; el DNP opera como Secretaría Técnica. En representación del gobierno departamental asisten dos gobernadores, uno elegido por los departamentos productores de recursos no renovables y el otro elegido por la Asamblea de Gobernadores. Finalmente, como representantes del gobierno local concurren un alcalde designado por los municipios productores y otro nominado por la Asamblea de Alcaldes.

Frente al presupuesto del Sistema, el artículo 34 de la Ley 1530 de 2012 estableció, a través de una fórmula calculada por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público con base en los indicadores de necesidades básicas insatisfechas (NBI), el nivel

Gráfica 11.4. Distribución de los recursos del Sistema General de Regalías

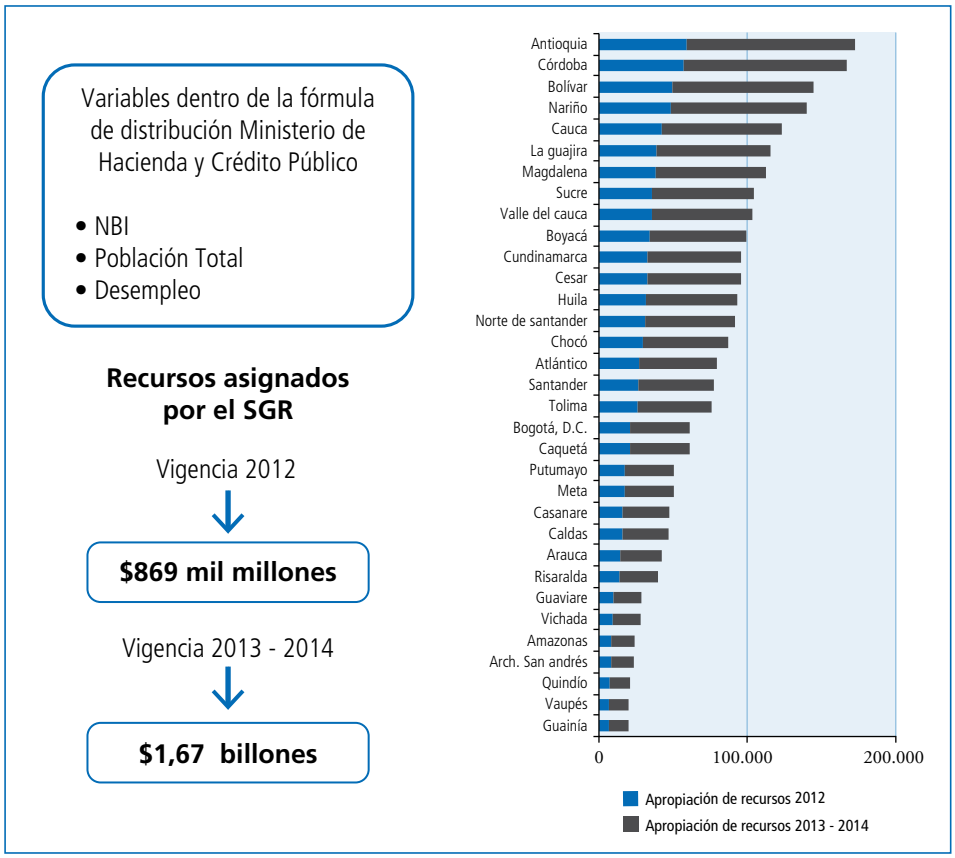


Fuente: realizado por Colciencias con base en el Acto Legislativo 005 de 2011 y la Ley 1530 de 2012

de población y el nivel de empleo, la distribución departamental de los recursos del Fondo de Desarrollo Regional y el FCTeI. Para el Fondo de Compensación Regional dispuso una distribución por municipios, con el fin de compensar a aquellos que no habían recibido anteriormente recursos de regalías.

Particularmente, para el FCTeI la asignación en el 2012 fue de 869.000 millones y para la vigencia 2013 - 2014 de 1,6 billones de pesos (gráfica 11.5), una cifra histórica si se tiene en cuenta que Colciencias, entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, durante los últimos tres años ha logrado invertir en CTeI, en promedio, 350.000 millones de pesos

Gráfica 11.5. Distribución departamental de recursos del FCTeI-SGR, 2012, 2013 - 2014



Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Vale la pena mencionar que el presupuesto del FCTeI, a partir del 2013, se asigna para dos años; en 2012, por motivos de implementación de la norma, se fijó solo para ese año.

11.2.2. Retos para la formulación y aprobación de programas y proyectos

La distribución de recursos del FCTeI del SGR, si bien han representado una oportunidad para mejorar la productividad y el desarrollo económico de las regiones de Colombia, también ha generado una serie de retos en cuanto a su ejecución y en cómo articular, tanto los actores de los distintos niveles del sistema, como los proyectos e iniciativas para optimizar el uso de éstos, situación explicable si se tiene en cuenta que los representantes de las entidades territoriales tienen la mayor participación y se convierten en los ordenadores del gasto. Lograr la articulación entre alcaldes y gobernadores con los actores del Sistema Nacional de CTeI (universidades, empresas, centros de investigación y desarrollo tecnológico) no es una tarea fácil. Dificultades en el lenguaje así como en la gestión de los proyectos han sido los problemas más frecuentes en el primer año de implementación del FCTeI.

Otro de los retos a considerar es la distribución de los recursos del FCTeI frente a las capacidades regionales para invertir en actividades de ciencia, tecnología e innovación. Colombia, tal como se mostró en la gráfica 11.1, no solo ha tenido un desempeño significativamente bajo en inversión en CTeI sino una alta disparidad entre las regiones en el nivel de inversión como porcentaje del PIB. De hecho, es posible evidenciar una relación inversa entre participación de recursos del FCTeI e inversión en CTeI, es decir, los departamentos con mayor capacidad de inversión en CTeI son los que menos participación tuvieron en los recursos del Fondo (gráfica 11.6). A excepción de Antioquia y Valle del Cauca, departamentos como Santander, Cundinamarca o el Distrito Capital presentaron una asignación de recursos bastante baja, en comparación con entidades territoriales como Córdoba, Bolívar y Nariño, departamentos que se encuentran en un proceso de formación de capacidades de CTeI bastante lejano al proceso evidenciado en departamentos como Antioquia, Bogotá D. C., Santander o el Valle del Cauca (gráfica 11.6).

El gobierno colombiano no ha sido ajeno a esta dificultad y por ello ha incentivado y formulado lineamientos para conjugar programas y proyectos con alto impacto, es decir, que incidan en más de un departamento de los que integran una región o diferentes regiones o en un conjunto significativo de municipios de un mismo departamento, y que los resultados obtenidos repercutan a su vez en estos territorios (Ley 1530 de 2012, art. 155). Unido a este objetivo de invertir en programas y proyectos con impacto regional se ha buscado incentivar iniciativas en que converjan departamentos con diferentes capacidades para ejecutar actividades de CTeI y crear redes entre los actores del Sistema Nacional de CTeI con el fin de jalonar el desarrollo económico y social a partir del potencial de investigación e innovación de universidades, grupos de investigación y empresas.

Dentro de las estrategias que han venido trabajándose desde el gobierno y particularmente desde Colciencias, como entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, está la producción de herramientas que permitan un lenguaje común en la formulación de programas y proyectos, y que acerquen a los nuevos actores a los conceptos de CTeI. Algunas de ellas son: el Acuerdo 009 de 2012 que define los requisitos y lineamientos para la formulación de programas y proyectos de

CTeI y la *Guía no. 2 de proyectos de ciencia, tecnología e innovación* (Colciencias, 2012) que presenta las definiciones de actividades de CTeI de acuerdo con manuales internacionales como el Manual de Frascati y el Manual de Oslo. Las actividades allí definidas son:

- Investigación y desarrollo tecnológico, que comprende la investigación básica, aplicada y experimental.

- Formación de capital humano altamente calificado.

- Actividades de innovación, y

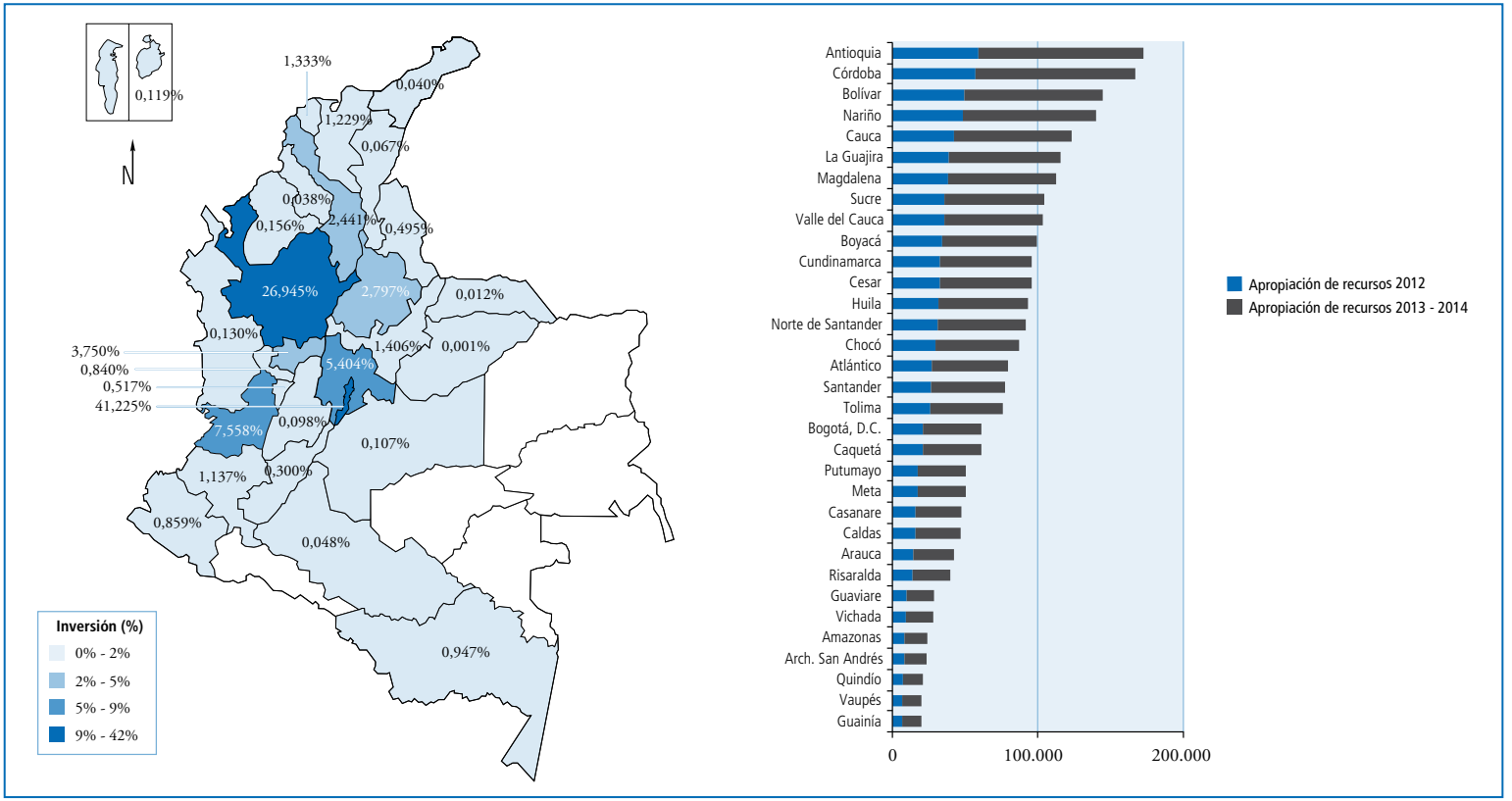
- Servicios científicos y tecnológicos.

Otros mecanismos que han venido fortaleciendo los procesos de formulación y presentación de programas y proyectos al FCTeI del SGR son los consejos departamentales de ciencia, tecnología e innovación (Codecti), así como la formulación de los planes estratégicos departamentales de ciencia, tecnología e innovación (PEDCTI). Tanto los Codecti como los PEDCTI, fortalecidos con la Ley 1286 de 2009, han sentado las bases para el establecimiento de prioridades en la inversión en CTeI al interior de las regiones. Actualmente, cada uno de los 33 departamentos cuenta con su Codecti y es allí donde se realiza el proceso de priorización de la inversión, acorde con la visión y objetivos planteados en el PEDCTI. La discusión de las iniciativas en estas instancias es una buena práctica que ha permitido no solo la convergencia de las necesidades regionales y la visión nacional, sino que ha incentivado y facilitado la presentación de programas y proyectos al FCTeI bajo el esquema plasmado en la gráfica 11.7.

