

**ESTADO DE LA EDUCACIÓN DOCTORAL EN INGENIERÍA EN
COLOMBIA 2009 – 2018**



**Asociación Colombiana
de Facultades de Ingeniería**

CAPÍTULO DE DOCTORADOS EN INGENIERÍA

Bogotá, D.C., 2019

PROGRAMAS DE DOCTORADO EN INGENIERIA

Antioquia

Instituto Tecnológico Metropolitano

- Doctorado en Ingeniería

Universidad de Antioquia

- Doctorado en Ingeniería electrónica y de computación
- Doctorado en Ingeniería de materiales
- Doctorado en Ingeniería ambiental
- Doctorado en Ingeniería química
- Doctorado en Ingeniería

Universidad de Medellín

- Doctorado en Ingeniería

Universidad EIA

- Doctorado en Ingeniería

Universidad EAFIT

- Doctorado en Ingeniería matemática
- Doctorado en Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

- Doctorado en Ingeniería – Ciencia y tecnología de materiales
- Doctorado en Ingeniería – Ing. mecánica y mecatrónica
- Doctorado en Ingeniería – Industria y organizaciones
- Doctorado en Ciencia y tecnología de alimentos
- Doctorado en Ingeniería – Sistemas energéticos
- Doctorado en Ingeniería – Recursos hidráulicos
- Doctorado en Estudios urbanos y territoriales
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería civil
- Doctorado en Ingeniería – sistemas

Universidad Pontificia Bolivariana

- Doctorado en Gestión de la tecnología y la innovación
- Doctorado en Ingeniería

Atlántico

Universidad de la Costa

- Doctorado en Tecnologías de la información y comunicación
- Doctorado en Ingeniería energética

Universidad del Norte

- Doctorado en Ingeniería de sistemas y computación
- Doctorado en Ingeniería eléctrica y electrónica
- Doctorado en Ingeniería industrial
- Doctorado en Ingeniería mecánica
- Doctorado en Ingeniería civil

Bogotá, D.C.

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

- Doctorado en Ingeniería

Pontificia Universidad Javeriana

- Doctorado en Estudios ambientales y rurales
- Doctorado en Ingeniería

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

- Doctorado en Ciencias ambientales y sostenibilidad

Universidad de la Sabana, Chía

- Doctorado en Logística y gestión de cadenas de suministros
- Doctorado en Biociencias
- Doctorado en Ingeniería

Universidad de los Andes

- Doctorado en Ingeniería
- Doctorado en Gestión de la innovación

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

- Doctorado en Ingeniería

Universidad EAN

- Doctorado en Ingeniería de procesos

Universidad Nacional de Colombia

- Doctorado en Ingeniería – Ciencia y tecnología de materiales
- Doctorado en Ingeniería – Ing. mecánica y mecatrónica
- Doctorado en Ingeniería – Industria y organizaciones
- Doctorado en Ingeniería de sistemas y computación
- Doctorado en Ciencia y tecnología de alimentos
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería eléctrica
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería química
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería civil
- Doctorados en estudios ambientales

Bolívar

Universidad Tecnológica de Bolívar

- Doctorado en Ingeniería

Universidad de Cartagena

- Doctorado en Ingeniería

Boyacá

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

- Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los materiales
- Doctorado en Ingeniería
- Doctorado en Ingeniería

Caldas

Universidad Nacional de Colombia, Manizales

- Doctorado en Ingeniería – Industria y organizaciones
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería química
- Doctorado en Ingeniería – Ingeniería civil
- Doctorado en Ingeniería – Automática

Universidad Autónoma de Manizales

- Doctorado en Ingeniería

Universidad de Caldas

- Doctorado en Ingeniería

Cauca

Universidad del Cauca

- Doctorado en Ciencias de la electrónica
- Doctorado en Ingeniería telemática

Córdoba

Universidad de Córdoba

- Doctorado en Ciencia y tecnología de los alimentos

Huila

Universidad Surcolombiana

- Doctorado en Agroindustria y desarrollo agrícola sostenible

Norte de Santander

Universidad de Pamplona

- Doctorado en Ciencia y tecnología de alimentos

Risaralda

Universidad Tecnológica de Pereira

- Doctorado en Ciencias ambientales
- Doctorado en Ingeniería

Santander

Universidad Autónoma de Bucaramanga

- Doctorado en Ingeniería

Universidad Industrial de Santander

- Doctorado en Ciencia de la computación
- Doctorado en Ingeniería de materiales
- Doctorado en Ingeniería mecánica
- Doctorado en Ingeniería química
- Doctorado en Ingeniería

Tolima

Universidad del Tolima

- Doctorado en Ciencias agrarias
- Doctorado en Planificación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas

Valle del Cauca

Pontificia Universidad Javeriana, Cali

- Doctorado en Ingeniería

Universidad Autónoma de Occidente

- Doctorado en Ingeniería

Universidad del Valle

- Doctorado en Ingeniería eléctrica y electrónica
- Doctorado en Ingeniería mecánica
- Doctorado en Mecánica aplicada
- Doctorado en Bioingeniería
- Doctorado en Ingeniería

Universidad Nacional de Colombia, Palmira

- Doctorado en Ciencia y tecnología de alimentos

COMITÉ COORDINADOR DEL CAPÍTULO

2018 – 2020

EDGAR QUIÑONES BOLAÑOS, PhD

Coordinador Doctorado en Ingeniería
Universidad de Cartagena, Cartagena

ADRIANA QUINCHÍA FIGUEROA, PhD

Coordinadora Doctorado en Ingeniería
Universidad EIA, Envigado

LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ CHEU, PhD

Coordinador Doctorado en Ingeniería
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá

JULIÁN ARELLANA OCHOA, PhD

Director de Investigación y Posgrado en Ingeniería
Universidad del Norte, Barranquilla

ENRIQUE VERA LÓPEZ, PhD

Coordinador Doctorado en Ingeniería y Ciencia de los Materiales
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja

DANIEL SUÁREZ VANEGAS PhD

Coordinador Doctorado en Ingeniería
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

LUIS ALBERTO GONZÁLEZ ARAÚJO, ING.

Director ejecutivo
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, Bogotá

ZULMA GIRALDO LÓPEZ, C.S.

Asistente del Capítulo
Universidad de Cartagena

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE GRÁFICAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO DE DOCTORADOS DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA.....	14
RESUMEN EJECUTIVO	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: LA EDUCACIÓN DOCTORAL EN COLOMBIA 2009 – 2018.....	17
1. Estudiantes de los programas de doctorado	20
2. Graduados de los programas de doctorado.....	20
3. Contexto regional e internacional.....	22
4. Participación de los doctorados en la educación de postgrado.....	24
5. La educación doctoral en ingeniería.....	26
6. Estudiantes de los doctorados en ingeniería	28
7. Graduados de los doctorados en ingeniería.....	29
8. Capacidades para la investigación	31
9. Financiación de la educación doctoral	35
10. Inserción laboral de los doctores.....	39
CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA CONSULTA A DIRECTORES DE PROGRAMAS DE DOCTORADO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA	41
1. Objetivo.....	42
2. Metodología	42
2.1. Población objeto.....	42
2.2. Tipo de estudio.....	43
3. Caracterización de los programas doctorales en ingeniería en Colombia.....	43
3.1. Número de créditos y asignaturas de los programas.....	44
3.2. Antigüedad de los programas.....	45
3.3. Énfasis declarados ante el Ministerio de Educación Nacional.....	46
3.4. Doble titulación	47
4. Capacidades para la formación	49
4.1. Proceso de admisión	49
4.2. Número de estudiantes.....	50
4.3. Grupos de investigación que apoyan el programa doctoral.....	51
4.4. Cuerpo docente.....	52
4.5. Docentes de tiempo completo	53
4.6. Procedencia de los docentes.....	53
4.7. Dirección y codirección de tesis	55
4.8. Número máximo de estudiantes por cada director de tesis.....	58
4.9. Límite de estudiantes por cada director de tesis	58
5. Mecanismos de financiación de la educación doctoral	59
6. Duración de los estudios y permanencia	61
6.1. Tiempo para culminar el doctorado.....	61
6.2. Estudiantes que desistieron de su formación	62

6.3. Estudiantes expulsados.....	63
7. Procedencia geográfica y formación académica previa de los estudiantes	64
7.1. Formación previa de los estudiantes	65
8. Interacción e impacto en el entorno	65
8.1. Tipos de casos de las tesis doctorales	66
8.2. Impactos en el entorno de las tesis doctorales	67
8.3. Actores del entorno con los que se mantiene contacto.....	67
9. Inserción laboral de los egresados	68
9.1. Tiempo para vincularse al mercado laboral	70
9.2. Lugares donde laboran los egresados.....	70
Referencias.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programas nacionales de doctorado activos por área de conocimiento, 2019	19
Tabla 2. Número de graduados de doctorados nacionales por área de conocimiento, 2000 – 2007	21
Tabla 3. Graduados de programas nacionales de doctorado por área de conocimiento, 2009 – 2018	22
Tabla 4. Profesionales con doctorado por cada millón de habitantes en países de América Latina, 2016	23
Tabla 5. Graduados por nivel de formación de la educación superior, 2018	24
Tabla 6. Distribución de los programas doctorales según el tipo de IES, 2019	27
Tabla 7. Graduados de programas nacionales de doctorado en ingeniería por Núcleo Básico de Conocimiento 2009 – 2018	30
Tabla 8. Graduados de programas de doctorado en ingeniería distribuidos por entidad territorial de la universidad, 2009 – 2018	31
Tabla 9. Distribución en las entidades territoriales de los grupos de investigación de la Gran Área de Ingeniería y tecnología de la OECD	35

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Creación de programas de doctorado en Colombia.....	19
Gráfica 2. Estudiantes matriculados en doctorados por áreas de conocimiento, 2018.....	20
Gráfica 3. Graduados de programas doctorales de países de América Latina, 2007 – 2016.....	22
Gráfica 4. Cantidad de graduados de los doctorados por países en todas las áreas, 2014.....	23
Gráfica 5. Estudiantes matriculados en doctorados en ingeniería por departamentos, 2018.....	29
Gráfica 6. Grupos de investigación clasificados por área de conocimiento de la OECD.....	32
Gráfica 7. Grupos de investigación clasificados en la Gran Área de Ingeniería y tecnología de la OECD.....	33
Gráfica 8. Investigadores con título doctor en grupos de investigación del área de Ingeniería y tecnología de la OECD.....	34
Gráfica 9. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado según la entidad oferente, 2008 – 2017.....	37
Gráfica 10. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado según el lugar de estudio, 2007 – 2016.....	37
Gráfica 11. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado por área de conocimiento de la OECD, 2007 – 2016.....	38
Gráfica 12. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado en el área de Ingeniería y tecnología de la OECD, 2007 – 2016.....	38
Gráfica 13. Personal ocupado que participó en actividades conducentes a la innovación según nivel educativo.....	40
Gráfica 14. Número de créditos totales de los programas de doctorado.....	44
Gráfica 15. Cantidad de asignaturas exigidas en los programas de doctorado.....	45
Gráfica 16. Fecha de obtención del registro ante el Ministerio de Educación de los programas de doctorado.....	46
Gráfica 17. Programas de doctorado con énfasis declarados ante el Ministerio de Educación.....	46
Gráfica 18. Cantidad de énfasis reportados por los programas de doctorado ante el Ministerio de Educación.....	47
Gráfica 19. Doble titulación internacional de los programas de doctorado.....	47
Gráfica 20. Países con los que se ofrecen programas con doble titulación internacional.....	48
Gráfica 21. Cantidad de estudiantes y graduados de programa con doble titulación internacional.....	48
Gráfica 22. Proceso de admisión de los programas de doctorado.....	49
Gráfica 23. Capacidad de los programas de doctorado para recibir nuevos estudiantes.....	50
Gráfica 24. Número de estudiantes activos en los programas de doctorado.....	50
Gráfica 25. Número de estudiantes en prórroga en los programas de doctorado.....	51
Gráfica 26. Clasificación de los grupos de investigación vinculados a los programas de doctorado.....	52
Gráfica 27. Distribución de los grupos de investigación en los programas de doctorado.....	52
Gráfica 28. Cantidad de docentes de tiempo completo en los programas de doctorado.....	53
Gráfica 29. Cantidad de docentes nacionales en los programas de doctorado.....	54
Gráfica 30. Cantidad de docentes extranjeros en los programas de doctorado.....	54
Gráfica 31. Directores nacionales de tesis en los programas de doctorado.....	55
Gráfica 32. Directores extranjeros de tesis en los programas de doctorado.....	56
Gráfica 33. Codirectores nacionales de tesis en los programas de doctorado.....	56
Gráfica 34. Codirectores extranjeros de tesis en los programas de doctorado.....	57
Gráfica 35. Docentes de los programas de doctorado que aún no dirigen tesis.....	57
Gráfica 36. Número de estudiantes por cada director de tesis en los programas de doctorado.....	58
Gráfica 37. Cantidad máxima de estudiantes por cada director de tesis en los programas de doctorado.....	58
Gráfica 38. Mecanismos de financiación empleados por los estudiantes de los programas de doctorado para su matrícula, manutención, investigación, escritura de tesis y pasantía.....	60

Gráfica 39. Tiempo que toman los estudiantes de los programas de doctorado para culminar sus estudios sin homologaciones	61
Gráfica 40. Tiempo que toman los estudiantes con beca de los programas de doctorado para culminar su formación.....	61
Gráfica 41. Tiempo que tardan los estudiantes de los programas de doctorado que a la vez trabajan culminar su formación	62
Gráfica 42. Estudiantes que iniciaron sus estudios y no los continuaron en los últimos cinco años	62
Gráfica 43. Principales causas por las que no continuaron los estudiantes que desistieron.....	63
Gráfica 44. Estudiantes expulsados de los programas de doctorado en los últimos cinco años.....	63
Gráfica 45. Motivos de expulsión de los estudiantes en los últimos cinco años	64
Gráfica 46. Procedencia geográfica de los estudiantes de los programas de doctorado en los últimos cinco años	64
Gráfica 47. Estudiantes de los programas de doctorado que proceden de áreas de conocimiento diferentes a la ingeniería.....	65
Gráfica 48. Tipos de casos abordados en las tesis de los programas de doctorado	66
Gráfica 49. Impactos en el entorno conseguidos por las tesis de los programas de doctorado	67
Gráfica 50. Actores del entorno con los que se mantiene contacto para desarrollar las tesis de los programas de doctorado	68
Gráfica 51. Programas de doctorado con graduados en los últimos 10 años	69
Gráfica 52. Cantidad de graduados en los últimos 10 años de los programas de doctorado	69
Gráfica 53. Cantidad de tiempo que demoraron los graduados de los programas de doctorado en vincularse al mercado laboral	70
Gráfica 54. Tipo de entidades donde laboran los egresados de los programas de doctorado	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de los programas doctorales en ingeniería, 2019

28

PRESENTACIÓN DEL CAPÍTULO DE DOCTORADOS DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA

En reunión del Consejo Directivo de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, celebrada el 2 de noviembre de 2017, fue aprobada por unanimidad la conformación de un capítulo especial para Doctorados en Ingeniería, iniciativa liderada por la Universidad de Cartagena, con el propósito de promover y apoyar el mejoramiento de la calidad de las actividades que se desarrollan en los diferentes programas de doctorado en ingeniería que se imparten en el país y analizar las directrices trazadas por el gobierno nacional en relación con la formación doctoral y las dinámicas de ciencia, innovación e investigación en ingeniería que se vienen desarrollando en Colombia.

El Capítulo de Doctorados en Ingeniería buscará:

- Asumir una vocería de los doctorados en ingeniería, de manera tal, que lidere el beneficio y apoye el posicionamiento de los diferentes programas nacionales a nivel nacional e internacional.
- Realizar un diagnóstico, identificar necesidades, fortalezas, debilidades, oportunidades y diferencias y similitudes entre programas con los que se pueda definir estrategias de cooperación sobre los esquemas curriculares, de investigación y de innovación actuales, frente a los retos que impone la globalización e internacionalización de la formación de doctores en ingeniería en el país.
- Propender por el fortalecimiento de los procesos de formación y la calidad de cada uno de los programas de doctorado en ingeniería que existen en el país.
- En coherencia con la misión de ACOFI, fomentar la formación de doctores en ingeniería de excelencia y promover la participación de los programas en diferentes actividades, entre ellas, el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, foros, seminarios y talleres sobre temas de interés y reflexión para cada programa de doctorado; actividades en las que ACOFI viene fortaleciéndose como una institución de liderazgo académico, sólida, activa y con proyección en el contexto internacional.

RESUMEN EJECUTIVO

En la última década Colombia ha vivido un proceso de crecimiento del número de programas doctorales, donde actualmente funcionan 361 de los cuales el 22,7% corresponden al área de ingeniería. En ese sentido, el presente documento corresponde al interés del Capítulo de Doctorados en Ingeniería de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería por conocer el estado de la educación doctoral en ingeniería en el país para el periodo 2009 – 2018.

Para tal propósito, la primera parte del diagnóstico se elaboró a partir de una revisión de la literatura y de las estadísticas del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), Colciencias, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología y el DANE con los que se puede recopilar datos que den cuenta de la apertura y funcionamiento de los programas y su ubicación geográfica, las capacidades en investigación, los estudiantes y los graduados, así como su ubicación en el mercado laboral.

Así mismo, para obtener información de primera mano se realizó una consulta a los directores de los programas de doctorados en ingeniería cuyos resultados se presentan en la segunda parte de este documento. Allí se detallan aspectos como las características del programa, las capacidades para la formación, la duración y permanencia de los estudiantes, los mecanismos de financiación, la interacción e impacto en el entorno, y la inserción laboral de los graduados. Con estos datos actualizados se busca identificar áreas en las que se puedan realizar cooperación técnico–científica, favorecer la movilidad académica y promover recomendaciones en cuanto a políticas públicas para la formación de postgrado, especialmente en el nivel de doctorado.

Los principales resultados muestran que el 54,75% de los doctorados funcionan desde el año 2011, evidenciando que la formación doctoral en ingeniería es reciente en el país, principalmente en lugares distintos a la capital. Los doctorados en ingeniería atienden 3066 estudiantes y han graduado 1059 doctores. Los recursos de Colciencias son la principal fuente de financiación de los estudios doctorales. Entre tanto, los resultados de las tesis doctorales impactan principalmente en actividades industriales como la optimización de procesos (29,27%), el diseño de producto (25,22%) y la obtención de patente (20,72%). Sin embargo, el sector industrial no es el principal destino laboral de los doctores. El 69,33% de los grupos de investigación vinculados a los doctorados se destacan por su elevada producción científica y los programas cuentan con docentes extranjeros, quienes participan principalmente como co–directores de tesis.

INTRODUCCIÓN

En la educación doctoral descansa gran parte de la cualificación de recurso humano entrenado para desarrollar autónomamente actividades de investigación, que repercute en ampliación de las capacidades de los países para la producción del conocimiento, desarrollos tecnológicos, innovación y elevar sus niveles de desarrollo y bienestar.

En Colombia, los programas de doctorado del área de ingeniería representan el 22,71% de toda la oferta doctoral (MEN – SNIES, 2019). La revisión de datos del Ministerio de Educación Nacional indica que desde mediados de los años 90 entraron en funcionamiento los primeros doctorados en esta área del conocimiento, pero su aumento ha ocurrido principalmente en la última década y en diferentes regiones de Colombia, una situación que permite hacer varias lecturas. De una parte, los profesionales de la ingeniería del país cuentan con más opciones para cursar sus estudios doctorales en sus lugares de origen. Por otra, se puede dar cuenta de que en el país se han instalado capacidades para formar recurso humano de alto nivel, pues la formación doctoral requiere de un conjunto de recursos para garantizar los procesos formativos de los estudiantes, por ejemplo contar con una planta docente con título de doctor para dirigir las tesis, infraestructura física para la investigación, grupos de investigación con elevada producción científica (categorías A1 y A en MinCiencias) y cooperación académica y científica con pares nacionales e internacionales, entre otros.

El Capítulo de Doctorados en Ingeniería de ACOFI elaboró el presente diagnóstico con el objetivo de establecer un panorama de la participación de la educación doctoral dentro de la formación de postgrado en el periodo 2009 – 2018 y conocer la situación de la formación a nivel de doctorado en el área de la ingeniería, de tal manera que se basó en una revisión de la literatura y datos de entidades encargadas de administrar estadísticas sobre educación e investigación. Así mismo, el diagnóstico se completó con los resultados de la consulta realizada a los directores de los programas de doctorado del país para identificar capacidades, recursos, alcance y necesidades de estos programas y los retos que tienen en cuanto al proceso de formar talento humano de alto nivel.

CAPÍTULO I: LA EDUCACIÓN DOCTORAL EN COLOMBIA 2009 – 2018

En Colombia, la educación doctoral en las últimas décadas ha tenido transformaciones que han incidido para que en la actualidad el país cuente con una oferta de 361 programas de doctorado en nueve grandes áreas del conocimiento, según el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) y en los 803 nuevos doctores que egresaron de estos programas para el año 2018. Algunos autores han visto el surgimiento de programas de postgrado en Colombia como una consecuencia no planificada a medida que la educación superior se expandió y se diferenció, ya que las políticas públicas para fortalecer y mejorar la educación doctoral solo se adoptaron hace dos décadas (Acosta, 2014).

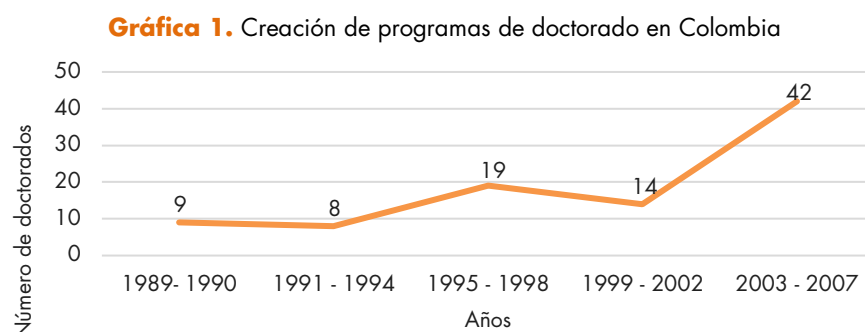
Con ese trasegar también ha quedado en evidencia las apuestas que en materia de educación se han realizado en el país para hacer cambios en la educación superior y en especial en lo que respecta a la formación de postgrado, concentrando los esfuerzos en incentivar la creación de maestrías y doctorados para fortalecer la actividad investigativa de la universidad colombiana. Así, en la Ley 30 de 1992 quedó estipulada la vocación investigativa como uno de los tres procesos misionales que deben cumplir estas instituciones, junto a la enseñanza y la extensión, y a partir del cual se busca pasar de una universidad meramente basada en la enseñanza a una que produzca conocimiento a través de la investigación de calidad (Arango, 2009).

Los primeros programas doctorales en Colombia surgieron en la década de 1980 y en ese periodo se desarrollaron mejores bases para crear y operar programas de maestría y doctorado (Jaramillo, 2009). Para la década de 1990 se creó el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y esto sucedió a la par que el país buscó en fuentes de financiación externas como los préstamos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) recursos para formar en una primera instancia recurso humano altamente cualificado en el extranjero y dar pasos para institucionalizar la investigación, consolidar capacidades institucionales y fortalecer grupos de investigación y centros de desarrollo tecnológico.

En la década de los años 90 en el país funcionaban 36 programas doctorales y para 2007 existían 92, de los cuales, según el análisis de Jaramillo (2009), el mayor crecimiento en la creación de programas se dio en el periodo comprendido entre 2003 y 2007 (Ver Gráfica 1). Este crecimiento ha respondido tanto a la política pública descrita anteriormente, como a la transformación de una universidad enfocada en la docencia a una que produce conocimiento a través de la investigación. Esto también obedece al proceso de consolidación relativa de grupos, líneas y proyectos de investigación en las universidades del país.

Acosta (2014) menciona que, pese al rápido aumento en el número de programas, aplicaciones y matrículas, el número de graduados de los programas nacionales de doctorado entre 1990 y 2011 son relativamente bajos en comparación con los de otros

países: solo 1250 estudiantes recibieron doctorados de programas colombianos durante esas dos décadas. Este número de doctores localmente entrenados representa solo el 19,7% del total estimado de 6345 doctores colombianos de universidades colombianas y extranjeras durante el período 2001–2011.



Fuente: Consejo Nacional de Acreditación.

De los 361 doctorados que están activos en el SNIES, a fecha de noviembre de 2019, y ubicados en nueve áreas de conocimientos, los programas del área de la Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines, y los del área de las Ciencias sociales, derecho y ciencias políticas tienen la mayor cantidad programas, 82 y 81 doctorados respectivamente. Entre tanto, le siguen el área de Matemáticas y ciencias naturales con el 20,49% del total de la oferta doctoral (Ver Tabla 1). En menor proporción están las áreas de Ciencias de la educación (9,14%), Economía, administración, contaduría y afines (6,92%), y Agronomía, veterinaria y afines (4,15%). Igualmente, la consulta en esta plataforma del Ministerio de Educación arrojó que, en términos de distribución geográfica, de las 27 entidades territoriales¹ donde funcionan los doctorados, en el distrito de Bogotá y los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca se desarrollan el mayor número de programas (221 doctorados).

Tabla 1. Programas nacionales de doctorado activos por área de conocimiento, 2019

Área de conocimiento	Cantidad	% sobre total
Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines	82	22,71
Ciencias sociales, derecho y ciencias políticas	81	22,43
Matemáticas y ciencias naturales	74	20,49
Ciencias de la salud	47	13,01
Ciencias de la educación	33	9,14
Economía, administración, contaduría y afines	25	6,92
Agronomía, veterinaria y afines	15	4,15
Bellas artes	4	1,10
Total	361	100

Fuente: Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). Fecha de consulta: octubre de 2019.

¹ La Constitución política de Colombia, artículo 286 establece que son entidades territoriales los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas. El distrito de Bogotá se cuenta como una entidad territorial para las estadísticas del SNIES.

1. Estudiantes de los programas de doctorado

De acuerdo con las estadísticas presentadas por el SNIES, los 362 programas activos atienden una población de 12085 estudiantes. La Gráfica 2 muestra que el área de las Ciencias sociales y humanidades concentra una población de 3100 estudiantes, que representa el 25,65%. Le sigue muy de cerca los programas agrupados en el área de Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines con el 25,37% de los estudiantes. En el tercer lugar aparece el área de Matemáticas y ciencias naturales con el 17,84%. Sin embargo, llama la atención que esta área tiene el mismo número de programas de doctorados activos (82) que la de Ingeniería, pero su población estudiantil es inferior en 909.

Así, tendrían que entrar a considerarse aspectos como las capacidades para la formación (cantidad de docentes, directores de tesis, grupos de investigación, entre otros) y otras características de los programas para identificar las razones por las cuales estas dos áreas de conocimiento no acogen cantidades similares de estudiantes en sus programas. Con una menor participación están las áreas de Agronomía, veterinaria y afines, y Bellas que reúnen una población de 505 estudiantes en sus doctorados.

Gráfica 2. Estudiantes matriculados en doctorados por áreas de conocimiento, 2018



Fuente: SNIES. Fecha de consulta: octubre de 2019.

2. Graduados de los programas de doctorado

En Colombia, para el año 2000, los datos reportados por Jaramillo (2009) muestran que los programas nacionales de todas las áreas del conocimiento habían formado 26 doctores, siendo el área de Matemáticas y ciencias naturales la que tuvo mayor

participación, seguido de las áreas de Filosofía y teología, y Arquitectura, urbanismo y afines (Ver Tabla 2).

Así mismo, cuando se analiza los datos para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2007, las áreas de Matemáticas y ciencias naturales, y Arquitectura, urbanismo y afines, con el 43,7% y el 12,5% respectivamente, se destacan como las que tuvieron la mayor participación en la formación de investigadores de alto nivel para el país cuando ya funcionaban 92 programas de doctorado. Mientras que las áreas de Derecho y Economía, administración y afines tuvieron solo significaron el 2,2% de todos los doctores que se formaron en el país para ese periodo.

Tabla 2. Número de graduados de doctorados nacionales por área de conocimiento, 2000 – 2007

Área del conocimiento	Número de doctores graduados										
	Antes	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total	%
Matemáticas y ciencias naturales	58	16	18	27	32	23	25	36	41	276	43,7
Ingeniería, arquitectura y afines	4	3	2	4	2	14	8	23	13	73	12,5
Filosofía y teología	25	4	4	5	4	3	7	4	5	61	10,4
Ciencias de la educación	0	0	2	3	4	6	10	18	11	54	9,2
Agronomía, veterinaria y afines	0	0	4	5	6	9	3	8	8	43	7,4
Ciencias sociales y humanas	0	0	0	1	1	3	1	15	14	35	6,0
Ciencias de la salud	1	3	2	1	3	3	4	3	9	29	5,0
Derecho	0	0	0	0	0	2	4	0	1	7	1,2
Economía, admón. y afines	0	0	0	0	3	1	1	1	0	6	1,0
Total	88	26	32	46	55	64	63	108	102	584	100

Fuente: Jaramillo, 2009.

Sin embargo, para el periodo de observación de este documento, 2009 – 2018, el área de la ingeniería desplazó por una estrecha ventaja al área de Matemáticas y ciencias naturales como la que ha reportado el mayor número de graduados de los doctorados nacionales. La información presentada en la Tabla 3 muestra que 1059 doctores del área de la ingeniería se formaron en el país, de manera que representan el 24,11% de todos los egresados en los últimos 10 años, mientras que 1028 doctores se formaron en matemáticas y ciencias naturales.