De acuerdo con la normatividad vigente sobre el Sistema General de Regalías, cualquier persona natural o jurídica puede presentar programas y proyectos utilizando la *Metodología general ajustada (MGA) para la formulación de proyectos de inversión pública*, que establece un marco lógico para hacerlo. Una vez es formulado el proyecto debe ser presentado ante la entidad territorial, que es la responsable de verificar los requisitos; revisar la pertinencia, sostenibilidad, viabilidad y articulación de la propuesta con los planes de desarrollo y la política nacional de CTeI; y de presentarlo directamente a la Secretaría Técnica del FCTeI del SGR (Ley 1530 de 2012).

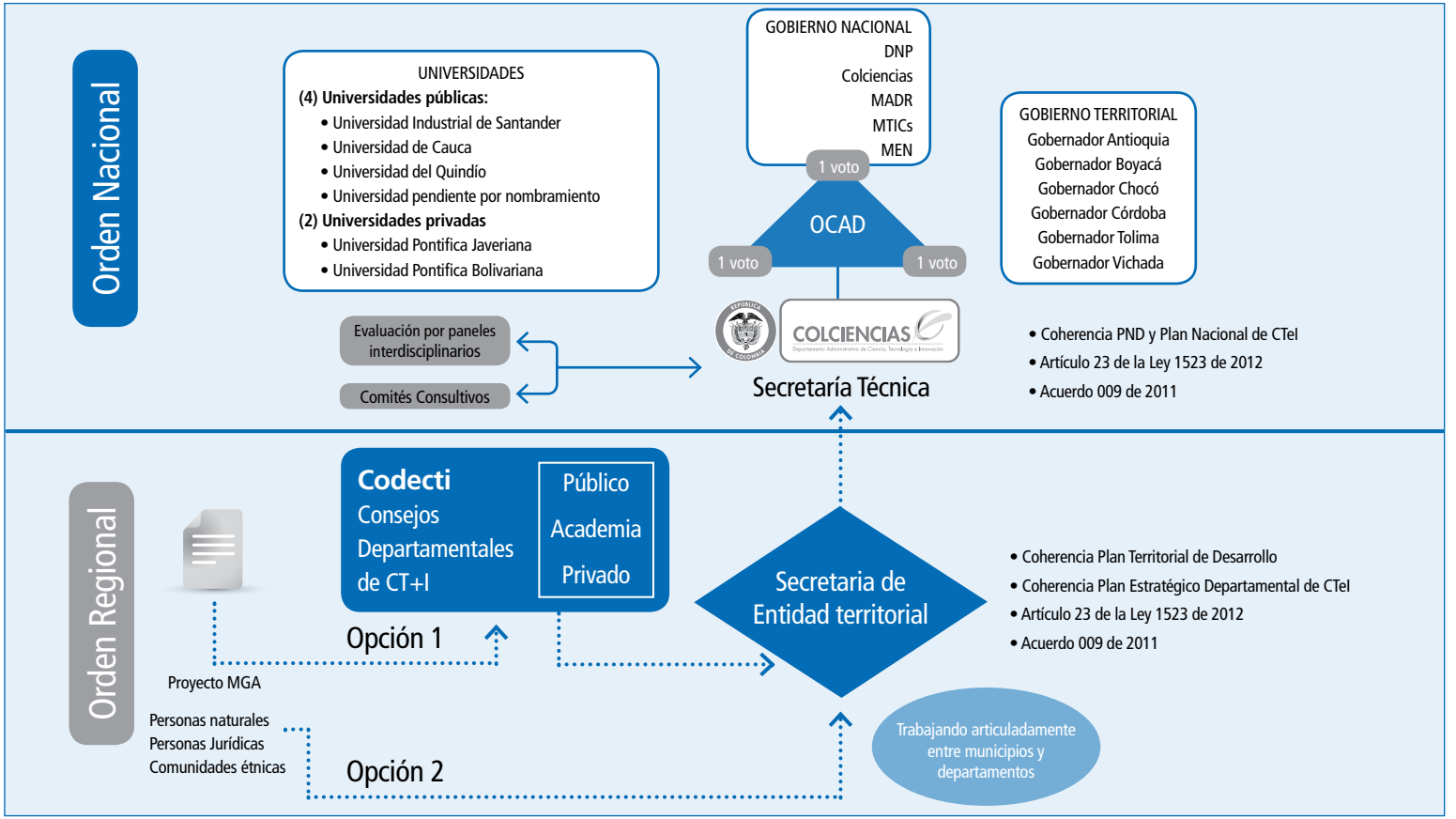
El FCTeI como parte del SGR tiene el objetivo de "Incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos los proyectos relacionados con biotecnología y tecnologías de la información y las comunicaciones" (Ley 1530 de 2012, art. 29); este es el único Fondo que tiene una instancia de decisión nacional: el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD). En el OCAD tienen participación seis universidades, seis representantes del gobierno departamental (uno por cada región de Colombia) y cinco representantes del gobierno nacional; son miembros permanentes el director del Departamento

Gráfica 11.6. Inversión departamental en I+D (en %) y su relación con la distribución de recursos asignados al FCTeI-SGR, 2012, 2013 - 2014



Fuentes: OCyT y Ministerio de Hacienda y Crédito Público (Ley 1606 de 2012)

Gráfica 11.7. Esquema de presentación de programas y proyectos susceptibles de ser financiados con recursos del FCTeI-SGR*



* La conformación del OCAD corresponde al primer año de implementación de dicho órgano.

Elaboración: Colciencias con base en la Ley 1530 de 2012, Decreto 1949 de 2012, Ley 1530 de 2012, Decreto 1949 de 2012, Acuerdo 009 del 2012 de la Comisión Rectora y la Ley 1286 de 2009

Nacional de Planeación y el director de Colciencias. Cada uno de estos vértices tiene derecho a un voto y las decisiones se aprueban siempre y cuando cuenten con dos votos favorables de un máximo de tres, uno de estos el del vértice del gobierno nacional. La Secretaría Técnica del OCAD está a cargo de Colciencias (Decreto 1949 de 2012).

En este punto vale la pena mencionar que dentro del SGR Colciencias ejerce un papel diferente al que cumple en el Sistema Nacional de CTeI, pues en este contexto: i) apoya la toma de decisiones de los miembros del OCAD verificando requisitos; ii) envía los programas y proyectos para verificación de pertinencia y concepto por parte de comités consultivos (usualmente el Codecti o la Comisión Regional de Competitividad); y, iii) envía el proyecto a paneles de expertos para evaluación de su calidad científica y tecnológica. Colciencias, por tanto, no tiene participación alguna en la asignación ni en la administración de los recursos del FCTeI del SGR, lo que sí sucede en el Sistema Nacional de CTeI, donde no solo ejerce la administración de los recursos sino que los ejecuta a través de convocatorias públicas (Decreto 1075 de 2012).

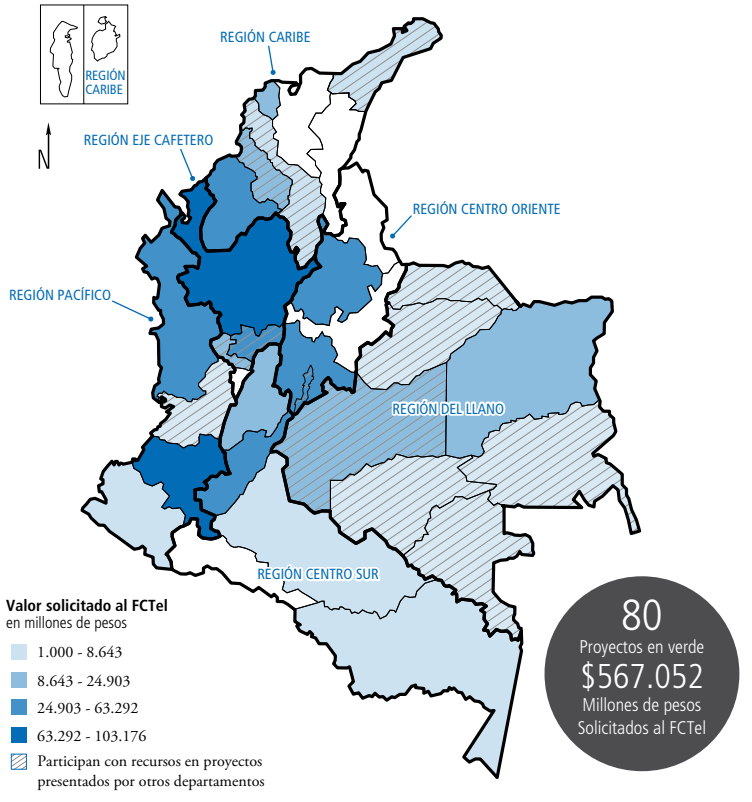
Cuando el proyecto ha cumplido con el proceso de verificación y evaluación es enviado al OCAD, quien como órgano decisorio tiene la función de viabilizarlo, priorizarlo en caso de que los recursos del departamento no sean suficientes, aprobarlo y designar el ejecutor, el cual debe ser de naturaleza pública. Una vez es aprobado y designado el ejecutor del proyecto, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público gira los recursos directamente al ejecutor (Decreto 1949 de 2012).

Este procedimiento, si bien responde a un modelo de participación abierta, puede representar algunas barreras para la presentación de iniciativas provenientes de los actores del Sistema Nacional de CTeI, especialmente al definir prioridades en el orden regional. Por esta razón, desde Colciencias se ha incentivado la práctica de hacer una primera presentación de las propuestas al Codecti para consolidar actores y alinear los proyectos con la política regional de CTeI antes de enviarlas al OCAD, con miras a disminuir el riesgo de rechazo y elevar el margen de seguridad frente a una posible financiación por parte del FCTeI del SGR (ver gráfica 11.7).

11.2.3. Principales resultados 2012

En diciembre de 2012 el OCAD realizó la primera aprobación de proyectos a ser financiados con recursos de regalías. Como resultado se aprobaron 80 programas y proyectos por un valor total de 567.052 millones de pesos, suma que después de adicionarle el valor por contrapartidas y fuentes de otros fondos ascendió a 805.667 millones, como se aprecia en la gráfica 11.8 (Colciencias, 2012b).

Gráfica 11.8. Programas y proyectos aprobados por el OCAD en la sesión del 20 de diciembre de 2012



Departamento		No	Valor total aprobado por el FCTeI-SGR	Saldo total disponible (2012, 2013-2014)
Antioquia	Líder	13	$ 103.147,00	$ 69.446
Cauca	Líder	9	$ 80.367	$ 43.035
Cundinamarca	Líder	6	$ 52.241	$ 43.360
Huila	Líder	7	$ 38.391	$ 54.632
Córdoba	Líder	6	$ 36.572	$ 130.168
Bogotá D. C.	Líder/seguidor	1	$ 32.227	$ 29.162
Caldas	Líder	5	$ 30.434	$ 16.439
Chocó	Líder	2	$ 29.550	$ 57.429
Santander	Líder	3	$ 28.900	$ 48.391
Tolima	Líder/seguidor	7	$ 23.146	$ 52.755
Vichada	Líder/seguidor	2	$ 15.947	$ 12.247
Atlántico	Líder	3	$ 15.867	$ 63.754
Risaralda	Líder	1	$ 15.651	$ 24.209
Sucre	Líder/seguidor	2	$ 14.846	$ 89.748
Meta	Líder/seguidor	1	$ 12.000	$ 38.521
Bolívar	Líder/seguidor	1	$ 8.644	$ 136.019
La Guajira	Líder/seguidor	1	$ 7.064	$ 108.299
Nariño	Líder	5	$ 5.890	$ 134.174
Casanare	Seguidor	0	$ 3.100	$ 44.363
Vaupés	Líder/seguidor	1	$ 3.005	$ 17.170
Caquetá	Líder	1	$ 2.538	$ 58.769
Valle del Cauca	Seguidor	0	$ 2.010	$ 101.408
Guaviare	Seguidor	0	$ 2.000	$ 26.696
Amazonas	Líder	3	$ 1.514	$ 22.336
Arauca	Seguidor	0	$ 1.000	$ 41.378
Guainía	Seguidor	0	$ 1.000	$ 19.026
N. de Santander	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 91.596
Boyacá	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 99.454
Cesar	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 95.509
Magdalena	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 112.275
Putumayo	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 50.668
Quindío	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 21.052
Arch. de San Andrés	Sin proy. Aprob	0	$ -	$ 23.599
TOTAL		**80**	**$ 567.052**	**$ 1.977.086**