En total, para ese periodo de tiempo de los programas nacionales egresaron 4391 doctores, seis veces más de los que doctores que se formaron entre los años 2000 y 2007 (584 doctores). El aumento del número de egresados de todas las áreas puede deberse a al crecimiento en la apertura de nuevos programas de doctorados, especialmente en las áreas de ingeniería, ciencias de la educación, y ciencias de la salud.

Tabla 3. Graduados de programas nacionales de doctorado por área de conocimiento, 2009 – 2018

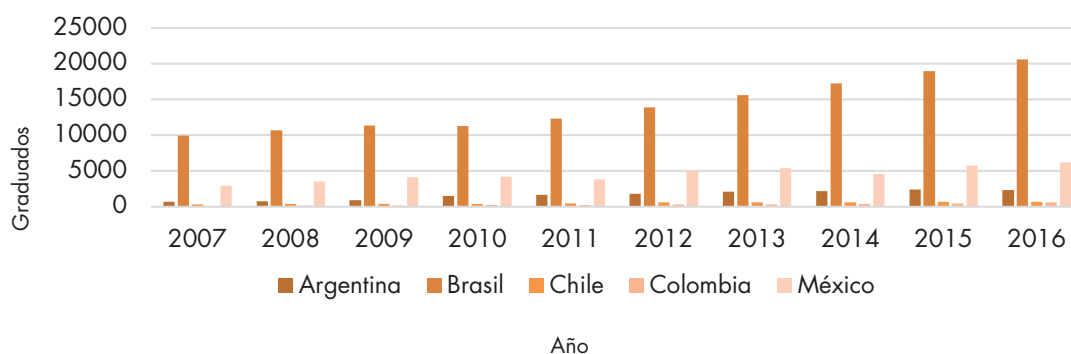
Área de conocimiento	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total 2009–2018	% sobre el total
Ingeniería, arquitectura y urbanismo	40	40	75	85	75	97	103	154	186	204	1059	24,11
Matemáticas y ciencias naturales	57	75	89	75	89	90	102	133	154	164	1028	23,41
Ciencias Sociales y humanas	43	32	48	78	78	91	94	135	193	197	989	22,52
Ciencias de la educación	6	19	18	54	42	49	53	75	115	92	523	11,91
Ciencias de la salud	13	28	21	14	23	28	54	45	47	49	322	7,33
Agronomía, veterinaria y afines	10	9	21	22	17	34	33	40	34	37	257	5,85
Economía, administración y contaduría	4	8	4	10	6	15	23	19	21	48	158	3,59
Bellas artes	0	0	0	1	0	4	4	14	20	12	55	1,25
Total	173	211	276	339	330	408	466	615	770	803	4391	100

Fuente: SNIES. Fecha de consulta: octubre de 2019.

3. Contexto regional e internacional

De acuerdo con los datos reportados en el SNIES (MEN–SNIES, 2019), el país aumentó el número de graduados de sus doctorados nacionales por cada millón de habitante en la última década, pero aún su tasa de graduación es baja cuando se compara con los resultados que han obtenido otros países de la región. La Gráfica 3 muestra el comparativo de las cifras con Argentina, Brasil, Chile y México, países que se destacan en América Latina por tener las mayores tasas de graduación de doctores. Aunque, en 2016 en Colombia se graduaron 615 doctores, la cifra parece aproximarse al número que registra Chile para ese mismo año: 704. No obstante, la proximidad se pierde cuando se tiene en cuenta que la población del país austral no supera los 19 millones de habitantes, mientras que, según el DANE, Colombia se acerca a los 50 millones de habitantes. Así, cuando se mira la relación de graduados de doctorados por cada millón de habitantes, las cifras no favorecen a Colombia.

Gráfica 3. Graduados de programas doctorales de países de América Latina, 2007 – 2016



Fuente: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología. Fecha de consulta: septiembre de 2018.

Si bien las estadísticas reportan que el país cuenta con un mayor número de programas doctorales en diversas áreas del conocimiento que hace una década, también estos datos nos permiten evidenciar que en Colombia se gradúan pocos doctores cuando se compara con el contexto latinoamericano e internacional. Para 2016, en el país la tasa de graduación fue de 12,5 doctores por cada millón de habitantes, mientras que en Argentina los cálculos indican que son 53; Brasil, 100; Chile, 39; y México, 51 (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Profesionales con doctorado por cada millón de habitantes en países de América Latina, 2016

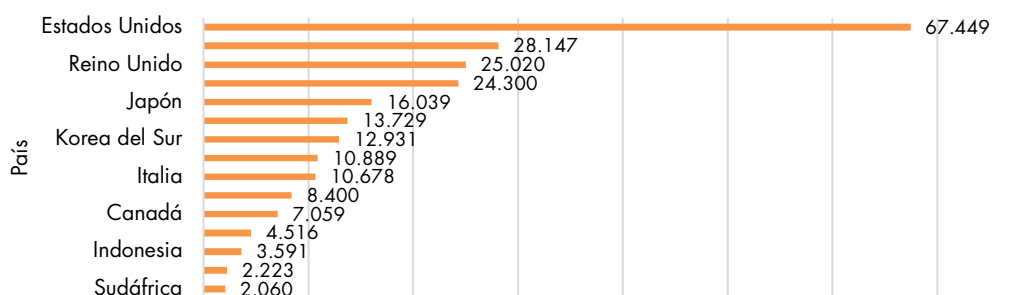
País	Graduados de doctorados nacionales 2016	Población 2016	Tasa de graduación
Brasil	2063	206 081 432	100
Argentina	2314	43 590 368	53
México	6225	121 566 781	51
Chile	704	18 191 884	39
Colombia	615	49 021 139	12,5

Fuentes: Elaboración propia a partir de los datos de formación doctoral de RICYT para el año 2016 y los datos proporcionados por las entidades que administran estadísticas demográficas de cada país para el año 2016: Brasil: <https://www.ibge.gov.br/>; Argentina: <https://www.indec.gov.ar/>; México: <http://www.conapo.gob.mx/>; Chile: <https://redatam-ine.ine.cl/>; Colombia: <http://www.dane.gov.co>

La brecha se acentúa cuando se compara las cifras de países como Alemania y Estados Unidos. En la Gráfica 6 se muestra las cifras reportadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OECD, por nombre en inglés) para estos países, en cuanto al número de egresados de sus programas nacionales de doctorados.

Así, acorde con los datos reportados para el año 2014 por esta organización multilateral, Estados Unidos gradúa dos veces más doctores que Alemania, que ocupa el segundo lugar con 28147 egresados y en el tercer lugar aparece Reino Unido con 24300 doctores (World Economic Forum [WEF], 2017). Incluso, si se compara las estadísticas con el último país de este listado, Sudáfrica, supera cinco veces la cantidad de graduados que Colombia tuvo para el año 2014 que fue de 404 doctores.

Gráfica 4. Cantidad de graduados de los doctorados por países en todas las áreas, 2014



Fuente: OECD y World Economic Forum, 2016. <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/countries-with-most-doctoral-graduates/>

4. Participación de los doctorados en la educación de postgrado

Cuando se revisan los datos por nivel académico de la educación superior, es decir por pregrado y postgrado, la educación doctoral como nivel de formación tiene poca participación. Para el año 2018, el 46,98% de los graduados de las instituciones de educación superior pertenecen a programas de nivel universitario y solo el 0,16% de obtuvieron título de doctor (Ver Tabla 5).

El Ministerio de Educación otorga registro calificado² para programas de posgrado de especializaciones para nivel técnico-profesional, tecnológico, especialización universitaria y especialidades médico-quirúrgicas. Estas últimas representan el 15,71% de los graduados de la educación superior, siendo en el nivel de formación en el posgrado que más graduados reportó para 2017. El país cuenta con una oferta de posgrados que se concentra en especializaciones, un nivel de formación que no tiene dentro de sus características la formación de investigadores, trabajar dentro de líneas de investigación o producir nuevo conocimiento.

Tabla 5. Graduados por nivel de formación de la educación superior, 2018

Nivel de formación	Número de graduados	% total
Especialización técnico-profesional	65	0,01
Doctorado	803	0,16
Especialidad médico-quirúrgica	1777	0,36
Especialización tecnológica	2892	0,59
Técnica-profesional	20497	4,25
Maestría	27151	5,63
Especialización universitaria	71748	14,88
Tecnológica	130681	27,10
Universitaria	226508	46,98
Total	482122	100

Fuente: SNIES. Fecha de consulta: octubre de 2019.

La educación de postgrado imparte competencias académicas y profesionales avanzadas, pero no todos los niveles de formación tienen a la investigación como su componente principal. Según la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE) de la UNESCO, a la cual se ha ceñido la normatividad colombiana para ordenar los programas educativos y sus respectivas certificaciones por niveles de educación y campos de estudio, las maestrías y los doctorados son los únicos niveles de formación del

² El registro calificado es un mecanismo del Ministerio de Educación Nacional para verificar y asegurar las condiciones de calidad en los programas académicos de educación superior, según lo establecido en la Ley 1188 del 25 abril 2008 y el Decreto 1295 del 20 de abril de 2010.

posgrado en los que el componente de la investigación es el sustrato para formarse en estos programas y avanzar en la formación de una masa crítica en diversas áreas del conocimiento para adelantar investigación de calidad.

Así, para 2018, en Colombia se formaron 27151 magísteres (MEN – SNIES, 2019), frente a 803 doctores. No obstante, dentro de esta población de graduados de maestrías y doctorados, en los que la investigación hace parte de su formación es necesario considerar varias precisiones. De una parte, los programas de maestría pueden incluir un importante componente de investigación, se caracterizan por ser esencialmente teóricos – si bien pueden incluir un componente práctico – y por estar basados en investigaciones que reflejan los últimos avances del campo o en las mejores prácticas profesionales (UNESCO, 2013). Por otro lado, los programas de nivel de doctorado suelen tener como principal objetivo conducir a un título de investigación avanzada y aportes originales al conocimiento. En consecuencia, estos programas se caracterizan por estar basados en investigación y no únicamente en cursos, ofreciendo pocos cursos o ninguno. Los profesionales que se forman en un doctorado acostumbran a realizar trabajos de investigación en forma independiente o como parte de grupos reducidos con distintos grados de supervisión. En ese sentido, la educación doctoral les permite a los investigadores estar en la frontera del conocimiento.

Diferentes países han implementado reformas para desarrollar y apoyar estudios de doctorado e investigación postdoctoral, enfatizando el papel crucial de los estudiantes de doctorado y titulados como uno de los principales impulsores en términos de crecimiento económico, innovación e investigación científica (OECD, 2014). Según los patrones de graduación que prevalecen en 2016, en promedio en los países miembros de la OECD, se espera que el 38% de los jóvenes se gradúen con una licenciatura, el 18% que obtenga un título de maestría y el 10% que se gradúe de un programa de educación terciaria de ciclo corto (programas técnico–profesional y tecnológico, para el caso colombiano, según el Ministerio de Educación Nacional), y que aproximadamente el 2% se gradúe de un programa de doctorado en su vida (OECD, 2018).

Aunque en la última década en Colombia se han abierto nuevos programas doctorales y por lo tanto en el país se han dado pasos crear capacidades para la formación de más alto nivel, aún los graduados de los programas nacionales de doctorado, en todas las áreas de conocimiento, no superan el 0,16% del total de los graduados de la educación superior para el año 2017 (Ver Tabla 5).

La creación y puesta en funcionamiento de los doctorados se enmarcan en reformas y políticas públicas que brinden soporte al desarrollo de una agenda de investigación, articulación con el sector privado y permanecer atentos a las demandas de una economía globalizada y competitiva.

5. La educación doctoral en ingeniería

La educación doctoral en el área de la ingeniería inició en Colombia en la década de los años 90. Los tres primeros programas doctorales en ingeniería son ofrecidos en 1991 por la Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga, y la Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín. Así, dos de estos tres programas iniciales fueron con énfasis en ingeniería química (Obregón, 2007). En esa década también comenzó a operar el Doctorado en Ingeniería de la Universidad del Valle en 1998, como un programa genérico con áreas de énfasis, convirtiéndose en el primer doctorado a nivel nacional con una estructura de esta naturaleza. De este modo, el programa fue aprobado por el Ministerio de Educación Nacional en 1998 (Resolución 2419 del 13 de julio de 1998) con dos áreas de énfasis: Ingeniería Eléctrica y Electrónica y Ciencias de la Computación pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y el Departamento de Ciencias de la Computación, respectivamente (Torres–Lozada, 2013).

La experiencia de creación de los primeros programas de doctorado señala Obregón, se derivó después de gran parte de las universidades ofrecían programas de maestría en disciplinas afines, con excepción de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, en donde para el mismo año 2003, se ofrecieron simultáneamente tanto el programa doctoral como la maestría en automatización.

En la primera década del siglo XXI entraron en funcionamiento programas en universidades de Cauca, Atlántico, Boyacá, Risaralda y más recientemente en departamentos como Huila, Tolima y Risaralda.

Para octubre de 2019, el Ministerio de Educación Nacional reportaba en la plataforma SNIES el registro calificado de 82 programas doctorales en el área de conocimiento de la Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y Afines, ingeniería que representan el 22,75% de la oferta doctoral del país, clasificación establecida por esa entidad para agrupar los programas por área de conocimiento y afinidades, así como para llevar estadísticas.

Los programas doctorales en ingeniería son ofrecidos por 35 instituciones de educación superior (IES), de las cuales 48,38% son de gestión pública y 51,62% son privadas. Sin embargo, esta participación casi que pareja en cuanto al origen de las IES no se mantiene cuando se revisa la cantidad de programas que son ofertados por cada tipo de institución. Es así como 55 de los programas pertenecen a las IES públicas, mientras que 27 hacen parte de entidades privadas (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de los programas doctorales según el tipo de IES, 2019

Departamento	Institución de Educación Superior	Número de doctorados
Antioquia	Universidad Nacional de Colombia, Medellín	9
	Universidad de Antioquia, Medellín	5
	Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín	2
	Universidad EAFIT, Medellín	1
	Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín	1
	Universidad de Medellín, Medellín	1
	Universidad EIA, Envigado	1
Bogotá D.C.	Universidad Nacional de Colombia, Bogotá	10
	Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá	2
	Universidad de Los Andes, Bogotá	2
	Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá	1
	Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá	1
	Universidad EAN, Bogotá	1
	Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá	1
Valle del Cauca	Universidad del Valle, Cali	5
	Universidad Nacional de Colombia, Palmira	1
	Pontificia Universidad Javeriana, Cali	1
	Universidad Autónoma de Occidente, Cali	1
Santander	Universidad Industrial de Santander, Cali	5
	Universidad Autónoma de Bucaramanga, Cali	1
Caldas	Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Manizales	4
	Universidad de Caldas, Manizales	1
	Universidad Autónoma de Manizales, Manizales	1
Atlántico	Universidad del Norte, Barranquilla	5
	Corporación Universitaria de la Costa, Barranquilla	2
Cundinamarca	Universidad de La Sabana, Chía	3
Boyacá	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja	1
	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso	1
	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama	1
Bolívar	Universidad de Cartagena, Cartagena	1
	Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena	1
Cauca	Universidad del Cauca, Popayán	2
Risaralda	Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira	2
Tolima	Universidad del Tolima, Ibagué	2
Córdoba	Universidad de Córdoba, Montería	1
Norte de Santander	Universidad de Pamplona, Pamplona	1
Huila	Universidad Surcolombiana, Neiva	1

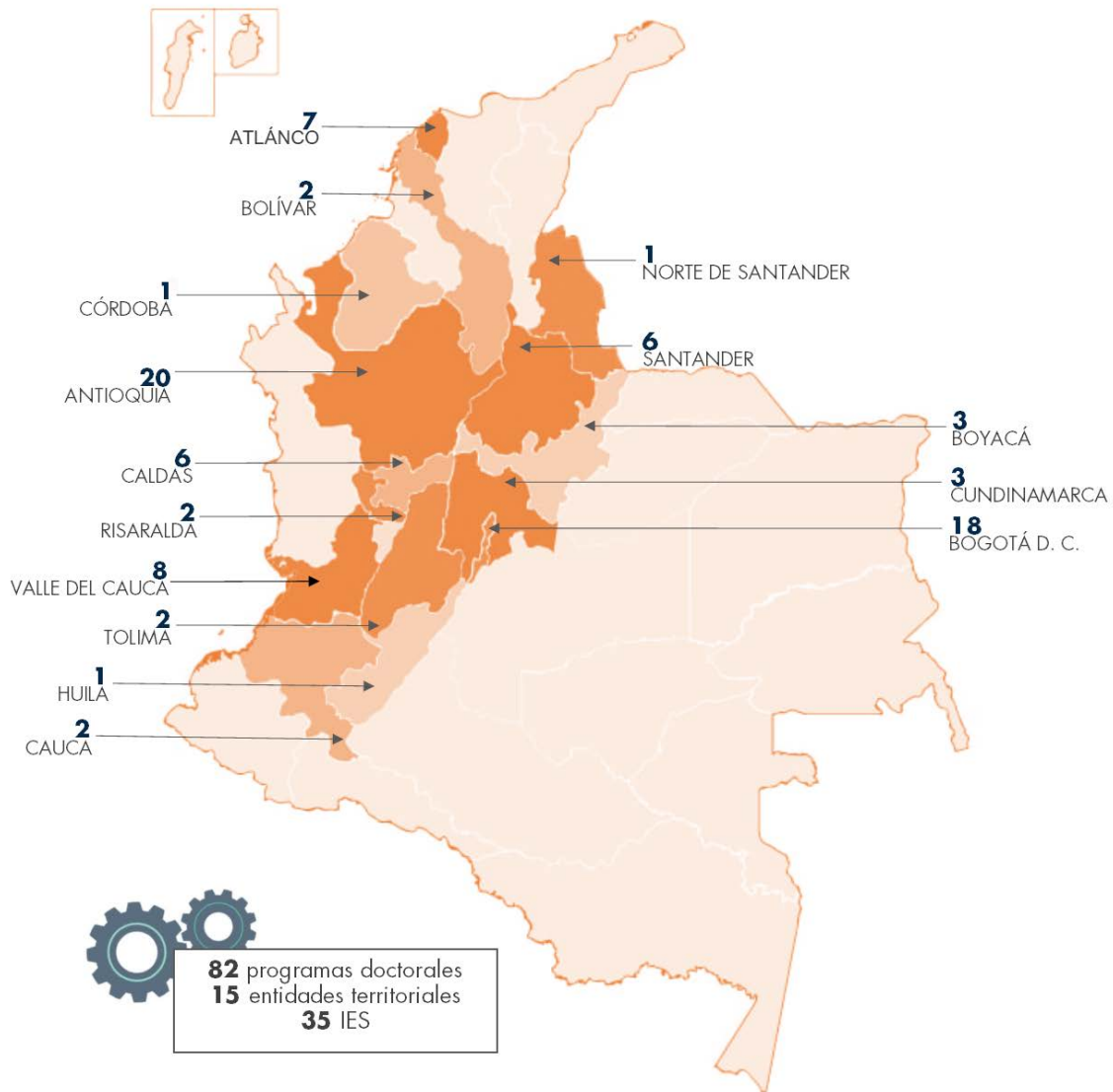
Fuente: Elaboración propia a partir de información consultada en la plataforma SNIES.

Fecha de consulta: octubre de 2019.

Los programas doctorales están repartidos en 15 entidades territoriales, ubicándose principalmente en Antioquia, que concentra el 24,39% de los programas, el distrito de Bogotá, Caldas, Santander y Valle del Cauca (Figura 1). Estos departamentos se han

caracterizado por su trayectoria en poner en funcionamiento programas doctorales en diferentes áreas del conocimiento, además de la ingeniería.

Figura 1. Distribución geográfica de los programas doctorales en ingeniería, 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de información del SNIES.

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del SNIES.

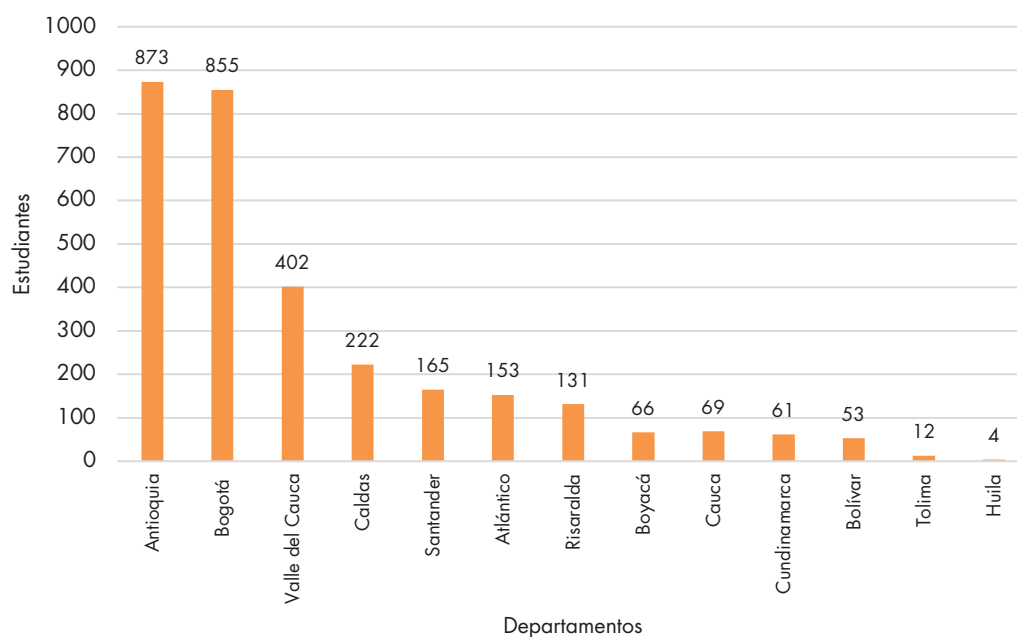
6. Estudiantes de los doctorados en ingeniería

Según estadísticas del SNIES, a corte de 2018, en los programas nacionales de doctorados en ingeniería hay 3066 estudiantes matriculados. Su repartición en el territorio nacional corresponde con la ubicación de los programas de doctorados en los departamentos. Así, las entidades territoriales de Antioquia, Bogotá y Valle del Cauca tienen el mayor número de doctorados en ingeniería del país, también son los lugares que

concentran el mayor número de matriculados con 2130 estudiantes (Ver Gráfica 5). Las tres últimas posiciones las ocupan los departamentos de Bolívar, Tolima y Huila, que suman cinco doctorados de reciente creación, con 69 matriculados.

Los 82 programas de doctorado están repartidos en 15 entidades territoriales, sin embargo, en las estadísticas de la plataforma SNIES aún no se registran estudiantes matriculados en los dos programas ubicados en los departamentos de Norte de Santander y Córdoba. La razón a esta ausencia en los registros puede deberse a que son programas que obtuvieron su registro calificado en los años 2018 y 2019 respectivamente.

Gráfica 5. Estudiantes matriculados en doctorados en ingeniería por departamentos, 2018



Fuente: SNIES. Fecha de consulta: octubre de 2019.

7. Graduados de los doctorados en ingeniería

Para ofrecer un acercamiento a la participación del área de la ingeniería en lo que respecta a los graduados de estos doctorados, es conveniente desglosar por el Núcleo Básico de Conocimiento (NBC) reportado en el SNIES e identificar de cuáles ramas de la ingeniería están egresando los profesionales con título de doctor en los últimos 10 años en Colombia. Así, en la Tabla 6 se presenta con más detalle los datos relacionados con los graduados de los programas nacionales de doctorado en ingeniería para el periodo 2009 – 2018 diferenciados por áreas más específicas de conocimiento.

En total se reportan 1059 graduados de estos programas, que de acuerdo con los registros de la plataforma SNIES se desagregan en 11 Núcleo Básico de Conocimiento a saber: Ingeniería agrícola y forestal; Ingeniería ambiental, sanitaria y afines; Ingeniería

de minas, metalurgia y afines; Ingeniería civil y afines; Ingeniería eléctrica y afines; Ingeniería de sistemas y afines; Ingeniería electrónica, telecomunicaciones y afines; Ingeniería industrial y afines; Ingeniería mecánica y afines; Ingeniería química y afines; y Otras ingenierías.

Aunque el 47,02% de los graduados proceden del NBC que el SNIES define como Otras ingenierías, es pertinente llegar a un mayor nivel detalle para caracterizar la oferta de la educación doctoral en ingeniería con miras a identificar las diferentes ramas de la ingeniería en las cuales existen doctorados en Colombia, que aportan a las capacidades de formación nacionales para recurso humano en actividades de ciencia, tecnología e innovación (Ver Tabla 7).

Entre tanto, de una manera más clara se puede apreciar que el mayor número de egresados por Núcleo Básico de Conocimiento es el que corresponde a Ingeniería de sistemas, telemática y afines con 145 egresados, que representan el 13,69% de los graduados en Ingeniería. A esta rama le siguen los egresados de los doctorados agrupados en el NBC de Ingeniería mecánica y afines con el 9,91% de los graduados, que corresponden a 105 doctores, y los 78 graduados de los programas del NBC de Ingeniería química y afines. La constante participación de estas áreas de la ingeniería en la graduación de nuevos doctores cada año muestran que son las áreas que tienen el mayor número de programas. Sin embargo, desde el año 2016 hasta la actualidad se puede apreciar como los programas del NBC Ingeniería de minas, metalurgia y afines; Ingeniería eléctrica y afines; e Ingeniería agrícola y forestal han comenzado a graduar doctores en el país.

Tabla 7. Graduados de programas nacionales de doctorado en ingeniería por Núcleo Básico de Conocimiento 2009 – 2018

Núcleo Básico de Conocimiento (NBC)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total 2009 – 2018	% sobre el total
Otras ingenierías	29	21	44	46	37	53	40	69	68	90	497	47,02
Ing. de sistemas, telemática y afines	3	7	10	8	14	12	18	18	27	28	145	13,69
Ingeniería mecánica y afines	0	8	8	7	8	11	13	14	13	23	105	9,91
Ingeniería química y afines	8	3	5	11	2	6	3	9	18	13	78	7,36
Ingeniería civil y afines	0	0	6	4	6	10	9	9	17	7	68	6,42
Ingeniería industrial y afines	0	0	0	1	0	0	6	17	19	16	59	5,57
Ing. electrónica, telecomunicaciones y afines	0	0	2	5	7	0	9	13	8	8	52	4,91
Ing. ambiental, sanitaria y afines	0	1	0	3	1	5	5	3	8	7	33	3,11
Ingeniería de minas, metalurgia y afines	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	11	1,03
Ingeniería eléctrica y afines	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5	10	0,94
Ingeniería agrícola y forestal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,09
Total ingenierías	40	40	75	85	75	97	103	154	186	204	1059	100

Fuente: SNIES. Fecha de consulta: septiembre de 2019.

También es pertinente revisar la distribución de los graduados de los programas de doctorados en ingeniería en el territorio nacional en el sentido de que nos da cuenta de los esfuerzos y capacidades institucionales y regionales para formar capital humano para la investigación de calidad. En ese sentido, los graduados que se reportan cada año en cada departamento nos hablan de varias cosas. Por una parte, cuando se revisan los datos, en encontramos en los primeros lugares a las tres entidades territoriales, Antioquia, Bogotá D. C. y Valle del Cauca, que tienen mayor tradición en el funcionamiento de doctorados en ingeniería, es decir que fueron los primeros territorios donde se abrieron programas y a su vez los que actualmente tienen mayor número de doctorados (46 programas), de ahí las cifras que reportan, 821 doctores, representan el 77,51% de todos los graduados de todos los programas doctorales en ingeniería en los últimos 10 años (Ver Tabla 8).

De otra parte, estos registros nos muestran que desde el año 2012 en las regiones ya están egresando los primeros doctores de los programas que allí empezaron a funcionar desde hace poco más de una década. Tal es el caso del departamento del Atlántico, que en ese año reportó la primera graduación y del Cauca, que en el año 2014 registró la graduación de dos doctores.

Tabla 8. Graduados de programas de doctorado en ingeniería distribuidos por entidad territorial de la universidad, 2009 – 2018

Entidad territorial	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total 2009 – 2018	% sobre el total
Antioquia	15	15	36	33	26	35	28	44	55	63	350	33,05
Bogotá D.C.	11	8	21	23	27	26	34	47	59	56	312	29,46
Valle del Cauca	11	7	8	16	13	20	17	20	25	22	159	15,01
Caldas	0	8	8	6	8	10	10	15	12	26	103	9,72
Santander	3	2	2	6	1	1	0	11	12	10	48	4,53
Atlántico	0	0	0	1	0	1	4	6	7	8	27	2,59
Cauca	0	0	0	0	0	2	6	7	8	4	27	2,59
C/marca	0	0	0	0	0	2	3	1	2	6	14	1,32
Risaralda	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	14	1,32
Boyacá	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	0,37
Tolima	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,09
Total	40	40	75	85	75	97	103	154	186	204	1059	100

Fuente: SNIES. Fecha de consulta: septiembre de 2019.