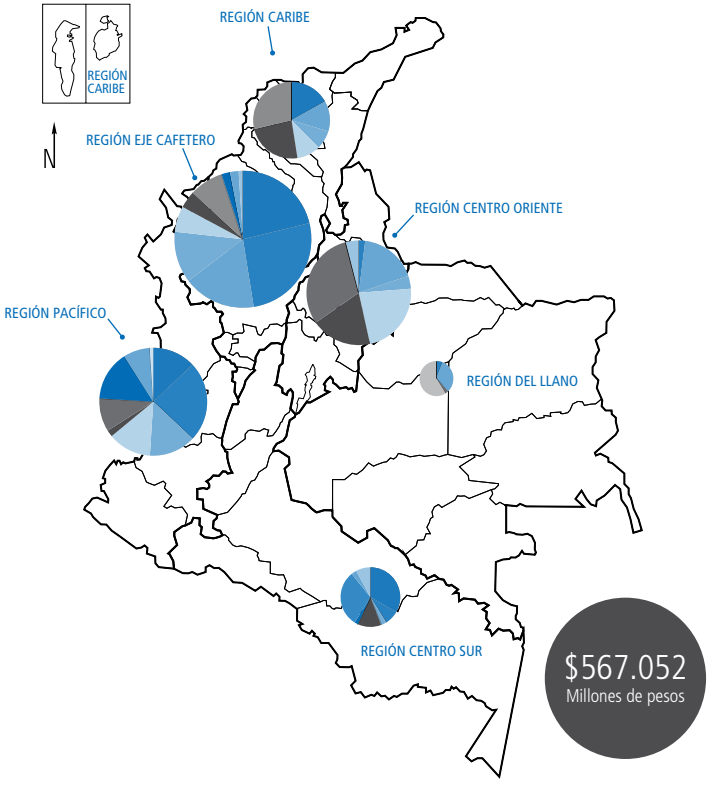
Fuente: Secretaría Técnica, OCAD-Fondo CTeI-SGR
Nota: Si bien se registraron 23 departamentos con proyectos aprobados, se cuenta con la participación en recursos de más departamentos, razón por la cual aparecen más de 23 departamentos en la gráfica.

Uno de los principales logros de este primer proceso fue la alta tasa de participación de los departamentos, pues si bien a 23 les fueron aprobados proyectos, fueron 29 los que presentaron propuestas de CTeI a la Secretaría Técnica del OCAD. Por regiones, como lo muestra la gráfica 11.8, se destacó el liderazgo de los departamentos que conforman la región Eje Cafetero, los cuales consiguieron recursos para una inversión cercana al 26%. La segunda con mayor participación fue la región Pacífico (20%), seguida por la región Centro Oriente (19%), la región Caribe (15%), la región Centro Sur (12%) y la región Llanos (7%). (Colciencias, 2012b).

Al analizar las temáticas de los programas y proyectos aprobados, según programas nacionales de CTeI (gráfica 11.9), observamos que la mayor parte de los recursos de regalías (38,53%) se destinaron a tres programas: el Programa Nacional de CTeI Agropecuaria (14,37% equivalente a $81.497 millones), el Programa de Fomento a la Formación en Maestría y Doctorado (13,39% correspondiente a $75.917 millones) y el Programa Nacional en Salud (10,77% por un valor de $61.088 millones). (Colciencias, 2012b).

Uno de los objetivos del FCTeI del SGR es aprobar proyectos con alto impacto regional; sin embargo, el común denominador del proceso seguido en el 2012 fue la presentación de iniciativas por departamento; solo se registraron cinco proyectos para ser ejecutados en alianzas, los cuales tuvieron una asignación de 84.817 millones, 14% de los recursos aprobados (ver gráficas 11.10 a 11.14). Estos resultados, si bien reflejan avances y aprendizajes importantes para la inversión en CTeI, evidencian la necesidad de trabajar conjuntamente en criterios que permitan la formulación, priorización y focalización del uso de estos recursos en proyectos con impacto regional, es decir, con incidencia en varios departamentos de una región o de un conjunto significativo de municipios, con la articulación de varios agentes del Sistema Nacional de CTeI.

Gráfica 11.9. Distribución de los programas y proyectos aprobados por el OCAD el 20 de diciembre de 2012, según Programa Nacional de CTeI

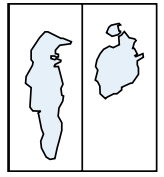


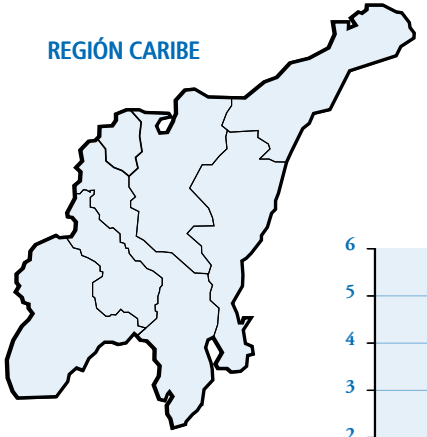
Programa nacional de CTeI	N°	Inversión fondo CTeI-SGR	%
CTeI AGROPECUARIA	23	81.497	14,37%
FOMENTO A LA FORMACIÓN EN MAESTRÍA Y DOCTORADO	6	75.916	13,39%
CTeI EN SALUD	7	61.088	10,77%
ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA	8	58.725	10,36%
RECONOCIMIENTO DE CENTROS (CENTROS Y PARQUES)	9	57.730	10,18%
PROGRAMA ONDAS	4	56.490	9,96%
DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN INDUSTRIAL	3	47.803	8,43%
CTeI DEL MAR Y DE LOS RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS	4	38.229	6,74%
INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA	3	21.419	3,78%
CTeI EN EDUCACIÓN	1	21.035	3,71%
REDES: APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO	2	20.059	3,54%
CTeI DE LAS ÁREAS SOCIALES Y HUMANAS	4	15.171	2,68%
CTeI EN AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y HÁBITAT	5	11.115	1,96%
BIOTECNOLOGÍA	1	769	0,14%
TOTAL GENERAL	**80**	**567.051**	**100%**

Fuente: Secretaría Técnica, OCAD-Fondo CTeI-SGR
Nota: Si bien se registraron 23 departamentos con proyectos aprobados, se cuenta con la participación en recursos de más departamentos, razón por la cual aparecen más de 23 departamentos en la gráfica.

Grafica 11.10. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales

Caso Región Caribe
PROYECTO: INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN EN LOGÍSTICA Y PUERTOS: LOGPORT CARIBE

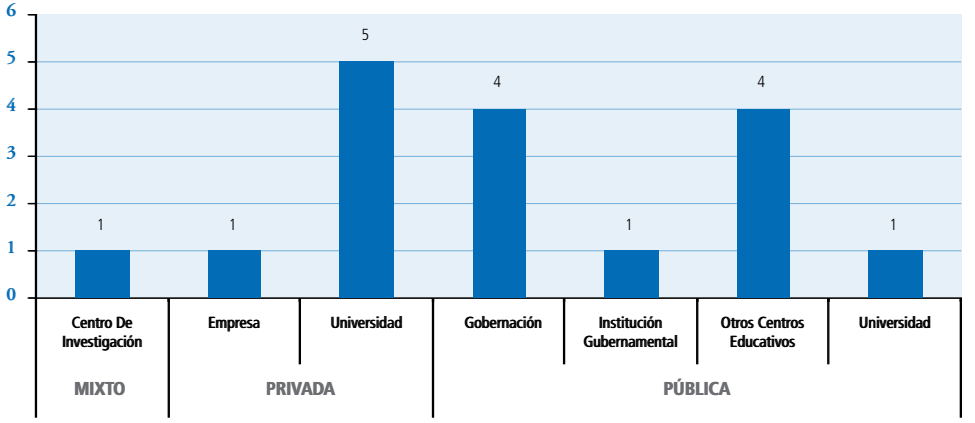




Ejecutor asignado

Departamentos participantes	Valores aprobados por el OCAD
ATLÁNTICO	$6.500
BOLÍVAR	$3.544
SUCRE	$1.000
TOTAL	**$11.044**

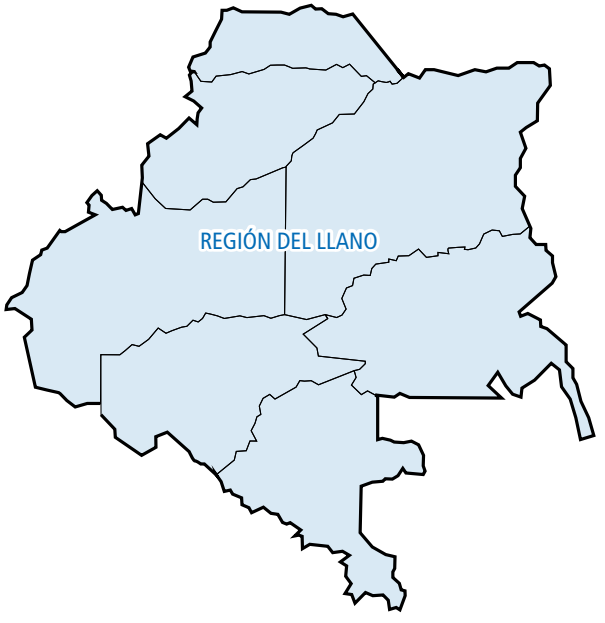
Entidades participantes en el proyecto y su naturaleza



Fuente: Secretaría Técnica-Fondo CTeI

Gráfica 11.11. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales

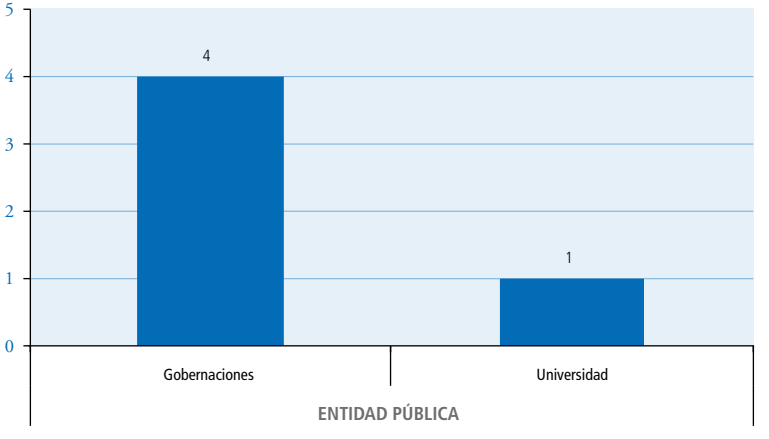
Caso Región Llano
PROYECTO CENTRO DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES -CINER-



Ejecutor asignado

Departamentos participantes	Valores aprobados por el OCAD
ARAUCA	$1.000
GUAINIA	$1.000
GUAVIARE	$2.000
META	$1.000
VAUPÉS	$1.000
VICHADA	$14.917
TOTAL	**$20.917**

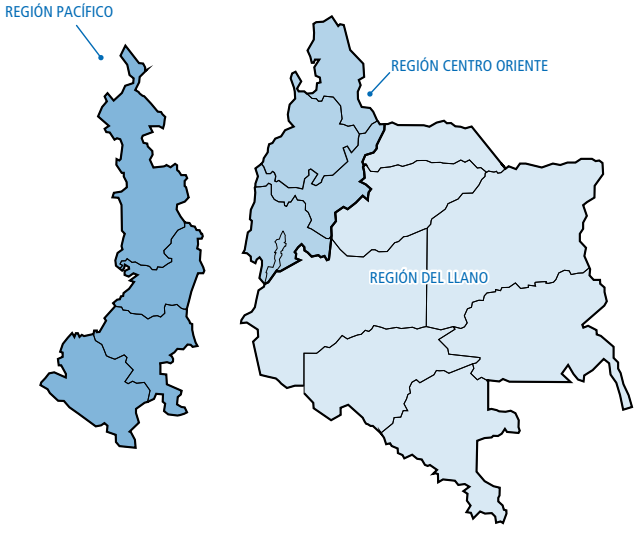
Entidades participantes en el proyecto y su naturaleza