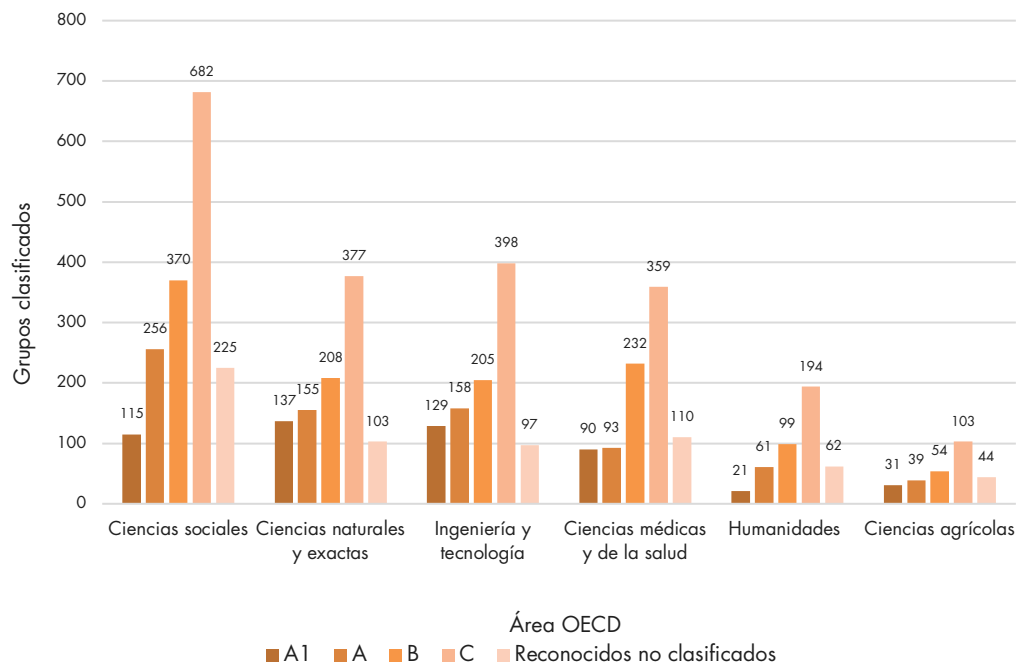
8. Capacidades para la investigación

En la educación doctoral concurren una serie de recursos técnicos, financieros, científicos e institucionales para formar investigadores para desarrollar de manera autónoma procesos académicos e investigativos de alta calidad en un área específica del conocimiento a través un entrenamiento elevado en las herramientas y metodologías de

la investigación científica para que los futuros doctores se muevan en la frontera del conocimiento y realicen aportes significativos y originales a la ciencia. En ese sentido, contar con grupos de investigación consolidados, con investigadores con título de doctor y con elevada producción científica, representada en publicaciones, patentes y procesos de apropiación social de conocimiento, hace parte de los requisitos del Ministerio de Educación Nacional para otorgar el registro calificado a las IES que tramitan la apertura de un nuevo programa doctoral. Con estas condiciones para el funcionamiento se busca que los grupos soporten las líneas de investigación en las que trabaja el doctorado y contribuyan a la formación de recurso humano por medio del desarrollo de las actividades experimentales y la tesis de los estudiantes. Principalmente, los doctorados deben tener asociados grupos de investigación de las IES donde se ofrece el doctorado clasificados por Colciencias en las categorías A1, A, y B, que reúnen los mejores indicadores de producción.

La convocatoria 781 de Colciencias del año 2017 para medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o innovación clasificó 5207 grupos en categorías A1, A, B, C y Reconocidos no clasificados. En términos de participación y siguiendo la clasificación por área de conocimiento que maneja la OECD, la Gran Área de Conocimiento de Ciencias Sociales representa el 32% de los grupos de investigación medidos por Colciencias, seguida de las áreas de las Ciencias Exactas y Naturales, e Ingeniería y tecnología, cada una con el 19% de los grupos (Ver Gráfica 6).

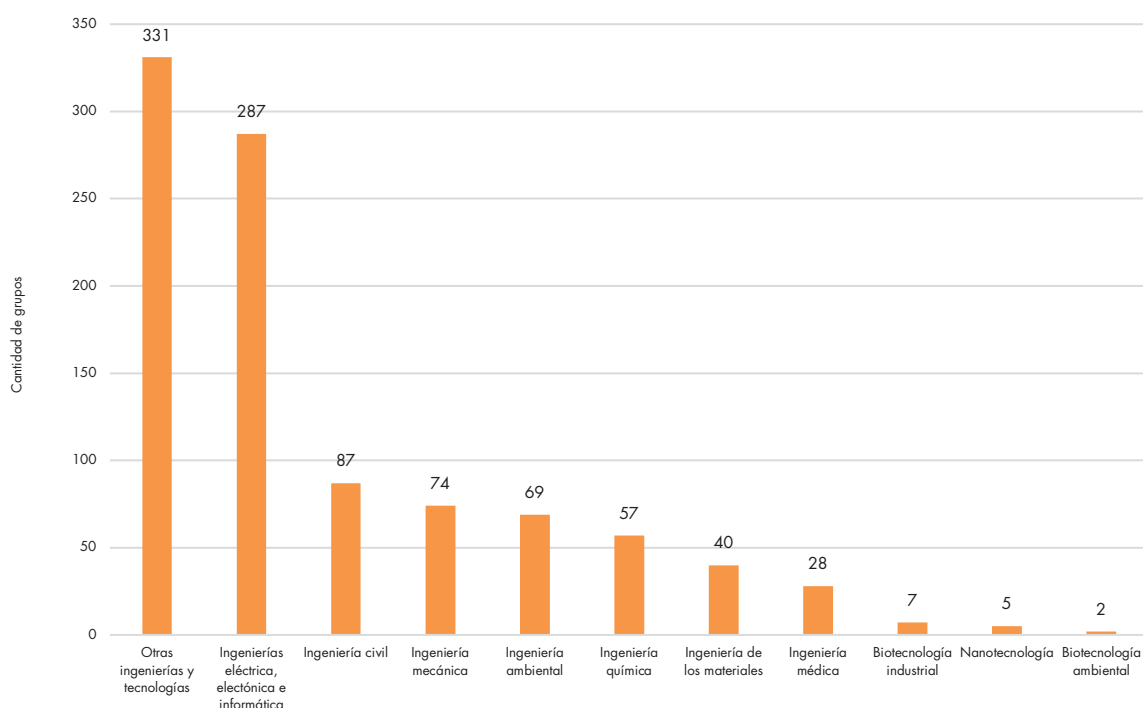
Gráfica 6. Grupos de investigación clasificados por área de conocimiento de la OECD



Fuente: Colciencias, resultados de la convocatoria 781 de 2017. Fecha de consulta: octubre de 2018.

Los resultados que arrojó la convocatoria para el área de Ingeniería y tecnología muestran que, de los 987 grupos, el 49,8% se ubican en las categorías A1, A y B, las principales posiciones que son tenidas en cuenta por el Ministerio de Educación como un criterio de calidad para otorgar la licencia de funcionamiento a un nuevo programa de doctorado. La apertura de nuevos programas de este nivel de formación da cuenta de las capacidades de los grupos de investigación, de una parte, en mantener una elevada producción científica, pero también de su gestión, con el arropo de la IES a la que pertenece, para obtener recursos financieros y técnicos para el desarrollo de proyectos en las líneas de investigación en las que tienen trayectoria, la interacción con pares nacionales e internacionales y la interacción con el entorno que le permita establecer vínculos con otros sectores de la sociedad como el sector empresarial, entidades gubernamentales, entidades no gubernamentales y demás actores del entorno que contribuyen a mantener relaciones de cooperación para abordar problemáticas, diversificar las fuentes de financiación y elevar el alcance de los resultados de las investigaciones.

Gráfica 7. Grupos de investigación clasificados en la Gran Área de Ingeniería y tecnología de la OECD



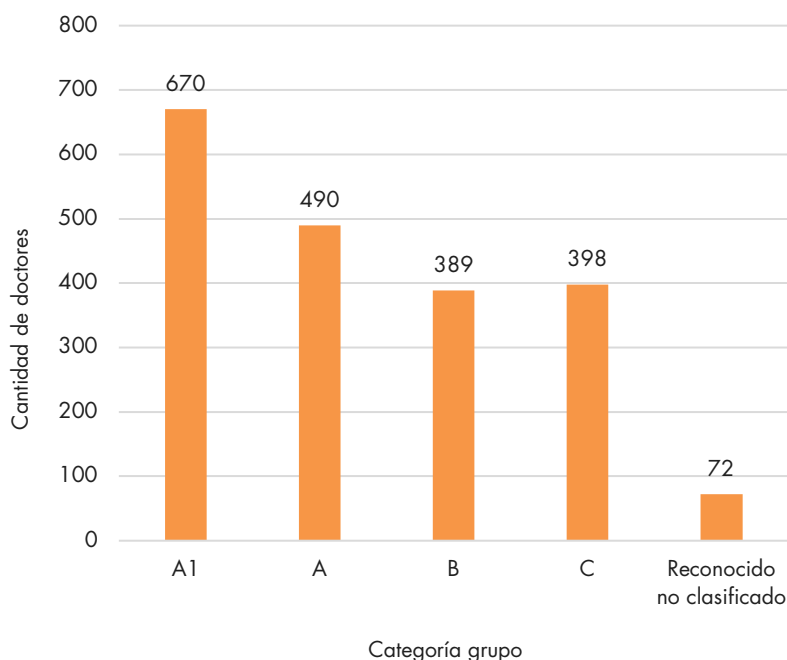
Área OECD

Fuente: Colciencias, resultados de la convocatoria 781 de 2017. Fecha de consulta: octubre de 2018.

De otra parte, cuando se desagrega el área de Ingeniería y tecnología en áreas más específicas en las que desarrollan los grupos sus actividades de investigación, siguen sin ubicarse en un campo específico una tercera parte de los grupos (Ver Gráfica 7). No obstante, en las posiciones que les siguen, las áreas de ingeniería eléctrica, electrónica e

informática; ingeniería civil; e ingeniería mecánica coinciden con los principales Núcleos Básico de Conocimiento (clasificación del SNIES) en los que se ubican la mayor cantidad de los 361 programas de doctorado en ingeniería en el país.

Gráfica 8. Investigadores con título doctor en grupos de investigación del área de Ingeniería y tecnología de la OECD



Fuente: Colciencias, resultados de la convocatoria 781 de 2017. Fecha de consulta: octubre de 2018.

La participación de investigadores con título de doctor en los grupos es fundamental en el sentido de estricto de las exigencias de la rigurosidad científica y el desarrollo de actividades de investigación de alto nivel que se mueva en la frontera del conocimiento. Así mismo, la vinculación de estos investigadores representa las capacidades de los grupos para formar nuevos doctores, en el sentido de que solo pueden participar en la formación de recurso humano para la investigación de alto nivel los docentes-investigadores que tienen título de doctor, en tareas como la enseñanza de los cursos académicos y la dirección y codirección de las tesis doctorales. En los grupos del área de la ingeniería hay 2019 doctores, de los cuales, el 33,18% realizan actividades en grupos clasificados como A1 y 24,26% en grupos de categoría A, mientras que 19,26 % están asociados a grupos B (Ver Gráfica 8) de manera que pueda garantizar recurso humano para atender la formación de nuevos doctores.

Entre tanto, cuando se cruza los datos arrojados por la convocatoria de Colciencias para la medición de grupos del área de ingeniería con su distribución geográfica en el territorio nacional coincide con la participación que tienen las entidades territoriales en la oferta de los doctorados. En las 15 entidades territoriales que tienen IES con doctorados en ingeniería hay 884 grupos de investigación del área de ingeniería, es decir que el

89,56% de las capacidades para la investigación del país en esta área están en estos territorios y esto ha influido para que en la última década nuevos programas hayan entrado en funcionamiento. Revisando las primeras ubicaciones, en el departamento de Antioquia y el distrito de Bogotá se encuentran 468 grupos de investigación, que corresponden al 47,11% de esta área (Ver Tabla 9), y son las entidades territoriales donde se ubican el mayor número de doctorados, en el primero funcionan 20 programas y en el segundo 18, lo que representa el 46,34% de toda la oferta de doctorados del área de ingeniería del país. Así, cuando avanzamos en las siguientes posiciones notamos que los departamentos de Valle del Cauca, Santander y Atlántico tienen 110 grupos en las categorías A1, A y B, y coincide con su participación en la formación de nuevos doctores en el país.

Como conclusión de esta comparación entre la distribución geográfica de los grupos y programas, resulta relevante mencionar que la ubicación de los grupos en el territorio da cuenta de las capacidades que se han ido instalando en las regiones para abrir nuevos programas de doctorados en la última década, en lo que respecta a contar con grupos de investigación e investigadores con título de doctor dentro de estos. Tal es el caso de los departamentos de Bolívar, Huila, Norte de Santander y Córdoba que desde el año 2015 a la actualidad han abierto sus primeros programas en el área de ingeniería.

Tabla 9. Distribución en las entidades territoriales de los grupos de investigación de la Gran Área de Ingeniería y tecnología de la OECD

Entidad territorial	A1	A	B	C	Reconocido	Total
Bogotá D. C.	38	38	63	130	33	302
Antioquia	38	31	36	48	13	166
Valle del Cauca	17	16	13	28	3	77
Santander	7	11	14	29	8	69
Atlántico	7	19	6	12	5	49
Boyacá	0	16	10	14	0	40
Norte de Santander	1	7	10	11	5	34
Caldas	9	7	8	8	0	32
Bolívar	4	7	8	8	2	29
Risaralda	2	4	11	8	3	28
Cauca	1	1	2	12	3	19
Córdoba	1	0	3	12	0	16
Huila	0	1	2	8	1	12
Tolima	3	0	1	5	0	9
Cundinamarca	0	0	0	0	2	2
Total grupos	128	158	187	333	78	884

Fuente: Colciencias, resultados de la convocatoria 781 de 2017. Fecha de consulta: octubre de 2018.

9. Financiación de la educación doctoral

A la par que las instituciones de educación superior del país tienen la demanda de la sociedad para formar investigadores de alto nivel de diferentes áreas del conocimiento, también se enfrentan a los desafíos de asegurar la sostenibilidad y calidad de sus programas, que en gran medida requiere el flujo constante de recursos financieros para

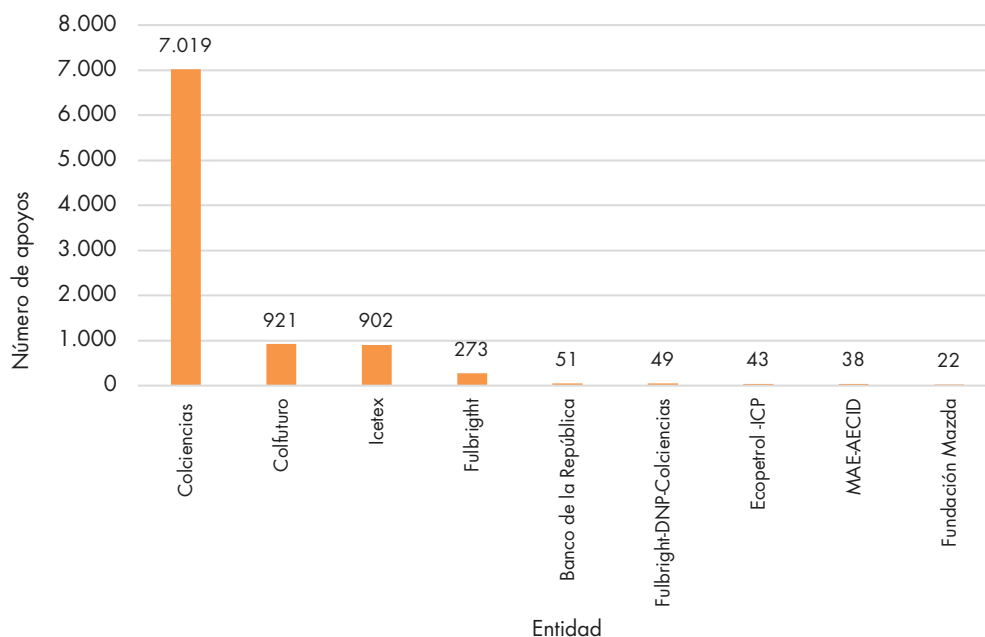
adquirir y mantener infraestructura, planta de docente y recursos bibliográficos, entre otros.