Fuente: Secretaria Técnica y OCyT

Gráfica 11.12. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales

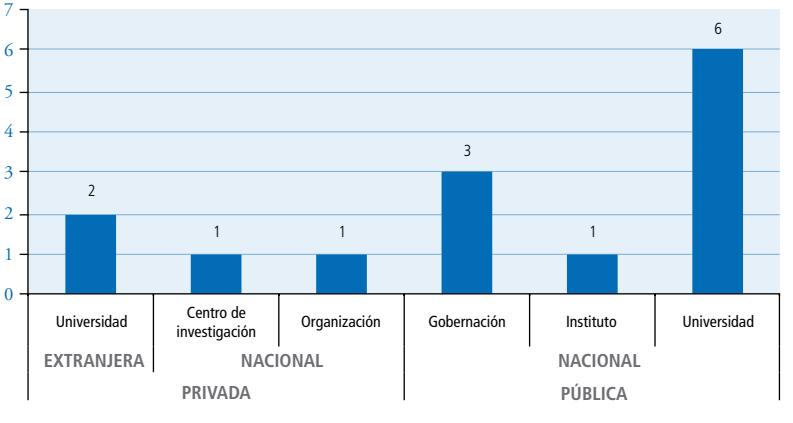
Caso de varias regiones:
PROYECTO DESARROLLO INVESTIGACIÓN APLICADA PARA CONTRIBUIR A UN MODELO EFECTIVO Y SOSTENIBLE DE INTERVENCIÓN DEL DENGUE EN SANTANDER, CASANARE Y VALLE DEL CAUCA



Ejecutor asignado

Departamentos participantes	Valores aprobados por el OCAD
CASANARE	$ 3.100
SANTANDER	$ 4.400
VALLE DEL CAUCA	$ 2.010
TOTAL	**$ 9.510**

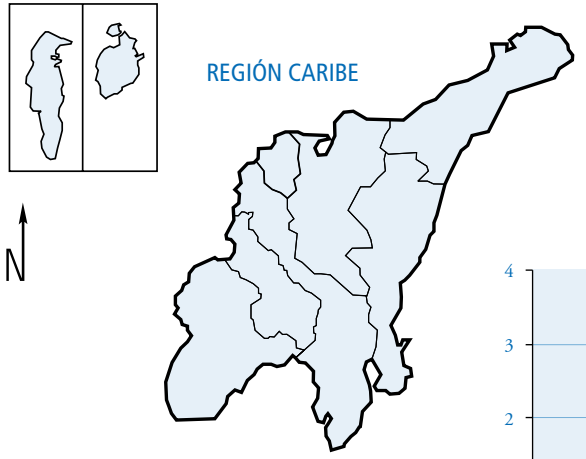
Entidades participantes en el proyecto y su naturaleza



Fuente: Secretaría Técnica-Fondo CTeI

Gráfica 11.13. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales

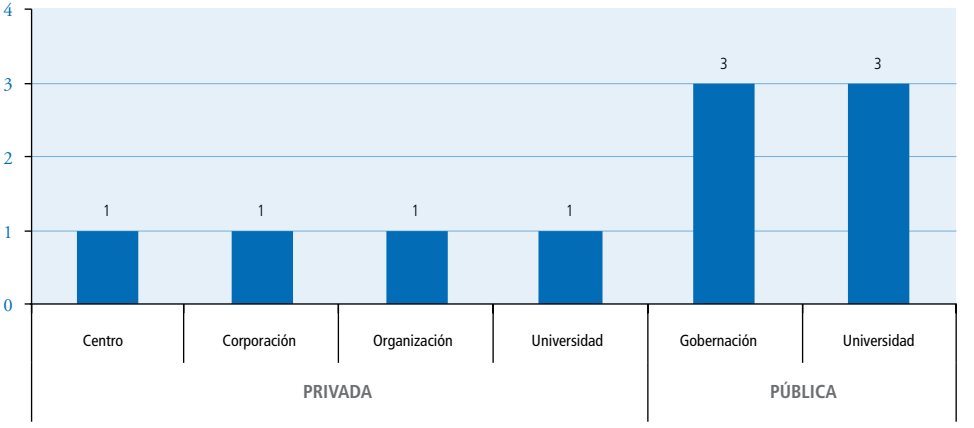
Caso Región Caribe:
PROYECTO DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA ACUICULTURA EN EL CARIBE COLOMBIANO



Ejecutor asignado

Departamentos participantes	Valores aprobados por el OCAD
BOLÍVAR	$5.100
LA GUAJIRA	$1.102
SUCRE	$2.437
TOTAL	**$8.639**

Entidades participantes en el proyecto y su naturaleza

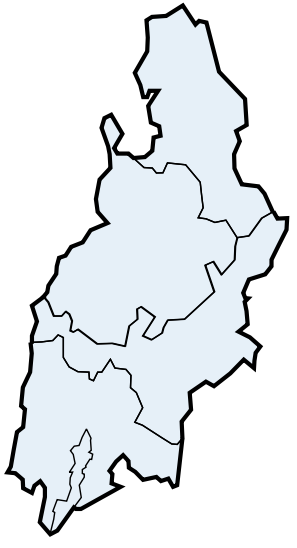


Fuente: Secretaría Técnica-Fondo CTeI

Gráfica 11.14. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales

Caso Región Centro Oriente:
PROYECTO INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL CON EL FIN DE MEJORAR TODO EL DEPARTAMENTO, CUNDINAMARCA, CENTRO ORIENTE

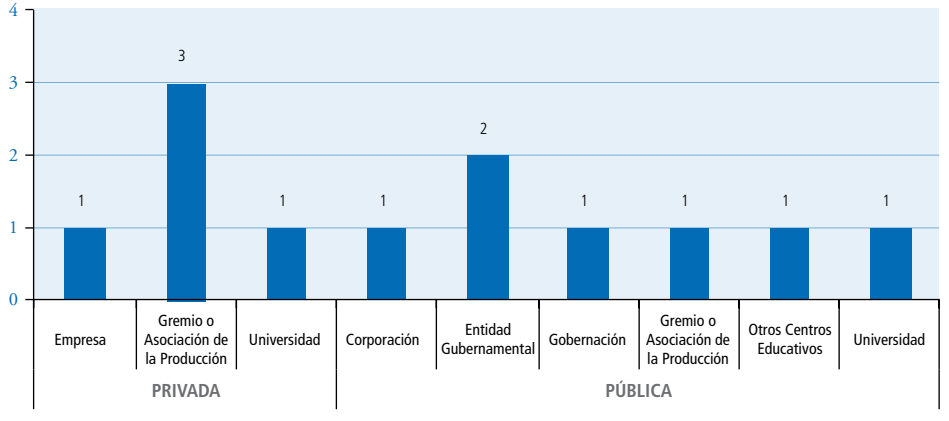
REGIÓN CENTRO ORIENTE



Ejecutor asignado

Departamentos participantes	Valores aprobados por el OCAD
BOGOTÁ, D.C.	$16.000
CUNDINAMARCA	$18.707
TOTAL	**$34.707**

Entidades participantes en el proyecto y su naturaleza



Vale la pena destacar que el FCTeI del SGR diferencia dos niveles a los integrantes de un proyecto: 1) el ejecutor, que debe ser de naturaleza pública y su función es administrar y dar cuenta del uso de los recursos de regalías aprobados, y 2) las entidades que participan y llevan a cabo las actividades descritas en el proyecto, las cuales además de ser varias podrán ser de naturaleza pública o privada. Otro de los objetivos de la inversión de regalías en CTeI es la articulación de los agentes en alianzas que vinculen universidades, empresas, Estado y sociedad civil, de manera que los proyectos puedan ser un instrumento, tanto para generar sinergias en el sector público como para fortalecer el sector privado y la integración entre estos.

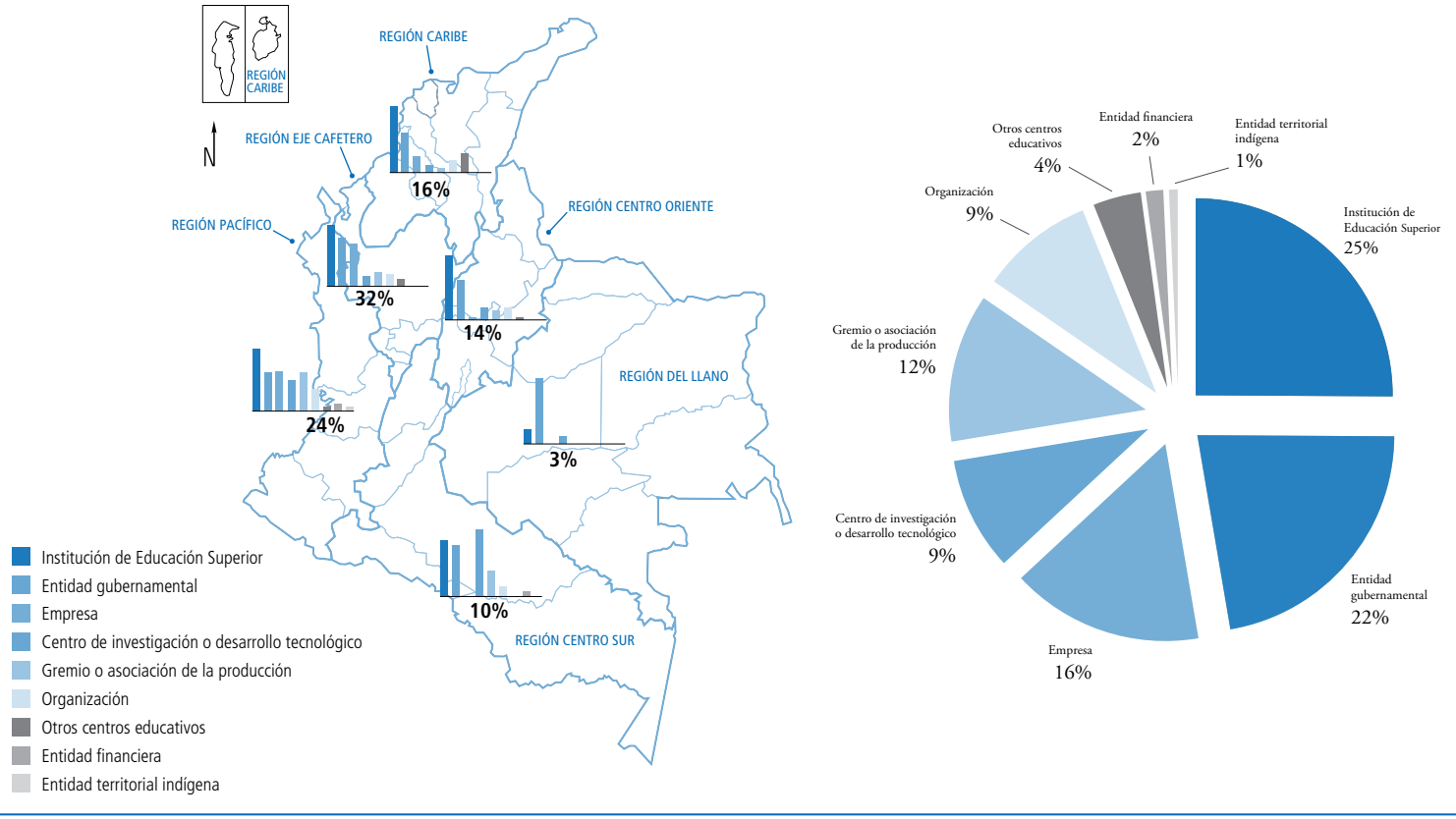
La gráfica 11.15 presenta la participación de los actores del Sistema Nacional de CTeI en los programas y proyectos aprobados por el FCTeI del SGR, en especial las instituciones de educación superior (25%), las entidades gubernamentales (22%) y las empresas (16%). Esto demuestra que, si bien existen algunas barreras para desarrollar trabajos conjuntos y articulados entre los agentes del Sistema Nacional de CTeI, sí fue posible generar este tipo de sinergias en los recursos de regalías asignados en 2012.

Un aspecto en el que hace falta claridad y que puede estar incidiendo negativamente para la constitución de alianzas entre los actores del Sistema Nacional de CTeI es el relativo a los derechos de propiedad intelectual. A lo anterior se suma la poca orientación sobre la forma de ejecución de los recursos aprobados.

Dentro del Sistema Nacional de CTeI la ejecución de programas y proyectos está reglamentada por el Decreto 393 de 1991 (modalidades de asociación) y el Decreto 591 de 1991 —modalidades específicas de contratos que celebren la Nación y sus entidades descentralizadas para el fomento de actividades científicas y tecnológicas—, los cuales definen, en términos legales, lo que se entiende por actividad de CTeI y algunos mecanismos para ejecutarlos usando el derecho privado. No obstante, subsisten limitaciones para su aplicación, razón por la que el gobierno actualmente trabaja en la elaboración de normas sobre la ejecución de recursos asignados a proyectos de CTeI por parte de las entidades territoriales, los mecanismos legales para utilizar el derecho privado, los roles de cada una de las instituciones que participan en los proyectos, herramientas que probablemente definirán las reglas de juego en el contexto del nuevo sistema de regalías.

A pesar del avance en cuanto a integrar los esfuerzos nacionales y regionales para ejecutar programas y proyectos de CTeI queda por evaluar la capacidad del Estado colombiano para implementar y ejecutar los recursos obtenidos por regalías.

Gráfica 11.15. Participación de los actores del Sistema Nacional de CTeI en los programas y proyectos aprobados por el FCTeI del SGR, 2012



Fuente: Secretaría Técnica, OCAD-Fondo CTeI-SGR

11.2.4. Lecciones

Tras el primer año de implementación del FCTeI y del camino recorrido por los programas y proyectos aprobados en el 2012, Colciencias, en calidad de Secretaría Técnica, identificó algunas debilidades y lecciones en tres aspectos: *la escasa capacidad para utilizar estos recursos con una visión de región; el bajo nivel de articulación, tanto de las entidades territoriales como de los actores del Sistema Nacional de CTeI-las instituciones del orden nacional.* Como logros quedan *los procesos adelantados y el acompañamiento a las regiones para la formulación de programas y proyectos de CTeI con impacto regional.* Unas y otros se resumen en la tabla 11.2.

Tabla 11.2. Lecciones, debilidades y oportunidades del proceso de implementación de los programas y proyectos aprobados en el 2012 por el FCTeI del SGR

	Lecciones	Debilidades	Oportunidades
Visión de región	Fortalecimiento de procedimientos de jerarquización y priorización a nivel departamental	Programas y proyectos sin suficiente concertación y socialización con los agentes del SNCTeI Duplicidad en algunas propuestas presentadas por las regiones	Aumentar el acompañamiento a las regiones para la identificación de prioridades regionales con base en los planes departamentales de ciencia, tecnología e innovación. Apoyar iniciativas regionales a través de programas transversales en áreas estratégicas comunes como, por ejemplo, formación de capital humano altamente calificado. Este tipo de estrategia se ha venido implementando en Chile como medida para fortalecer la coordinación entre el orden nacional y el regional.
	Fortalecimiento de la institucionalidad de CTeI	Falta de articulación entre los actores regionales del Sistema Nacional de CTeI	Fortalecer las capacidades de los Codecti para la planeación, formulación y evaluación de la política regional de CTeI, así como para hacer seguimiento en el corto, mediano y largo plazo a los proyectos.
	Ajustes necesarios a los PEDCTI	Algunos departamentos no son claros en sus propuestas y carecen de una política regional en CTeI.	Fortalecer los PEDCTI y apoyar las iniciativas para implementar los objetivos y estrategias definidas en los planes que están en construcción.
	Formación en gestión de la CTeI	Falta capacidad para la gestión y concertación de proyectos de CTeI por parte de los agentes del SNCTeI en las regiones.	Generar programas de formación en gestión de proyectos de CTeI en las regiones.
	Lecciones	**Debilidades**	**Oportunidades**
Coordinación	Coordinación entre departamentos para conformar "región" y disminuir brechas	A pesar de los cinco proyectos de orden regional presentados fueron varias las dificultades que debieron sortear para llegar a acuerdos comunes entre los departamentos participantes.	Apoyar la conformación de regiones a través de redes temáticas en las que se analicen las fortalezas y necesidades frente a posibles iniciativas. Constituir alianzas entre los actores del Sistema Nacional de CTeI que permitan disminuir brechas con las regiones y departamentos con menores capacidades. Fortalecer la reglamentación que permita ejecutar proyectos a través de alianzas regionales.
	Coordinar y articular actores, sectores y regiones de CTeI	Algunos proyectos aprobados presentaron problemáticas y objetivos similares, lo cual plantea la necesidad de articular regiones en torno a necesidades comunes para evitar duplicidades.	Fortalecer las agendas únicas sectoriales en CTeI como mecanismo para adelantar los procesos de priorización y coherencia de proyectos concertados. Un insumo importante pueden ser los análisis de prospectiva tecnológica.
	Aprovechar lo construido y las capacidades existentes	Se presentaron proyectos con apuestas que ya habían sido construidas o trabajadas en la región, por ejemplo, centros de I+D en áreas similares.	Fortalecer los sistemas de información con el inventario y promoción de las capacidades instaladas en la región, para evitar que los agentes del sistema presenten iniciativas ya existentes.
	Oportunidad de articulación con los otros fondos del SGR y el uso del instrumento *Contratos Plan*	Proyectos que presentaron iniciativas similares a las trabajadas por instituciones del orden nacional.	Coordinar las apuestas regionales y los instrumentos ofrecidos por el gobierno nacional para apoyar la CTeI en el nivel territorial, buscando: complementariedad entre las fuentes de financiación, establecer programas concertados entre instancias del orden nacional y regional, por ejemplo, Programa transversal en investigación de materiales para la construcción de vías.

Lecciones aprendidas		Debilidades	Oportunidades
Formulación Y Evaluación De Proyectos	Dificultades en la preparación de proyectos de CTeI con impacto regional	Falta apropiación de los conceptos de CTeI necesarios para la formulación de programas y proyectos con impacto regional.	Capacitar a través de talleres en los conceptos básicos de CTeI, la formulación de programas y proyectos, así como con el apoyo de estructuradores en las regiones.
	Desconocimiento de reglas de juego y oportunidades	Falta información sobre los requisitos, lineamientos y procesos establecidos en el marco normativo del Sistema General de Regalías.	Socializar a través de campañas de información todos los procesos y procedimientos del Sistema General de Regalías.
	Necesidad de mejoramiento del marco lógico MGA en función de CTeI	Los actores del SNCTeI manifestaron dificultades con esta metodología para plasmar el potencial de los proyectos y por ello debieron presentar los proyectos con muchos soportes.	Fortalecer la MGA para la formulación de proyectos de CTeI, tomando como base la que actualmente utiliza Colciencias.
	Necesidad de mejoramiento de la evaluación	El nuevo esquema de evaluación plantea dificultades y líneas de aprendizaje, los programas y proyectos de regalías involucraron un componente regional adicional a los procesos de evaluación que usualmente utiliza Colciencias.	Fortalecer los procesos de evaluación bajo el esquema de paneles evaluadores, esto implica involucrar la participación de expertos en impacto regional junto a la de evaluadores en las áreas temáticas de los proyectos.

Fuente: elaboración propia

11.3. Retos para la inversión en CTeI a través de recursos de regalías

A partir del Acto Legislativo 005 de 2011 Colombia se unió a una serie de experiencias latinoamericanas en materia de uso de los recursos de regalías como fuente para financiar procesos de fortalecimiento de los sistemas nacionales y regionales de innovación y como estrategia para el desarrollo regional.

En este sentido, y con base en los resultados presentados anteriormente, se observan algunos retos que se encuentran alineados con los que han tenido países como Chile y Brasil, especialmente en cuanto al logro de una visión compartida entre el orden nacional y las regiones respecto al uso de estos recursos, la articulación de los actores del Sistema Nacional de CTeI y la generación de capacidades departamentales para presentar proyectos con impacto regional.

Estas dificultades, sin duda, plantean la necesidad de intervención del Estado para mejorar las condiciones de las regiones y lograr invertir estos recursos en actividades que produzcan un mayor impacto regional. En este orden, en el 2013 a Colciencias le fue asignada la función de articular los criterios de inversión del FCTeI con los actores del Sistema Nacional de CTeI. Con apoyo de los miembros del OCAD del FCTeI del SGR se establecieron algunos lineamientos sobre regalías para la CTeI, que fueron luego institucionalizados mediante el Acuerdo 0016 de julio de 2013 de la Comisión Rectora del SGR, en orden a garantizar unos requisitos mínimos que deben cumplir los programas y proyectos de CTeI que busquen ser financiados con estos recursos, los cuales se resumen en el recuadro 11.1.

A pesar de los aprendizajes alcanzados y los mecanismos que ha venido desarrollando el gobierno para mejorar la implementación y ejecución de recursos del FCTeI quedan retos importantes, como la evaluación del impacto de los proyectos aprobados para identificar si efectivamente han incidido en el avance de la CTeI en las regiones y establecer hasta qué punto estas lograron ejecutar eficientemente los recursos de regalías; identificar la capacidad de las regiones para seguir los linea-

mientos establecidos en el Acuerdo 0016 de 2012 y determinar hasta qué punto el Estado puede intervenir generando programas y proyectos de mediano y largo plazo, en caso de que las regiones no logren cumplirlos. Este proceso implicará el fortalecimiento institucional del Sistema Nacional de CTeI en las regiones, pues es evidente que los recursos de regalías son, desde el 2012, una de las principales fuentes de inversión en CTeI en Colombia.

Tabla 11.3. Principales comparaciones casos Chile, Brasil y Colombia

Aspectos	Fondo Nacional de Innovación para la Competitividad (FIC)	Fondo para el Desarrollo Social	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación -SGR
	-Chile-	- Brasil-	-Colombia-
Objetivo	Financiar actividades de innovación y estimular la diversificación productiva para disminuir los riesgos comerciales.	Generar condiciones equitativas entre las municipalidades y regiones del Brasil.	Incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento.
Instancias rectoras	Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (instancia público-privada).	Consejo Deliberante del Fondo Social Banco de Brasil y la Caja Económica Federal.	Comisión Rectora. Órgano Colegiado de Administración y Decisión. Gobierno nacional. Gobierno territorial. Universidades.
Participación de instancias del orden regional	Sí	Centralizado	Sí
Prioridades	Ciencia y desarrollo tecnológico. Formación de capital humano. Actividad de innovación y emprendimiento. No obstante, cada instancia regional debe decidir en qué se invierte.	Proyectos para aliviar la pobreza. Proyectos de cambio climático. Actividades de educación. Cultura. Salud. Actividades de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo social.	Investigación y desarrollo tecnológico que comprende: investigación básica, aplicada y experimental; formación de capital humano altamente calificado; actividades de innovación; servicios científicos y tecnológicos.
Dificultades implementación	Baja ejecución. Bajas capacidades para presentar proyectos con impacto regional. Fallas en la coordinación nacional y regional para financiar proyectos.	Falta de claridad en los organismos que participan en la toma de decisiones. Dificultad para orientar la inversión.	Dificultades en la visión de región. Dificultades de coordinación entre los actores del Sistema Nacional de CTeI. Bajas capacidades para generar proyectos.

Fuente: elaboración propia

Recuadro 11.1. Lineamientos para la inversión de recursos del FCTeI-SGR

Para lograr impactos importantes tanto a nivel regional como nacional, se propone que todos los programas y proyectos deben cumplir los lineamientos siguientes:

1. Impacto Regional y Redes Temáticas. Los proyectos tendrán impacto regional, en los términos del artículo 155 de la Ley 1530 de 2012. Igualmente deben estar dirigidos a la consolidación de redes temáticas que vinculen a diferentes

actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, promoviendo la interdisciplinariedad y complementariedad, cuando existan.

2. Articulación con los planes y agendas departamentales, nacionales y sectoriales. Los proyectos deberán tener concordancia, ser pertinentes, coherentes y consistentes con los Planes Desarrollo y podrán tener concordancia, ser pertinentes, coherentes y consistentes con otros ejercicios de planeación estratégica regional como, los Planes Regionales de Competitividad y los Planes Estratégicos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación y los Contratos Plan; igualmente, con los planes y estrategias sectoriales del orden nacional.

3. Aprovechamiento de las vocaciones, oportunidades y capacidades instaladas. Los proyectos deberán estar orientados a la solución innovadora de problemas y al aprovechamiento de las oportunidades de cada región, para lo cual debe profundizarse en el conocimiento local y regional, tanto de la sociedad como de la naturaleza. La capacidad regional instalada debe ser promovida y usada plenamente.

4. Articulación e inclusión de actores. Los proyectos fomentarán la articulación del estado en todos sus niveles: central, departamental y municipal y promover la participación de todos los actores de construcción del conocimiento y la innovación (Universidad- Empresa- Estado-Sociedad Civil Organizada) a fin de garantizar una apropiación de la Ciencia, Tecnología e Innovación más profunda y rápida.

5. Respuesta Integral a los problemas. Los proyectos y programas deberán contener una perspectiva compleja e integral de las posibles soluciones de los problemas, lo cual requiere interdisciplinariedad y construcción participativa del conocimiento, así como la construcción de la cadena que vincula la investigación básica y aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación, según corresponda. La dimensión social y ambiental debe ser parte fundamental de los programas y proyectos, teniendo en cuenta posibilidades como el postconflicto.