De otra parte, los criterios de calidad de la educación doctoral demanda de sus estudiantes dedicación exclusiva por el tiempo que atienden sus deberes con el programa, en tanto que estudiar un doctorado entra en conflicto con atender obligaciones laborales. Así, durante la última década en el país las fuentes para financiar aspectos como la matrícula, manutención del estudiante, investigación y escritura de tesis, y la pasantía internacional son de orígenes diferentes y de distintas modalidades, según los datos reportados por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). La entidad registra que en un periodo de 10 años (2008 – 2017) se otorgaron 9318 apoyos (becas, créditos y becas –créditos) para cursar estudios doctorales en universidades colombianas y extranjeras por parte de nueve entidades nacionales e internacionales (Ver Gráfica 9).

De las entidades oferentes se destaca la participación de Colciencias con el 75,32% de los apoyos otorgados a estudiantes en la modalidad de crédito–beca, especialmente se destacan los años 2014 y 2015 cuando la entidad entregó 2433 de estos incentivos. Las razones que explican la representativa participación en el reparto de recursos para financiar la educación de este nivel de formación están en que la entidad administró recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTel). Se trata de una destinación específica que estipuló la Ley 1530 de 2012 para que el 10% de los Recursos del Sistema General de Regalías, recursos que reciben la nación por la explotación minero–energética por parte de compañías, se destinen al FCTel para financiar proyectos que incrementen la capacidad científica, tecnológica, de innovación y competitividad de los departamentos, así como la apropiación de este conocimiento por el aparato productivo y la sociedad (Colciencias, 2015).

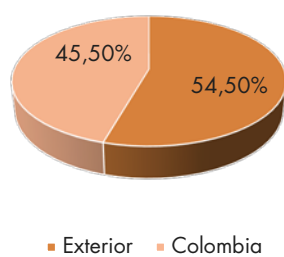
Los estudiantes de doctorado también han optado por financiar sus estudios con las modalidades de créditos, especialmente con los ofrecidos por Colfuturo e Icetex, que en el periodo de 2008 – 2017 otorgaron 1823. Con una menor participación están las becas ofrecidas entidades como Fulbright, el Banco de la República y la Fundación Mazda. Igualmente, los cálculos del OCyT muestran que poco más de la mitad de estos apoyos (54,50%) se han destinado para estudios de doctorado en el extranjero (Ver Gráfica 10).

Gráfica 9. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado según la entidad oferente, 2008 – 2017



Fuentes: Cálculos del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología a partir de los datos de Banco de la República, Colciencias, Colfuturo, Comisión Fulbright Colombia, DNP, Ecopetrol, Fundación Mazda, ICETEX y Fundación Carolina.³

Gráfica 10. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado según el lugar de estudio, 2007 – 2016



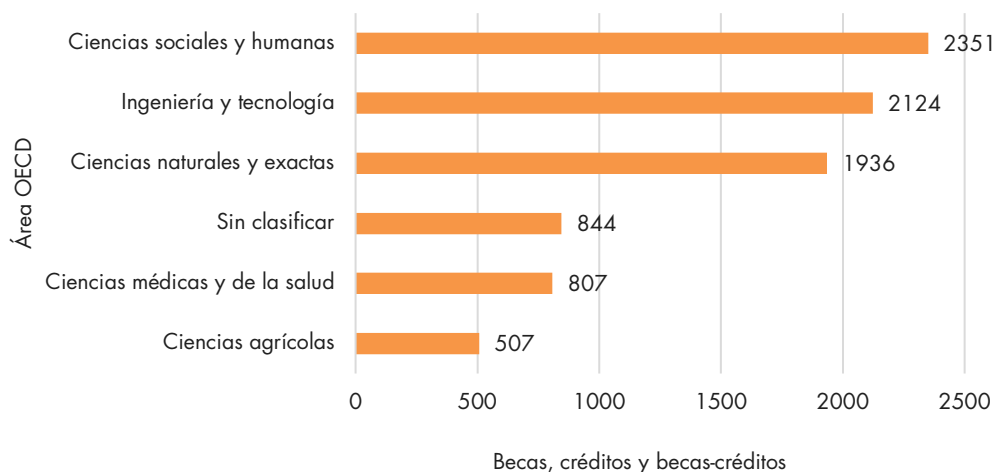
Fuente: OCYT.

De manera más detallada se puede establecer las áreas de conocimiento en las que se encuentran los programas doctorales de los beneficiarios de los apoyos entregados por las entidades financiadoras durante el periodo 2007– 2016. La Gráfica 11 muestra, según la clasificación de la OECD de áreas de conocimiento, que los doctorados en

³ Notas: 1. En 2010 incluye beneficiarios del programa Becas para las Regiones ofertado en convenio por Fulbright, Ministerio de Educación, DNP y COLCIENCIAS. 2. Para 2008, 2010, 2011 y 2012 ICETEX reportó información de becas y créditos condonables, en los años restantes sólo becas. 3. El total se refiere al número de apoyos, no al número de personas; puede haber personas con más de un apoyo.

Ciencias sociales y humanas; Ingeniería y tecnología; y Ciencias naturales y exactas son los principales destinatarios de los recursos, con 6411 incentivos. Mientras que las áreas de las tres últimas posiciones representan el 25,18% de los programas que cursan los estudiantes.

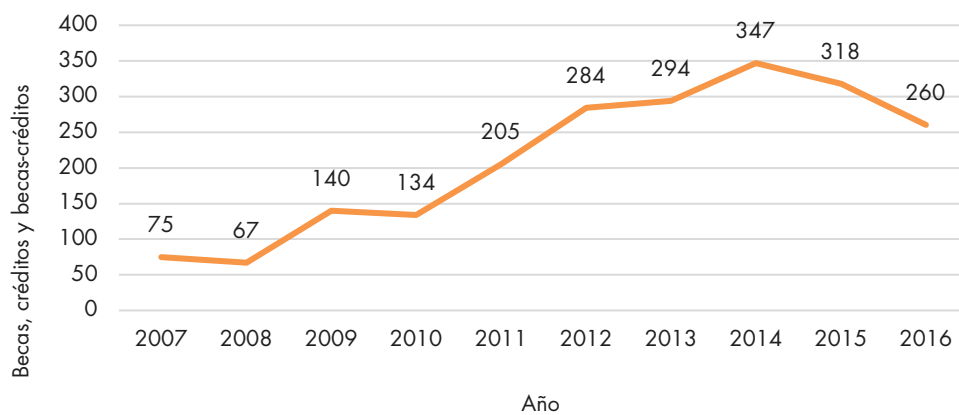
Gráfica 11. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado por área de conocimiento de la OECD, 2007 – 2016



Fuente: OCyT.

En lo que respecta al área de Ingeniería y tecnología, la asignación de recursos para los estudiantes por las entidades oferentes ha variado a lo largo del tiempo. Si bien han aumentado desde el año 2007, se han registrado descensos en la cantidad de becas, créditos y becas-créditos otorgados, en el periodo de registro, por ejemplo, para el año 2014 se entregaron 347 apoyos y estos disminuyeron a 260 para el año 2016 (Ver Gráfica 12).

Gráfica 12. Becas, créditos y becas-crédito para estudios de doctorado en el área de Ingeniería y tecnología de la OECD, 2007 – 2016



Fuente: OCyT.

10. Inserción laboral de los doctores

El mercado de trabajo y la inserción laboral de los graduados de los programas doctorales hacen parte de los asuntos para comprender cómo lo países, además de desarrollar políticas para la formación de alto nivel, también buscan alcanzar diferentes escenarios laborales para los doctores, en el sentido de que efectivamente se instale el recurso humano en diferentes sectores económicos y se contribuya a consolidar un sistema de ciencia, tecnología e innovación que se refleje en la competitividad, el desarrollo y el bienestar de los países.

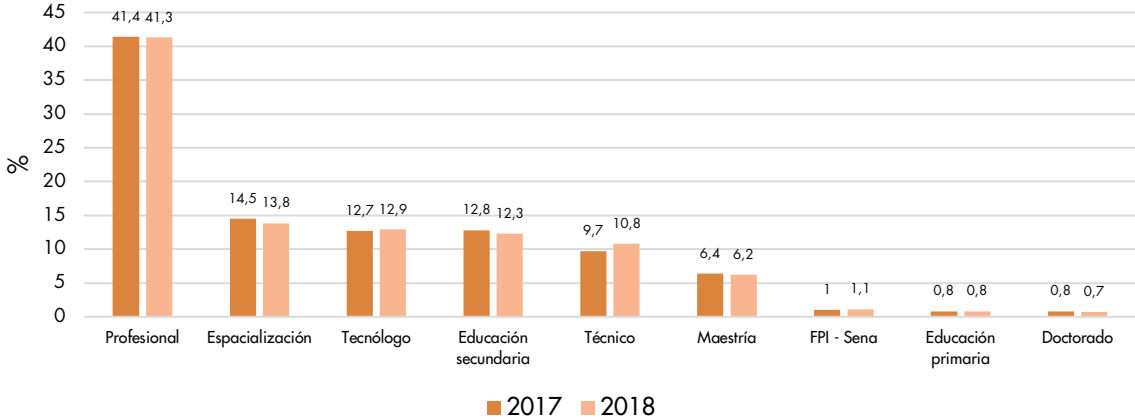
El mercado laboral de los doctores ha sufrido transformaciones en las últimas décadas, en la medida que cada vez más queda en evidencia que la academia no es el único destino para trabajar (Celis, 2012). Los doctorados son programas avanzados de formación en investigación y aunque se suele asociarlos con la vida académica como su destino natural, cada vez hay estudiantes interesados en desarrollar su carrera profesional en ambientes no académicos como las empresas manufactureras de bienes y servicios y participar en procesos de innovación en un sentido estricto. La educación doctoral en ingeniería no ha sido ajena a dos de las preocupaciones: sostenibilidad de los programas y los estudiantes durante su proceso de formación; y la inserción de los graduados en el mercado laboral, especialmente en posiciones no académicas.

La vinculación de doctores a las actividades de innovación en la industria y el sector productivo en Colombia es un fenómeno que se puede rastrear a través de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la industria manufacturera – EDIT. Se trata de una medición adelantada por el DANE y Colciencias (ahora Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia) para para indagar en cada uno de esos sectores por los productos, las actividades, los recursos y los instrumentos de apoyo asociados con el desarrollo tecnológico y la innovación de las empresas. Así, la EDIT IX, última versión disponible, que recogió los datos para los años 2017 y 2018 de 7.529 empresas industriales, muestra que la participación de doctores en actividades de ciencias y tecnología fue de 0,8% y 0,7%, respectivamente, con relación a todo el personal ocupado en esas actividades. De otra parte, esos datos también muestran que del total de empresas que participaron en la encuesta, 11 fueron innovadoras en sentido estricto, 1.561 empresas fueron innovadoras en sentido amplio, 278 empresas fueron potencialmente innovadoras, y las 5.679 empresas restantes fueron no innovadoras.

La situación que expone estos datos evidencia que es necesario una mayor relación y cooperación del sector empresarial con los diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para obtener ideas para innovar en nuestro país y elevar la competitividad de las empresas. En el país se está formando recurso humano de alto nivel, con las capacidades para atender los problemas que presentan varios sectores

de la industria y ofrecer soluciones, así como incorporar conocimientos a los procesos productivos que terminen en nuevos productos, procesos o servicios apropiados por el mercado.

Gráfica 13. Personal ocupado que participó en actividades conducentes a la innovación según nivel educativo



Fuente: DANE, Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica – EDIT 2017 – 2018

CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA CONSULTA A DIRECTORES DE PROGRAMAS DE DOCTORADO EN EL ÁREA DE INGENIERÍA

En este capítulo se presenta la sistematización y análisis de los resultados conseguidos con la consulta realizada por el Capítulo de Doctorados en Ingeniería de ACOFI a los directores de los programas nacionales de doctorados en ingeniería para obtener información actualizada y confiable sobre el estado de la educación doctoral en esta área del conocimiento en Colombia.

Con la información obtenida de esta consulta se busca fortalecer la red de trabajo y cooperación que desde el Capítulo de Doctorados se ha trazado como uno de los objetivos fundamentales para impulsar la educación doctoral en ingeniería, de manera que les permita a las IES conocer áreas temáticas en las que pueden trabajar, adelantar convenios, fomentar redes de investigación, aumentar la movilidad académica de estudiantes y adelantar procesos como el aseguramiento de la calidad de los programas y obtener certificaciones del Ministerio de Educación como la acreditación de alta calidad.

Igualmente, con esta información se pretende alcanzar a las autoridades y tomadores de decisiones en cuanto al establecimiento de políticas públicas para la educación postgrado y especialmente para los doctorados, en aspectos transversales para asegurar su calidad, financiación, sostenibilidad e impacto en el entorno del mayor nivel formación que puede alcanzar una persona en su vida académica.

1. Objetivo

El objetivo de la consulta a los directores de los programas de doctorados nacionales en ingeniería es conocer la capacidad y el estado de la formación doctoral en ingeniería en Colombia, así como su interacción con el entorno con el fin de elaborar un plan de fortalecimiento y sostenibilidad de los programas doctorales en el área que permita el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia.

2. Metodología

2.1. Población objeto

La población objeto de esta consulta son todos los programas de doctorados en ingeniería. Para identificarlos se tuvo como punto de partida la información consignada en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). Solo se consideraron los programas doctorales activos del Área de Conocimiento de Ingeniería, Arquitectura, Urbanismo y Afines, que corresponde a una de las nueve áreas en la que esta herramienta de gestión de la información del Ministerio de Educación agrupa los programas académicos, tanto de pregrado como de posgrado, que ofrecen las IES en el país.

En ese sentido, al momento realizar la consulta se obtuvo una población objeto 75 programas activos para la cuales los informantes fueron los directores de estos. La consulta se publicó en la plataforma SurveyMonkey de la Asociación Colombiana de Ingeniería (ACOFI) y se invitó a responderla por medio de los correos electrónicos registrados en la base de datos de la Asociación. La convocatoria se realizó entre el 27 de noviembre de 2018 y el 30 de enero de 2019, y para asegurar un alto nivel de respuesta se realizaron cinco llamados por medio de correo electrónico, alcanzando la participación de 42 coordinadores, que corresponden al 56% del total de los programas de doctorados.