6. Disminución de brechas de conocimiento en ciencia, tecnología e innovación. Los proyectos promoverán la alianza de grupos de investigación más avanzados, reconocidos y categorizados por Colciencias, con los menos avanzados contribuyendo a la disminución de brechas de conocimiento.

7. Complementariedad con otras iniciativas de orden regional y/o nacional. Los proyectos promoverán alianzas y articulación con los otros fondos del Sistema General de Regalías, y otras fuentes como los fondos sectoriales y los de Colciencias, y otros mecanismos como lo son los Contratos Plan en una visión solidaria, altruista y a la vez pragmática de optimización de recursos y esfuerzo.

Fuente: Acuerdo 0016 de 2012 expedido por la Comisión Rectora del SGR

11.4. Conclusiones

El uso de fondos regionales ha sido una medida usual para mitigar los efectos de ingresos obtenidos por la explotación de recursos naturales no renovables. Estos fondos tienen como función ahorrar estos nuevos ingresos y focalizar dichos recursos en inversiones que permitan diversificar la producción de un país; al mismo tiempo buscan disminuir los riesgos cambiarios y mitigar los efectos de la denominada "enfermedad holandesa".

En Latinoamérica, Chile y Brasil primero, luego Colombia, siguieron procesos similares al crear fondos para el manejo de los recursos provenientes de regalías destinados a CTeI y avanzan en el proceso de mejorar su implementación. De estas experiencias vale la pena destacar algunos obstáculos relacionados especialmente con problemas de coordinación y establecimiento de prioridades entre el orden nacional y el regional, que no han permitido obtener mayores impactos. Entre las soluciones que se han venido implementando, particularmente en Chile, está la generación de dos tipos de financiación: la primera orientada a áreas estratégicas nacionales en CTeI cuya ejecución se hace a través de convenios de desempeño; la segunda dirigida a la financiación directa de las necesidades regionales. Las dos instancias de decisión nacional y regional pueden converger.

En Colombia es evidente el gran impulso que los recursos de regalías han representado para la inversión en CTeI, y se estiman ingresos promedio de 500 millones de dólares anuales, cifra que puede impactar positivamente el porcentaje de inversión de I+D sobre el PIB en 0,27%. No obstante, en la primera aprobación de proyectos de CTeI con cargo al FCTeI se han hecho evidentes algunas dificultades, especialmente en la formulación de proyectos con alto impacto regional, así como en la generación de alianzas entre actores del Sistema Nacional de CTeI: universidad, empresa, Estado y sociedad civil. La mayoría de los proyectos aprobados en 2012 fueron de carácter departamental y la inversión se situó de acuerdo con los recursos de cada entidad territorial, a pesar de que el objetivo del FCTeI es orientar la inversión hacia proyectos de impacto regional.

De ahí que, tanto la experiencia como los recientes lineamientos apuntan hacia la necesidad de: fortalecer la articulación de propuestas y actores con visión e impacto regional dirigidas a generar redes de conocimiento; preparar a las regiones para formular programas y proyectos de impacto regional; así como determinar el nivel de intervención del Estado colombiano para lograr dar respuesta a estos lineamientos de inversión y estructurar proyectos e iniciativas orientadas al desarrollo regional con base en la ciencia, la tecnología y la innovación.

Referencias

Articulos académicos

Álvarez, R. & Fuentes, R. (2006). El "síndrome holandes": teoría y revisión de la experiencia internacional. *Economía Chilena*, 6(3), 97 - 108.

Collier, P. (2008). Club de la miseria. Madrid: Turner.

Chung, S. (1996). Theoretical review on national innovation system: from the aspects of innovation user–producer relationship. *S & T Trend* (10), 46 - 59.

Doloreux, D. & Parto, S. (2005). Regional innovation systems: Current discourse and unresolved issues. *Technology in Society,* 27, 133 - 155.

Johnson, S. D. (1992). A framework for technology education curricula which emphasizes intellectual processes. *Journal of Technology Education*.

Korinek, J. (2013). Mineral Resources Trade in Chile: Contribution of Development and Policy Implications. OECD Trade Policy Paper.

Lundvall, B. A. (1992). National systems of innovation: Towards a theory of innovation.

Lundvall, B. A. (1988). Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the National Innovation Systems. Technology and economic theory.

Ranga, M. (s. f.). Building University-Industry-Government Alliances for Innovative Regional Ecosystems: Research and Policy Trends. Conference Connecting Colombia: Development from Innovation.

Dagnino, R. (2011). A comunidade de pesquisa e a política de ciência e tecnologia: olhando para os países avançados . Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS.

Storper, M. (1995). The Resurgence of Regional Economies, Ten Years Later. The Region as a Nexus of Untraded Interdependencies. European Urban and Regional Studies, 2(3), 1991 - 221.

Documentos institucionales

BID. (2010). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. Washington, D. C.: Fondo de Cultura Económica.

Colciencias. (2012). *Guía sectorial de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Bogotá: Autor.

Colciencias. (2012). *Informe de gestión 2012*. Bogotá: Autor.

Colciencias. (2013). *Lineamientos y sugerencias sobre regalías para la ciencia, tecnología e innovación.* Bogotá: Autor.

Departamento Nacional de Planeación - Colciencias. (2011). *Informe Consultoría Chilena: Estrategia Nacional de Innovación.* Bogotá: Autor.

Departamento Nacional de Planeación - Colciencias. (2006). *Visión 2019: Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación.* Bogotá: Autor.

Departamento Nacional de Planeación. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014: Prosperidad para todos.*

Departamento Nacional de Planeación. (2009). *Documento Conpes: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.* Bogotá: Autor.

Chile. Ministerio de Economía, Industria y Turismo. (2009). *Política Nacional de Innovación para la Competitividad: Orientaciones y Plan de Acción 2009 - 2010*. Santiago de Chile: Autor.

OCDE. (2010). Science, Technology and Industry Outlook. OCDE

OECD. (2013). OECD Territorial Reviews Brazil. OCDE.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología –OCyT. (2012). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia*.

Leyes y decretos

Acto Legislativo 005 de 2001 (18 de julio de 2011). Por el cual se constituye el Sistema General de Regalías, se modifican los artículos 360 y 361 de la constitución política y se dictan otras disposiciones sobre el régimen de regalías y compensaciones.

Ley 1286 de 2009. (23 de enero de 2009). Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.

Ley 1530 de 2012. (17 de mayo de 2012). Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías.

Ley 1606 de 2012. (21 de diciembre de 2012). Por la cual se decreta el presupuesto del Sistema General de Regalías para el bienio del 1° de enero de 2013 al 31 de diciembre de 2014.

Decreto 1075 de 2012. (22 de mayo de 2012). Por el cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los OCAD y las secretarías técnicas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 de la Ley N° 1530 de 2012.

Decreto 1949 de 2012. (19 de septiembre de 2012). Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1530 de 2012 en materia presupuestal y se dictan otras disposiciones.

Decreto 392 de 1991. (8 de febrero de 1991). Por el cual se dictan normas sobre asociación para actividades científicas y tecnológicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías.

Decreto 591 de 1991. (26 de febrero de 1991). Por el cual se regulan las modalidades especificas de contratos de fomento de actividades científicas y tecnológicas.

Acuerdo 016 de 2012 expedido por la Comisión Rectora (17 de julio de 2013). Por el cual se fija la política de inversión de recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Acuerdo 009 de 2011 expedido por la Comisión Rectora (17 de julio de 2013). Por el cual se establecer los lineamientos para la formulación, presentación, verificación, viabilización, priorización y aprobación de programas y proyectos de inversión de ciencia, tecnología e innovación a ser financiados con recursos del Sistema General de Regalías.

Páginas web

Banco Mundial: http://datos.bancomundial.org/tema/ciencia-y-tecnologia. Fecha de consulta: agosto de 2013.

Colciencias: http://www.colciencias.gov.co/

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo de Chile: http://www.economia.cl/

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana- Ricyt: http://www.ricyt.org/. Fecha de consulta: agosto de 2013.

Brasil. Senado Federal: http://www.senado.gov.br/

Sistema General de Regalías de Colombia: https://www.sgr.gov.co/Inicio.aspx

Índice de tablas

Capítulo 1

Colaboraciones en Colombia, un análisis de las coautorías en el Web of Science 2001 - 2010.

Tabla 1.1. Patrones de colaboración en la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, por tipo de colaboración, 2001 - 2010

Capítulo 2

Análisis de la dinámica de producción de documentos científicos en los departamentos emergentes del país (2001 - 2010)

Tabla 2.1. Sectores o apuestas productivas declaradas en los documentos de política nacional
Tabla 2.2. Protocolo para la aplicación del método de palabras asociadas (MPA)
Tabla 2.3. Normalización de términos para la aplicación del método MPA
Tabla 2.4. Agrupamiento de los entes territoriales según sus características de producción bibliográfica
Tabla 2.5. Producción bibliográfica por departamentos 2001 - 2010
Tabla 2.6. Palabras con mayor densidad y centralidad (conglomerados desarrollados y centrales)
Tabla 2.7. Sectores priorizados en las agendas internas para la productividad y la competitividad de los departamentos emergentes
Tabla 2.8. Temáticas identificadas a partir de los conglomerados con mayores valores de densidad y centralidad en los departamentos emergentes

Capítulo 3

Capacidades regionales en I+D: balance 2008 - 2011

Tabla 3.1. Variables consideradas para la agrupación departamental
Tabla 3.2. Ejecución en I+D (millones de pesos del 2011) según entidad territorial, 2008 - 2011
Tabla 3.3. Grupos de investigación según entidad territorial, 2008 - 2011

Tabla 3.4. Investigadores activos vinculados a grupos según entidad territorial, 2008 - 2011
Tabla 3.5. Programas de doctorado según entidad territorial, 2008 - 2011
Tabla 3.6. Revistas indexadas en Publindex según entidad territorial de la institución editora, 2008 - 2011
Tabla 3.7. Producción científica en revistas indexadas en Scopus, 2008 - 2011
Tabla 3.8. Solicitudes de patentes de invención y de modelos de utilidad, 2008 - 2011
Tabla 3.9 Agrupación de los departamentos de acuerdo con el procedimiento heurístico
Tabla 3.10. Agrupación de departamentos según sus capacidades de I+D

Capítulo 4

Análisis del recurso humano vinculado a grupos de investigación en universidades colombianas: una aproximación a los indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas

Tabla 4.1. Indicadores de la dimensión de temporalidad incluidos en el Manual de Buenos Aires
Tabla 4.2. Indicadores de la dimensión de diversidad considerados en el Manual de Buenos Aires
Tabla 4.3. Indicadores de la dimensión de movilidad considerados en el Manual de Buenos Aires
Tabla 4.4. Indicadores de la dimensión de colaboración considerados en el Manual de Buenos Aires
Tabla 4.5. Composición de la población de investigadores activos vinculados a grupos de investigación avalados por universidades, variaciones en cada año, 2002 - 2011
Tabla 4.6. Composición de la población de investigadores activos vinculados a grupos avalados por universidades, según áreas de conocimiento OCDE, 2002 - 2011
Tabla 4.7. Dedicación a investigación de los investigadores vinculados a universidades, 2011

Capítulo 5

Análisis de los centros autónomos de I+DT desde las áreas de la ciencia y la tecnología

Tabla 5.1. Resumen de los principales indicadores de los CAIDT, según área de la ciencia

Tabla 5.2. Matriz área de clasificación vs. área de inversión como porcentaje del I+D
Tabla 5.3. Promedio de los indicadores, según área de la ciencia

Capítulo 6

Estudio comparativo de los resultados de las Encuestas de innovación y Desarrollo Tecnológico (EDIT) en la industria manufacturera en Colombia desde una perspectiva sectorial

Tabla 6.1. Número de empresas, según sectores considerados
Tabla 6.2. Participación de las empresas según tamaño
Tabla 6.3. Distribución de la inversión realizada en el período en actividades conducentes a la innovación y del total empleados en las empresas manufactureras en el 2010
Tabla 6.4. Inversión por empleado en actividades conducentes a la innovación (millones de pesos del 2011)
Tabla 6.5. Distribución de la inversión en actividades conducentes a la innovación según tipo de actividad, 2003 - 2010
Tabla 6.6. Participación de la inversión en I+D dentro del total de inversión en actividades conducentes a la innovación
Tabla 6.7. Personal ocupado en las empresas según grado de formación, 2010
Tabla 6.8. Personal ocupado por las empresas que participa en las actividades conducentes a la innovación según grado de formación, 2010
Tabla 6.9. Porcentaje de empresas que reportan innovación de productos según novedad del producto
Tabla 6.10. Distribución de empresas según grado de innovación y sector

Capítulo 7

Una mirada a la producción de software de la comunidad científica colombiana

Tabla 7.1. Aspectos jurídicos y de registro
Tabla 7.2. Clasificación de software de acuerdo con el modelo NAPCS
Tabla 7.3. Depuración de la información extraída de la base de datos CvLAC
Tabla 7.4. Análisis de similitud en los registros CvLAC
Tabla 7.5. Análisis de similitud en los registros GrupLAC
Tabla 7.6. Transformación de información de campos abiertos en variables
Tabla 7.7. Número de registros en CvLAC que reportan información sobre registro de software
Tabla 7.8. Información disponible para análisis de registros por entidad territorial

Tabla 7.9. Número de registros por categoría del grupo
Tabla 7.10. Número de registros según área OCDE del grupo
Tabla 7.11. Carácter de la institución referenciada

Capítulo 8

Percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia. Encuestas nacionales 1994, 2004 y 2012

Tabla 8.1. Comparativo fichas técnicas encuestas nacionales de percepción pública de la ciencia y la tecnología, 1994, 2004 y 2012
Tabla 8.2 Información sociodemográfica de las personas encuestadas, 1994, 2004, 2012
Tabla 8.3. ¿Usted se considera una persona informada en lo que se refiere a ciencia y tecnología?, 2004
Tabla 8.4. Con los siguientes temas usted se informa o se entretiene, 2012
Tabla 8.5. Medio por el cual se entera con mayor frecuencia de los adelantos científicos, 1994
Tabla 8.6. ¿Ve programas de televisión destinados a informar sobre ciencia y tecnología?, 2004
Tabla 8.7. En los periódicos hay noticias, comentarios, artículos sobre temas científicos y tecnológicos ¿lee usted este tipo de información?, 2004
Tabla 8.8. ¿Acostumbra escuchar programas radiales especializados que suministran información sobre ciencia y tecnología?, 2004
Tabla 8.9. De los siguientes medios de comunicación cuáles han sido los DOS que usted más ha consumido durante los últimos 30 días hasta hoy (2012)
Tabla 8.10. ¿Con cuál de los siguientes medios usted se informa sobre ciencia?, 2012
Tabla 8.11. ¿Con cuál de los siguientes medios usted se informa sobre tecnología?, 2012
Tabla 8.12. Cuando se habla de ciencia ¿cuál es la primera palabra en la que usted piensa?, 2004
Tabla 8.13. Cuando se habla de ciencia, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012
Tabla 8.14. ¿Cuando escucho hablar de tecnología pienso en?, 1994
Tabla 8.15. Cuando se habla de tecnología ¿cuál es la primera palabra en la que usted piensa?, 2004
Tabla 8.16. Cuando se habla de tecnología, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012
Tabla 8.17. Cuando se habla de innovación, ¿en qué palabra piensa usted?, 2012
Tabla 8.18. ¿Cuáles características describen a un científico?, 1994
Tabla 8.19. ¿Alguna característica negativa del científico?, 1994

Tabla 8.20. ¿Cuáles cree que son en general las principales motivaciones que tiene un científico para dedicarse a su trabajo?, 2004
Tabla 8.21. De la siguiente lista por favor seleccione las DOS características que usted considera describen mejor a una persona que hace ciencia, 2012
Tabla 8.22. De la siguiente lista por favor seleccione las TRES razones por las cuales cree usted que una persona decide trabajar en ciencias, 2012
Tabla 8.23. ¿Si usted tuviera un hijo le apoyaría para que estudiara una carrera como…?, 1994
Tabla 8.24. ¿Si usted tuviera una hija la apoyaría para que estudiara una carrera como…?, 1994
Tabla 8.25. ¿Qué tan orgulloso estaría Ud. si un hijo suyo se dedicara a trabajar como científico?, 2004
Tabla 8.26. Si usted tuviera una hija/hijo le gustaría que estudiara, 2012
Tabla 8.27. ¿Cuál es el último aporte que usted ha recibido de la ciencia y la tecnología?, 1994
Tabla 8.28. ¿Cuál o cuáles de los siguientes problemas considera que son los que generan el desarrollo de la ciencia y los avances de la tecnología?, 2004
Tabla 8.29. Me podría dar un ejemplo de un beneficio, 2012
Tabla 8.30. Me podría dar un ejemplo de un riesgo, 2012
Tabla 8.31. ¿Hasta qué punto diría usted que el conocimiento científico y tecnológico es útil en los siguientes ámbitos?, 2012
Tabla 8.32. ¿Con qué frecuencia usted?, 2004
Tabla 8.33. ¿Usted realiza las siguientes actividades?, 2012
Tabla 8.34. ¿Cuándo usted compra alimentos procesados qué tan a menudo?, 2012
Tabla 8.35. ¿Puede Colombia alcanzar el nivel científico de otros países latinoamericanos?, 1994
Tabla 8.36. ¿Usted cree que la ciencia y la tecnología en Colombia están…?, 2004
Tabla 8.37. Usted considera que en Colombia se hace ciencia, se hace tecnología, 2012
Tabla 8.38. ¿Si usted fuera el gobierno y tuviera en sus manos un presupuesto razonable para CyT, a qué le daría prioridad en el gasto?, 1994
Tabla 8.39. ¿Qué tan de acuerdo está con las siguientes afirmaciones?, 2004
Tabla 8.40. ¿Quién financia normalmente la investigación científica y tecnológica en nuestro país?, 2004
Tabla 8.41. ¿Por qué en nuestro país no hay mayor desarrollo tecnológico?, 2004
Tabla 8.42. Por qué considera que en Colombia no se hace ciencia/tecnología, 2012
Tabla 8.43. De la siguiente lista ordene de 1 a 10 los siguientes sectores de acuerdo con la importancia que usted les daría en la asignación del presupuesto público. Siendo 1 el más importante y 10 el menos importante, 2012

Tabla 8.44. De las siguientes entidades e instituciones ¿cuáles conoce o ha oído mencionar?, 2004
Tabla 8.45. Mencione el nombre de una entidad que hace ciencia, 2012
Tabla 8.46. Mencione el nombre de una entidad que hace tecnología, 2012
Tabla 8.47. ¿Cuáles de las siguientes funciones realiza Colciencias?, 2012
Tabla 8.48. En los dos últimos años usted ha:, 2012
Tabla 8.49. En caso de ser invitado a una reunión para tomar decisiones sobre impactos de la ciencia y la tecnología ¿usted asistiría?, 2012

Capítulo 9

Una mirada a la medición de la apropiación social de la ciencia y la tecnología a la luz del programa Ondas

Tabla 9.1. Líneas de investigación predominantes según regiones del país, 2008 - 2011
Tabla 9.2. Número de maestros vinculados al programa Ondas
Tabla 9.3. Tipo de entidades que coordinan el programa Ondas en los departamentos, 2008 - 2011
Tabla 9.4. Presupuesto del programa Ondas según entidad territorial, 2010 (millones de pesos 2010)
Tabla 9.5. Frente a las clases de matemáticas, física, química y biología, qué tan de acuerdo están los jóvenes con las siguientes afirmaciones
Tabla 9.6. ¿Qué tan seguido hacen las siguientes actividades por fuera de clase los jóvenes encuestados?
Tabla 9.7. Propuesta de variables que podrían ser incluidas por las entidades territoriales en sus informes sobre los proyectos que adelantan en el marco del programa Ondas

Capítulo 10

Apoyo público a la innovación: la experiencia de Colciencias en Colombia

Tabla 10.1. Firmas manufactureras que utilizan programas de Colciencias
Tabla 10.2. Regresión probit para Propensity Score
Tabla 10.3. Estimaciones - Muestra completa
Tabla 10.4. Estimaciones - Muestra de soporte común
Tabla 10.5. Chequeos de robustez - Muestra de soporte común

Capítulo 11

Regalías para la ciencia, la tecnología y la innovación: el caso colombiano

Tabla 11.1. Principales lecciones y retos en los casos de Chile y Brasil

Tabla 11.2. Lecciones, debilidades y oportunidades del proceso de implementación de los programas y proyectos aprobados en el 2012 por el FCTeI del SGR

Tabla 11.3. Principales comparaciones casos Chile, Brasil y Colombia

Índice de gráficas

Capítulo 1

Colaboraciones en Colombia, un análisis de las coautorías en el Web of Science 2001 - 2010.

Gráfica 1.1. Producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, 1984 - 2010

Gráfica 1.2. Distribución de la producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en el Web of Science, según área OCDE y año, 2001 - 2010

Gráfica 1.3. Distribución de la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, según el número de autores, 2001 - 2010

Gráfica 1.4. Crecimiento de distintos tipos de producción bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, según el tipo de colaboración, 2001 -2010

Gráfica 1.5. Distribución de la producción bibliográfica de autores asociados a instituciones colombianas, en revistas indexadas en el Web of Science, por área OCDE y número de autores, 2001 - 2010

Gráfica 1.6. Producción bibliográfica en ciencias naturales y exactas por tipo de colaboración, 2001 - 2010

Gráfica 1.7. Producción bibliográfica en ciencias médicas y de la salud por tipo de colaboración 2001 - 2010

Gráfica 1.8. Producción bibliográfica en ingeniería y tecnología por tipo de colaboración 2001 -2010

Gráfica 1.9. Producción bibliográfica en ciencias agrícolas por tipo de colaboración 2001 - 2010

Gráfica 1.10. Producción bibliográfica en ciencias sociales por tipo de colaboración 2001 - 2010

Gráfica 1.11. Producción bibliográfica en humanidades por tipo de colaboración 2001 - 2010

Gráfica 1.12. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias naturales y exactas

Gráfica 1.13. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias médicas y de la salud
Gráfica 1.14. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ingeniería y tecnología
Gráfica 1.15. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias agrícolas
Gráfica 1.16. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en ciencias sociales
Gráfica 1.17. Red de países que participan con autores afiliados a instituciones colombianas en la publicación de documentos en humanidades

Capítulo 2

Análisis de la dinámica de producción de documentos científicos en los departamentos emergentes del país (2001 - 2010)

Gráfica 2.1. Políticas nacionales de CTI, competitividad y productividad 2000 - 2010
Gráfica 2.2. Ubicación de los departamentos, según densidad y centralidad de los conglomerados de palabras

Capítulo 3

Capacidades regionales en I+D: balance 2008 - 2011

Gráfica 3.1. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales.
Gráfica 3.2. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales. Posición de los Departamentos con respecto a Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca
Gráfica 3.3. Insumos y productos de I+D para los departamentos de Colombia, según el análisis de componentes principales. Posición de los departamentos, excluyendo a Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca

Capítulo 4

Análisis del recurso humano vinculado a grupos de investigación en universidades colombianas: una aproximación a los indicadores de trayectorias científicas y tecnológicas

Gráfica 4.1. Composición de la población de análisis, 2002 - 2011
Gráfica 4.2. Investigadores activos en grupos de universidades con respecto al total de investigadores activos en el país distribuido por sexo y grupo etario, 2002, 2006 y 2010

Gráfica 4.3. Total de investigadores activos vinculados a grupos avalados por al menos una universidad, según rango etario y área OCDE, 2002, 2006 y 2010
Gráfica 4.4. Producción de los investigadores vinculados a grupos de investigación avalados, por las categorías de conocimiento incluidas el Manual de Buenos Aires
Gráfica 4.5. Participación de los diferentes tipos de producción, según áreas del conocimiento
Gráfica 4.6. Diversidad en producción por tipo de producto, según área de conocimiento y rango de edad
Gráfica 4.7. Histograma de los investigadores vinculados a grupos avalados por universidades, según la edad de primera producción y área OCDE
Gráfica 4.8. Precocidad en la edad de graduación de los investigadores con formación doctoral, según las áreas de conocimiento, discriminada por sexo y rango etario, 2002 - 2011
Gráfica 4.9. Investigadores activos vinculados a universidades en el periodo 2002 - 2011, con título de doctor, según rango de edad y lugar de formación
Gráfica 4.10. Investigadores activos vinculados a universidades, con doctorado obtenido en el extranjero, según rango de edad y área OCDE, 2002 - 2011
Gráfica 4.11. Total de investigadores con movilidad en la formación, según región de destino
Gráfica 4.12. Red de coautoría de artículos con autores vinculados a universidades, 2002 - 2011
Gráfica 4.13. Red de coautoría de artículos con autores vinculados a universidades por área OCDE, 2002 - 2011