2.2. Tipo de estudio

El estudio es una encuesta descriptiva para conseguir un diagnóstico del estado de los doctorados en ingeniería en Colombia. Así, se utilizó un cuestionario como instrumento para recolectar la información de corte cuantitativo en el que se preguntó a los directores de doctorados por los siguientes temas:

1. Datos del programa
2. Capacidades para la formación
3. Mecanismos de financiación
4. Duración de los estudios y permanencia
5. Procedencia geográfica y formación previa de los estudiantes
6. Interacción e impacto en el entorno
7. Inserción laboral de los egresados

La elaboración del cuestionario estuvo a cargo del comité coordinador del Capítulo, conformado por el cinco directores de doctorados, el coordinador del Capítulo y el director ejecutivo de ACOFI. Así mismo, para validar el instrumento de recolección se le envió a todos los directores de doctorados la encuesta en un documento de Word para que manifestaran los observaciones y recomendaciones para ajustes pertinentes en metodología y temas consultados a los programas. Para el procesamiento de los resultados de la encuesta se utilizó SurveyMonkey en versión profesional.

3. Caracterización de los programas doctorales en ingeniería en Colombia

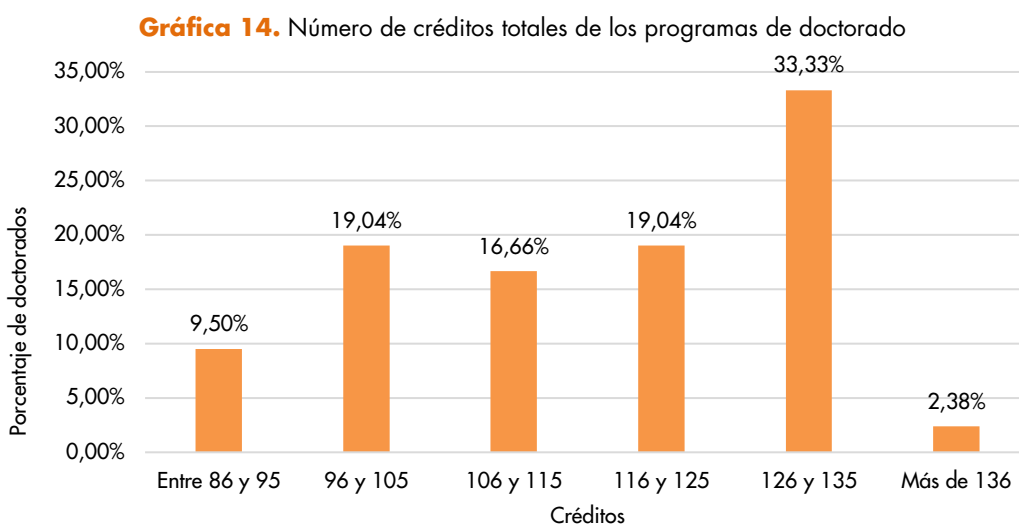
En este primer apartado de presentación de los resultados se reúnen los aspectos consultados a los directores de los doctorados en ingeniería por las características de los programas que permitan conocer la cantidad de créditos, la cantidad de asignaturas exigidas, la antigüedad del programa, la dedicación requerida y la existencia o no de énfasis declarados ante el Ministerio de Educación Nacional. Así mismo, se indagó por apuestas por la doble titulación en el mismo periodo de estudios mediante convenios con instituciones de educación superior nacionales e internacionales.

Sobre los aspectos en los que hubo unanimidad por parte de todos directores de los 42 programas que participaron en la consulta manifestaron en la característica de que son programas de tiempo completo y que requieren dedicación exclusiva y presencial de los estudiantes para atender los cursos, seminarios y actividades experimentales.

3.1. Número de créditos y asignaturas de los programas

El sistema de créditos académicos de la educación superior permite medir el tiempo estimado de actividad académica del estudiante en función de las competencias profesionales y académicas que se espera que el programa desarrolle. Así, un crédito académico equivale a 48 horas totales de trabajo del estudiante, incluidas las horas académicas con acompañamiento docente y las demás horas que deba emplear en actividades independientes de estudio, prácticas, preparación de exámenes u otras que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje propuestas, sin incluir las destinadas a la presentación de exámenes finales.

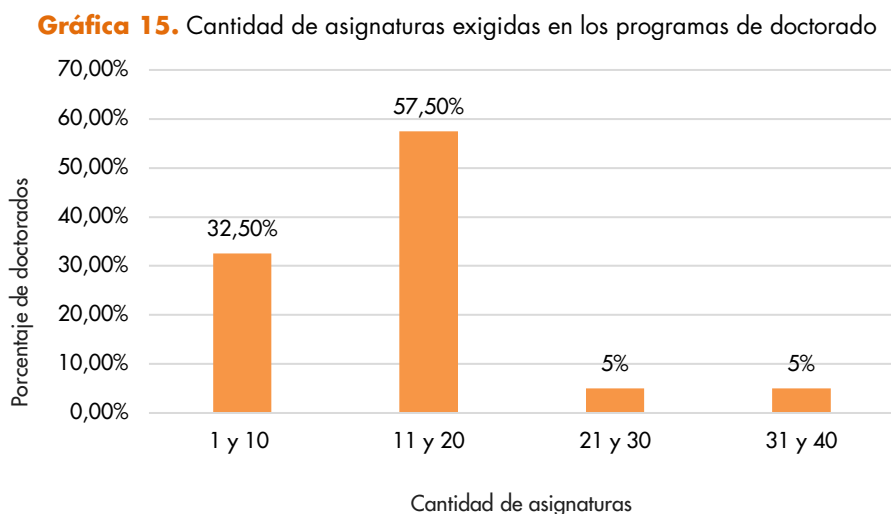
La formación doctoral es un proceso que demanda del estudiante intensa actividad académica para alcanzar las competencias investigativas de alto nivel. En los programas doctorales en ingeniería del país, el 64,24% tienen entre 86 y 125 créditos durante el curso del programa (Ver Gráfica 14) y una tercera parte de los programas consultados tienen entre 126 y 135 créditos, mientras que sólo un 2,38% demandan de sus estudiantes cursar más de 136 créditos.



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Entre tanto, esa cantidad de créditos exigidos a los estudiantes se ve reflejada en la cantidad de asignaturas, entre teóricas y prácticas, que deben cursar durante sus estudios doctorales. Según la Gráfica 15, entre 11 y 20 asignaturas deben tomar los estudiantes

del 57,50% de los programas y el 32,50% de los doctorados les exige a sus estudiantes cursar entre 1 y 10 materias para cumplir el número de créditos exigidos. De otra parte, un 10% de los programas encuestados tiene dentro de sus requisitos cursar entre 21 y 40 asignaturas.



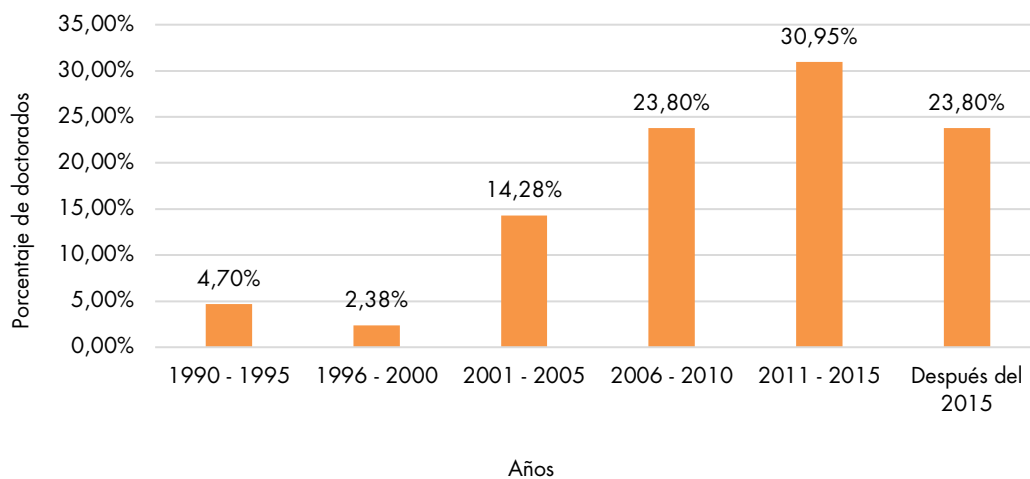
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

3.2. Antigüedad de los programas

La licencia de funcionamiento que reciben los programas de la educación superior hasta mayo de 2003 estuvo bajo la competencia del Icfes y después de esa fecha el Ministerio de Educación Nacional otorga el Registro calificado, tanto para los programas en funcionamiento y todos los programas nuevos que solicitaron registro a partir del 10 de septiembre de 2003. Así, el Registro calificado se otorga por un determinado tiempo cuando un programa de educación superior demuestra ante el Ministerio que reúne las condiciones de calidad que la ley exige. La fecha en la que se otorgó esta licencia si bien no se refiere a la fecha exacta en la que un programa entró en funcionamiento, si nos da cuenta de la antigüedad con la que las instituciones empezaron a tramitar la apertura de los programas.

Los primeros programas de doctorado en el área de la ingeniería obtuvieron su registro Icfes a principios de la década de 1990. Sin embargo, el periodo comprendido entre los años 2006 y 2015, cuando ya se entraba el Registro Calificado, concentró la creación de nuevos programas doctorales en ingeniería, representando el 54,75% de toda la oferta de doctorados en el área (Ver Gráfica 16). De esta manera, la formación en la ingeniería es reciente en el país y muestra que desde el año 2015 a la actualidad en el país se han seguido otorgando el registro calificado a nuevos programas, especialmente en departamentos diferentes a Antioquia, Caldas y el distrito de Bogotá que concentran la mayor cantidad de oferta de programas de doctorados en ingeniería.

Gráfica 16. Fecha de obtención del registro ante el Ministerio de Educación de los programas de doctorado

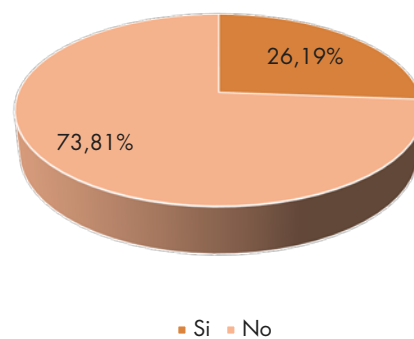


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

3.3. Énfasis declarados ante el Ministerio de Educación Nacional

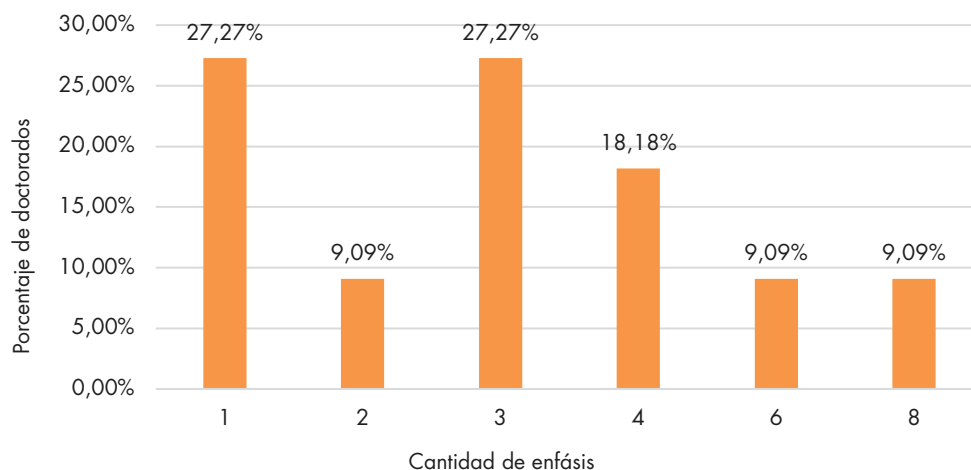
El Ministerio de Educación Nacional permite que un programa de educación superior pueda ser ofertado con varios énfasis cuando se tramita el Registro Calificado. De esta manera, los énfasis son un grupo de asignaturas que permiten profundizar en algunas áreas de conocimiento del programa, en este caso de doctorados, y son diferentes a las líneas de investigación en las que trabajan los grupos de investigación que soportan a los doctorados. Según el Gráfica 17, la mayoría de los directores consultados (73,18%) manifestaron que sus programas no cuentan con énfasis reportados ante el Ministerio, sin embargo, el 26,19% restante de los programas cuentan principalmente con entre uno y tres énfasis por los cuales sus estudiantes se pueden decantar (Ver Gráfica 18).

Gráfica 17. Programas de doctorado con énfasis declarados ante el Ministerio de Educación



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Gráfica 18. Cantidad de énfasis reportados por los programas de doctorado ante el Ministerio de Educación

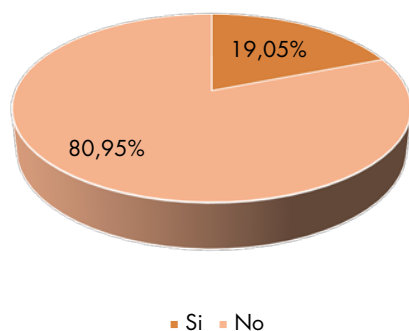


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

3.4. Doble titulación

Los convenios institucionales que permiten la doble titulación de un programa se basan en un itinerario curricular en el mutuo reconocimiento y convalidación de los estudios cursados en las dos universidades, sean estas nacionales o extranjeras, para que sus estudiantes puedan obtener la titulación durante el mismo periodo de tiempo. En la educación doctoral en ingeniería, los programas no cuentan con doble titulación con IES del país, sin embargo, el 19,05% de los programas ofrecen esta modalidad a sus estudiantes con universidades extranjeras (Ver Gráfica 19).

Gráfica 19. Doble titulación internacional de los programas de doctorado

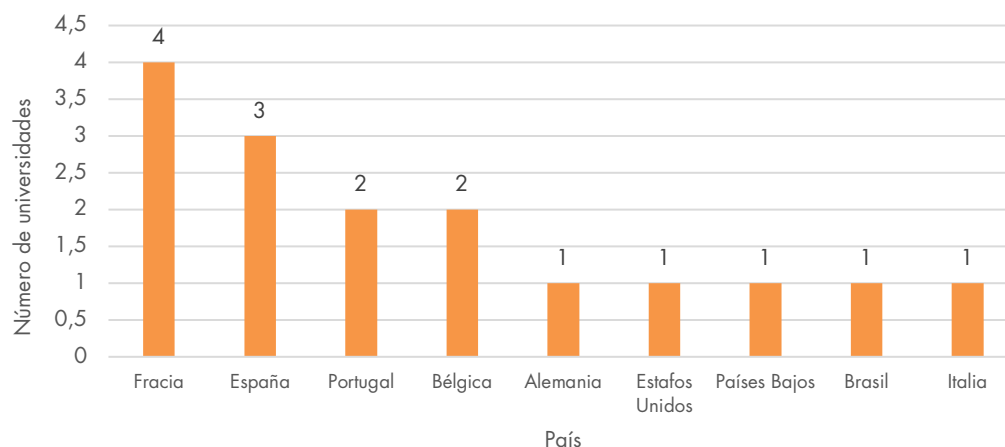


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Aunque los programas ofrecen la opción de doble titulación para sus estudiantes, no es un proceso general y se considera el interés de cada uno. Así, las IES en varios casos cuentan con convenios marco de cooperación científica y académica con instituciones extranjeras y luego se hace un convenio particular para cada estudiante interesado en

esta opción. Las IES colombianas pueden ofrecer la doble titulación de un programa de doctorado con varias universidades, en este caso la mayoría de los programas de doctorados que tienen esta opción se han decantado por 12 instituciones de cinco países europeos para ofrecer este mecanismo (Ver Gráfica 20). Entre tanto, solo dos programas reportaron que tienen convenios con dos universidades de Estados Unidos y Brasil.