Capítulo 5

Análisis de los centros autónomos de I+DT desde las áreas de la ciencia y la tecnología

Grafica 5.1. Modelo lógico para la caracterización
Gráfica 5.2. Inventario de centros de I+DT
Gráfica 5.3. CAIDT por área de la ciencia
Gráfica 5.4. Grupos activos de los CAIDT, según área de la ciencia, 2010
Gráfica 5.5. Distribución de la producción de los CAIDT, según área de la ciencia, 2006 - 2010
Gráfica 5.6. Perfil general de los CAIDT
Gráfica 5.7. Perfil de los centros en ciencias naturales y exactas
Gráfica 5.8. Perfil de los centros en ingeniería y tecnología

Gráfica 5.9. Perfil de los centros en ciencias médicas y de la salud
Gráfica 5.10. Perfil de los centros en ciencias agrícolas
Gráfica 5.11. Perfil de los centros en ciencias sociales y humanidades
Gráfica 5.12. Primer plano factorial de las variables de capacidades
Gráfica 5.13. Primer plano factorial de las variables de inversión
Gráfica 5.14. Primer plano factorial de las variables de producción
Gráfica 5.15. Áreas de la ciencia según recurso humano, producción y capacidades. Primer plano factorial

Capítulo 6

Estudio comparativo de los resultados de las Encuestas de innovación y Desarrollo Tecnológico (EDIT) en la industria manufacturera en Colombia desde una perspectiva sectorial

Gráfica 6.1. Cronología de las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica en Colombia.
Grafica 6.2. Empresas que invirtieron en actividades conducentes a la innovación y montos invertidos, 2003 - 2010
Grafica 6.3. Inversión en actividades conducentes a la innovación como porcentaje de ventas, 2003 - 2010
Gráfica 6.4. Gasto en I+D como porcentaje del gasto total en actividades conducentes a la innovación, 2003 - 2010
Gráfica 6.5. Personal ocupado en las empresas por grado de formación
Gráfica 6.6. Número de empresas que obtienen resultados de innovación según tipo y sector

Capítulo 7

Una mirada a la producción de software de la comunidad científica colombiana

Gráfica 7.1. Campos para la caracterización seleccionados de las bases de datos CvLAC y GrupLAC
Gráfica 7.2. Número de registros en CvLAC que reportan información sobre registro del producto por periodo
Gráfica 7.3. Productos de software registrados por periodo
Gráfica 7.4. Tipo de producto por subcategoría
Gráfica 7.5. Palabras más frecuentes en título del producto
Gráfica 7.6. Distribución por medio de divulgación

Gráfica 7.7. Número de registros según institución que certifica (registro del producto)
Gráfica 7.8. Distribución de grupos productores de software de acuerdo con la clasificación de Colciencias
Gráfica 7.9. Clasificación de los grupos que registraron productos de software para el periodo 2008 a 2010
Gráfica 7.10. Relación entre entidades territoriales según instituciones avaladoras del producto

Capítulo 8

Percepción pública de la ciencia y la tecnología en Colombia. Encuestas nacionales 1994, 2004 y 2012

Gráfica 8.1. ¿Usted cree que averiguar, indagar, preguntar, profundizar mejora en las personas la capacidad para decidir cosas importantes en la vida?, 2004
Gráfica 8.2. En su infancia le inculcaron…, 2012
Gráfica 8.3. ¿El bachillerato colombiano contribuye al desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes?, 1994
Gráfica 8.4. De las siguientes afirmaciones, por favor dígame si está o no de acuerdo con ellas, 2012
Gráfica 8.5. Muchas personas opinan que el desarrollo de la ciencia y los avances tecnológicos traen problemas para la humanidad ¿usted qué opina?, 2004
Gráfica 8.6. Perfil riesgos/beneficios 2012
Gráfica 8.7. Usted cree que la innovación en Colombia podría resolver problemas de:, 2012
Gráfica 8.8. La ciencia y la tecnología tienen mucha relación con mi diario vivir, 1994
Gráfica 8.9. En los últimos años usted ha ..., 2012
Gráfica 8.10. ¿Sabe usted qué es Colciencias?, 2012

Capítulo 9

Una mirada a la medición de la apropiación social de la ciencia y la tecnología a la luz del programa Ondas

Gráfica 9.1: Programa de formación de investigadores "Generación Bicentenario"
Gráfica 9.2 Número de niños y jóvenes apoyados por el programa Ondas
Gráfica 9.3. Número de grupos y maestros que participan en el programa Ondas

Gráfica 9.4. Grupos Ondas que pertenecen a comunidades étnicas y afrocolombianas
Gráfica 9.5. Entidades públicas, privadas y mixtas que coordinan el programa Ondas en los departamentos
Gráfica 9.6. Recursos invertidos en el programa Ondas en relación con el presupuesto de inversión de Colciencias, 2006 - 2010
Gráfica 9.7. Recursos invertidos en el programa Ondas, 2006 - 2010 (millones de pesos 2010)
Gráfica 9.8. Carrera que los estudiantes bogotanos manifiestan querer estudiar

Capítulo 11

Regalías para la ciencia, la tecnología y la innovación: el caso colombiano

Gráfica 11.1. Inversión en I+D como porcentaje del PIB, 2010
Gráfica 11.2. Principales indicadores de CTeI de Chile
Gráfica 11.3. Principales indicadores de CTeI de Brasil
Gráfica 11.4. Distribución de los recursos del Sistema General de Regalías
Gráfica 11.5. Distribución departamental de recursos del FCTeI-SGR, 2012, 2013 - 2014
Gráfica 11.6. Inversión departamental en I+D sobre el PIB y su relación con la distribución de recursos asignados al FCTeI-SGR, 2012, 2013 - 2014
Gráfica 11.7. Esquema de presentación de programas y proyectos susceptibles de ser financiados con recursos del FCTeI-SGR
Gráfica 11.8. Programas y proyectos aprobados por el OCAD en la sesión del 20 de diciembre de 2012
Gráfica 11.9. Distribución de los programas y proyectos aprobados por el OCAD el 20 de diciembre de 2012, según Programa Nacional de CTeI
Grafica 11.10. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales
Gráfica 11.11. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales
Gráfica 11.12. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales
Gráfica 11.13. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales
Gráfica 11.14. Proyectos aprobados 2012 bajo el esquema de alianzas regionales
Gráfica 11.15. Participación de los actores del Sistema Nacional de CTeI en los programas y proyectos aprobados por el FCTeI del SGR, 2012

Índice de mapas

Capítulo 3

Capacidades regionales en I+D: balance 2008 - 2011

Mapa 3.1. Distribución de los recursos destinados a actividades de I+D según tipo de institución ejecutora, 2008 - 2011

Capítulo 7

Una mirada a la producción de software de la comunidad científica colombiana

Mapa 7.1. Número de registros por entidad territorial

Capítulo 9

Una mirada a la medición de la apropiación social de la ciencia y la tecnología a la luz del programa Ondas

Mapa 9.1 Niños y jóvenes vinculados al programa Ondas, según departamento

Anexo

Siglas y acrónimos

ACP: Análisis de Componente Principal
ACT: Actividades de Ciencia y Tecnología
ACTI: Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación
FMEA: Failure Mode and Effects Analysis / Modos de Falla y Análisis de Efectos
ASC: Apropiación Social de Conocimiento
ASCyT: Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología
Bancomext: Banco Nacional de Comercio Exterior
BID / IDB: Banco Interamericano de Desarrollo / Inter-American Development Bank
Bonopyme: Programa Perú Emprendedor
BRICS: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica
CAIDT: Centros Autónomos de Investigación y Desarrollo Tecnológico
CDT: Centros de Desarrollo Tecnológico
CENI: Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario
CIS: Community Innovation Survey / Encuesta de innovación a la comunidad europea
CITE: Centro de Innovación Tecnológica
CODECTI: Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Conacyt: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Conicyt: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica
Conpes: Consejo Nacional de Política Económica y Social
Corfo: Corporación de Fomento de la Producción
Corpoica: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CRCyT: Comisiones Regionales de Ciencia y Tecnología

CTeI: Ciencia, Tecnología e Innovación
CTI: Ciencia, Tecnología e Innovación
CV: Currículum Vitae
CvLAC: Directorio de Curriculúm vitae en ciencia y tecnología de Colombia
CyT: Ciencia y tecnología
DANE: Departamento Nacional de Estadística
DNDA: Dirección Nacional de Derecho de Autor
DNP: Departamento Nacional de Planeación
DPI: Derechos de Propiedad Intelectual
EAM: Encuesta Anual Manufacturera
EDIT: Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica
ENPPCyT: Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología
FCTeI: Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación
FDT: Fondos de Desarrollo Tecnológico
FIC: Fondo Nacional de Innovación para la Competitividad
FOMIPYME: Fondo de Modernización y Desarrollo Tecnológico de las Micros, Pequeñas y Medianas Empresas
FONTEC: Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo
GERD: Gross Expenditures on R & D / Gasto interno bruto en I+D
GNU: General Public Licence / Licencia Pública General
GrupLAC: Base de datos de de grupos de investigación de Colombia
I+D / R&D: Investigación y Desarrollo / Research and Development
I+DT: Investigación y Desarrollo Tecnológico
IDH: Índice de Desarrollo Humano
IEC: International Electrotechnical Commission / Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers / Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IEP: Investigación como Estrategia Pedagógica
IES: Institución de Educación Superior
InstituLAC: Base de datos de información básica institucional de entidades que avalan grupos de investigación en Colombia
ISI: Institute for Scientific Information / Instituto para la Información Científica
ISO: International Organization for Standardization / Organización Internacional de Normalización
MGA: Metodología General Ajustada

Mincyt: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
MPA: Método de Palabras Asociadas
Nafinsa: Nacional Financiera, Institución de Banca de Desarrollo
NAPCS: North American Product Classification System / Sistema Norteamericano de Clasificación de Productos
NASW: National Association of Science Writers / Asociación Nacional de Escritores de Ciencia
NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas
NCC: Nuevo Conocimiento Científico
NCT: Nuevo Conocimiento Tecnológico
NIT: Número de Identificación Tributaria
OCAD: Órgano Colegiado de Administración y Decisión
OCDE / OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico / Organization for Economic Cooperation and Development
OCyT: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
OEI: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura
OMPI / WIPO: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual / World Intellectual Property Organization
ONG: Organización No Gubernamental
PEA: Población Económicamente Activa
PEDCTI: Planes Estratégicos de Ciencia, Tecnología e Innovación
PIB / GDP: Producto Interno Bruto / Gross Domestic Product
PND: Plan Nacional de Desarrollo
Prochile: Programa de fomento a las exportaciones chilenas
Prompyme: Centro de Promoción de la Pequeña y Micro Empresa
PTF: Productividad Total de los Factores
PTP: Programa de Transformación Productiva
Publindex: Sistema nacional de indexación y homologación de revistas especializadas
PUS: Public Understanding of Science / Comprensión Pública de la Ciencia
REDALyC: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
RICyT: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana
RJL: Registro jurídico o legal
RVM: Research Value Mapping
SBA: Small Business Administration / Administración de Pequeñas Empresas

SBIR: Small Business Innovation Research / Programa de Investigación en Innovación de las Pequeñas Empresas

SCIE: Science Citation Index Expanded / Índice citacional de publicaciones científicas

Scielo: Scientific Electronic Library Online / Biblioteca científica en formato electrónico

ScienTI: Red Internacional de Fuentes de Información y Conocimiento para la Gestión de la Ciencia, Tecnología e Innovación

Scopus: Base de datos multidisciplinar, contiene resúmenes y citas de artículos publicados en revistas científicas

SEI: Sistemas Especializados de Información

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

SENCE: Servicio Nacional de Capacitación y Empleo

SGR: Sistema General de Regalías

SIC: Superintendencia de Industria y Comercio

SIR: Servicio de Indexación y Resumen

SNCTeI: Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación

SNCTI: Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación

SNIES: Sistema Nacional de Educación Superior

STPS: Secretaría del Trabajo y Previsión Social

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

TPP: Technological Innovation in Products and Processes / Innovación tecnológica en productos y procesos

UIS-UNESCO: Institute for Statistics of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Instituto de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

WCT: World Intellectual Property Organization Copyright Treaty / Tratado de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual

WoS: Web of Science

Observando el Sistema Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación: sus actores y sus productos

Esta publicación fue posible gracias al apoyo de los socios del OCyT y en particular de Colciencias.

COLCIENCIAS
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación

PROSPERIDAD PARA TODOS

BID
www.iadb.org

ISBN: 978-958-57775-5-2