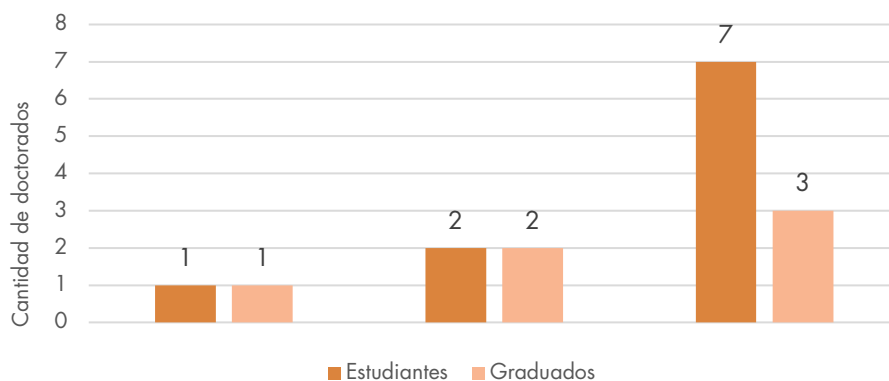
Gráfica 20. Países con los que se ofrecen programas con doble titulación internacional



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Según la Gráfica 21, la cantidad de egresados de estos programas aún no superan los seis graduados, de forma que puede dar cuenta de que se trata de un fenómeno reciente o que ha tenido poca acogida. Así mismo, el número de estudiantes que están realizando sus estudios en universidades del país con convenio de doble titulación internacional es bajo, pues de los cinco programas doctorales que reportaron esta modalidad solo tienen 10 estudiantes que han tomado esta opción.

Gráfica 21. Cantidad de estudiantes y graduados de programa con doble titulación internacional



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

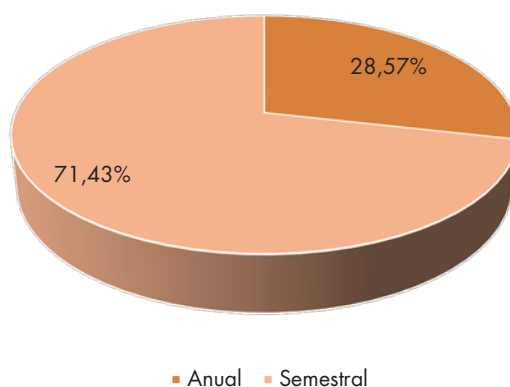
4. Capacidades para la formación

Los estudiantes que puede recibir el programa, sea mediante procesos de admisión semestrales o anuales, la planta docente, los directores de tesis y los grupos de investigación categorizados por Colciencias (ahora Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación) son algunos de las condiciones con las que cuentan los doctorados para adelantar los procesos de formación de sus estudiantes. Por lo tanto, en este apartado se caracteriza las capacidades con las que cuentan estos programas para su funcionamiento.

4.1. Proceso de admisión

Según la Gráfica 22, en los programas doctorales en ingeniería prevalecen los procesos de admisión semestral (71,43%), lo que indica que anualmente se cuenta con dos cohortes de estudiantes y por lo tanto de cuerpo docente, especialmente de profesores que puedan dirigir las tesis de los nuevos estudiantes.

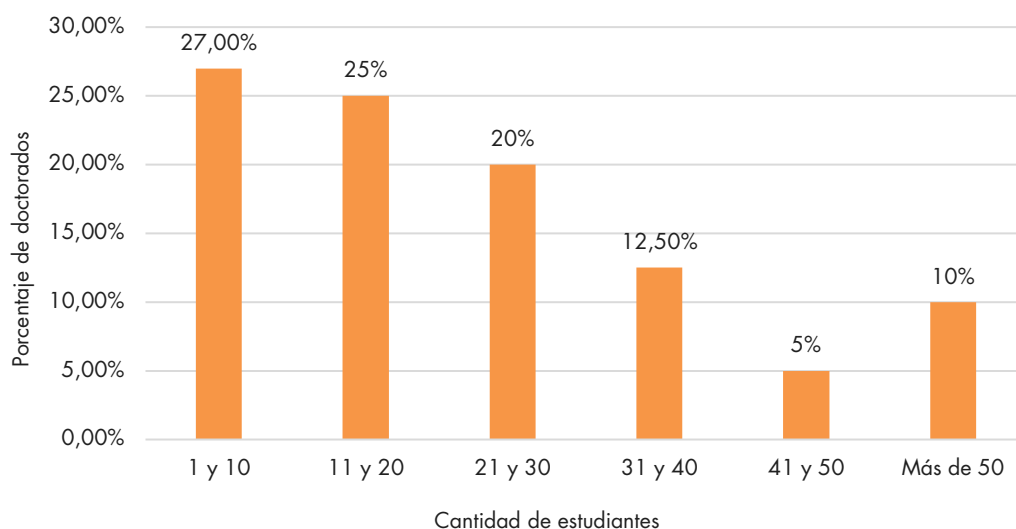
Gráfica 22. Proceso de admisión de los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

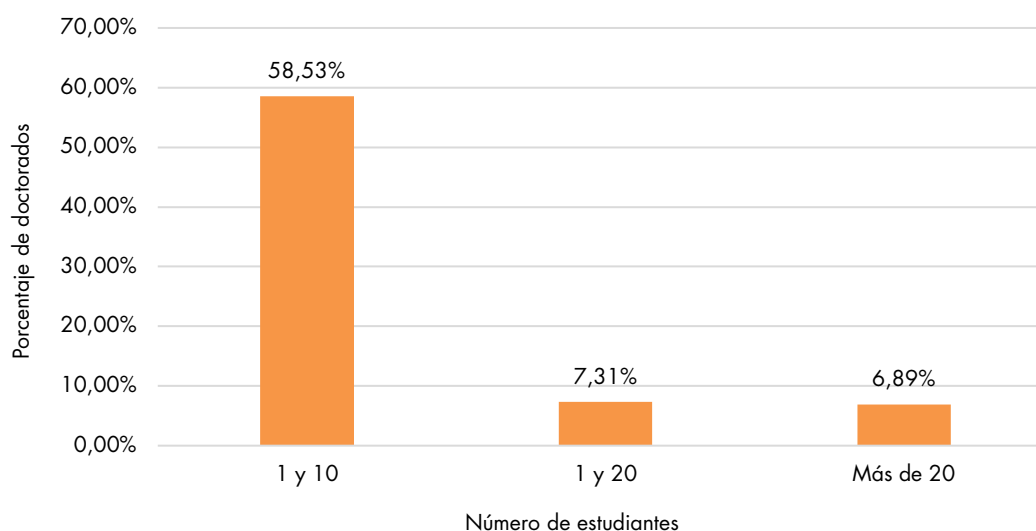
Igualmente, se indagó por la capacidad para recibir estudiantes durante un año, sin importar si el proceso de admisión es semestral o anual, ante lo cual el 50% de los programas pueden recibir entre 1 y 10 estudiantes y un 7,5% puede admitir más de 30 estudiantes (Ver Gráfica 23). Sin embargo, llama la atención que el 10% de los programas manifestaron que no tienen un límite fijado para el número de estudiantes que pueden recibir. Mientras que el 5% de los directores no dieron un valor numérico para fijar la capacidad de admitir estudiantes, sí dieron los criterios en los que se basan para condicionar la cantidad de admitidos, principalmente la existencia de proyectos de los grupos de investigación a los que se puedan vincular y el ofrecimiento de los docentes que estén en condiciones de dirigir las tesis doctorales.

Gráfica 24. Número de estudiantes activos en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Gráfica 25. Número de estudiantes en prorroga en los programas de doctorado



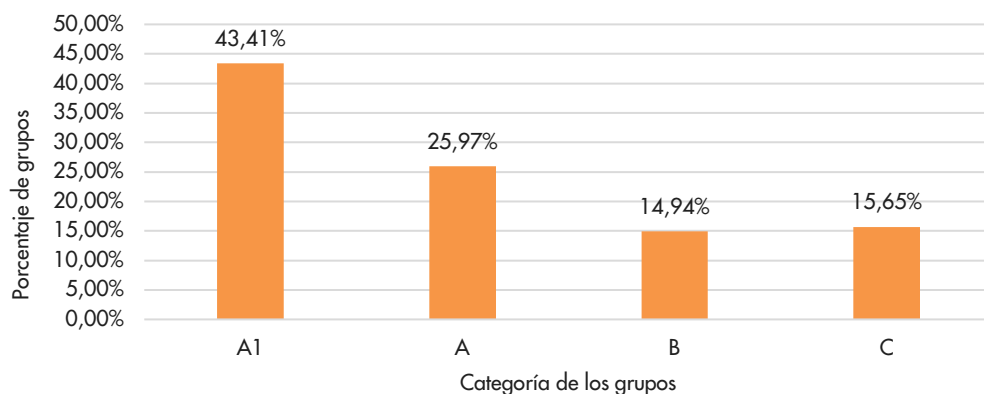
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

4.3. Grupos de investigación que apoyan el programa doctoral

Los grupos de investigación categorizados por Colciencias son fundamentales para soportar las líneas de investigación de los programas y para que los estudiantes desarrollen sus actividades de investigación y tesis. En ese sentido, se demanda que en los doctorados participen los grupos mejor clasificados por Colciencias (A1, A y B), debido a que es un indicador de su producción científica y sus capacidades para formar nuevos doctores, en lo que refiere a contar con investigadores con título de doctor, tener proyectos de investigación financiados, infraestructura, publicaciones y relaciones de

cooperación con otros miembros de la comunidad científica. De esta manera, el 43,41% de los grupos vinculados con los doctorados pertenecen a la categoría A1, mientras que el 25,97% están clasificados como A y 14,94% están en B (Ver Gráfica 26).

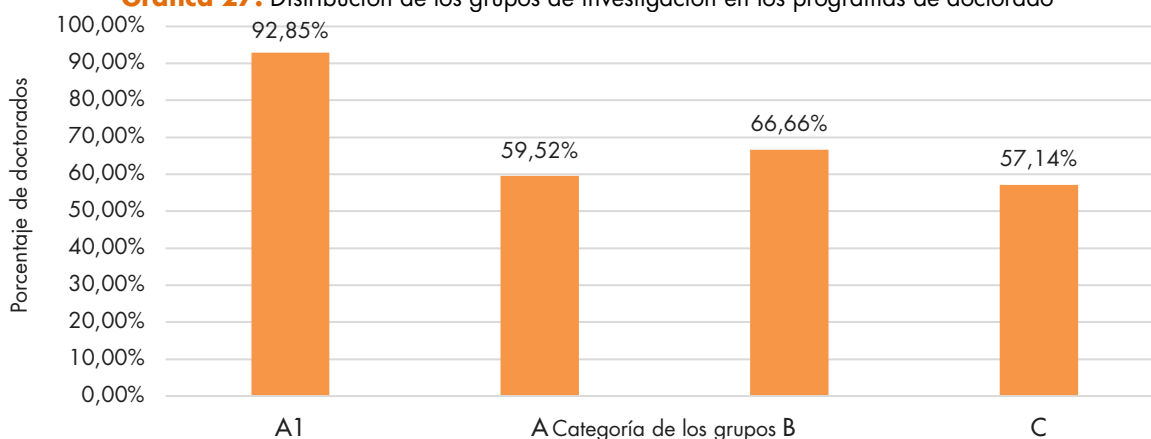
Gráfica 26. Clasificación de los grupos de investigación vinculados a los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Entre tanto, la distribución de estos grupos de investigación en los doctorados muestra, según la Gráfica 27, que la mayoría de los doctorados cuentan con al menos un grupo categorizado como A1 (92,85%) y el 59,52% tienen grupos de categoría A y en el 66,66% de los doctorados se cuentan con grupos de categoría B.

Gráfica 27. Distribución de los grupos de investigación en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

4.4. Cuerpo docente

El cuerpo docente es una de las características que determinan la calidad de los doctorados en la medida que se contará con profesores que realizan actividades de investigación y están en capacidad de dirigir las tesis doctorales. En ese sentido, se preguntó a los directores de los programas por la vinculación de docentes de tiempo

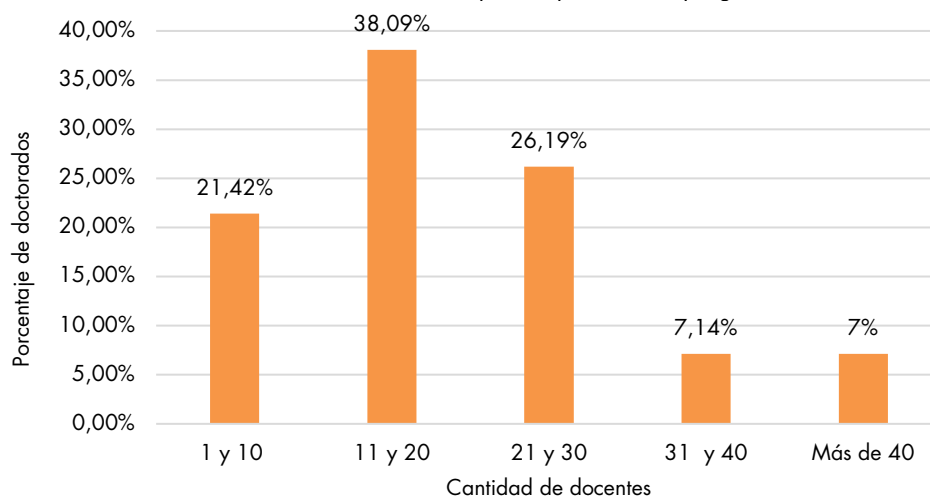
completo, la procedencia de estos (nacionales e internacionales) y su vinculación como directores o co-directores de las tesis de los estudiantes.

4.5. Docentes de tiempo completo

Para lograr procesos de formación significativos en los doctorandos, es esencial que los programas cuenten con un apropiado número de docentes de tiempo completo. En gran medida la participación de estos docentes asegura las condiciones de calidad para impartir los cursos y atender de manera personalizada el proceso del doctorado de cada uno de los estudiantes como miras a convertirse en un investigador independiente.

De acuerdo con la Gráfica 28, en los programas doctorales del área de ingeniería, el 38,09% tienen vinculados entre 11 y 20 profesores de tiempo completo, mientras que el 33,33% cuenta con entre 21 y 40 profesores en esta modalidad. La cantidad de docentes vinculados a los doctorados puede estar relacionada con la capacidad de estos para recibir estudiantes anualmente, las líneas de investigación que soportan la producción de conocimiento en estos programas y la capacidad para atender la dirección de las tesis.

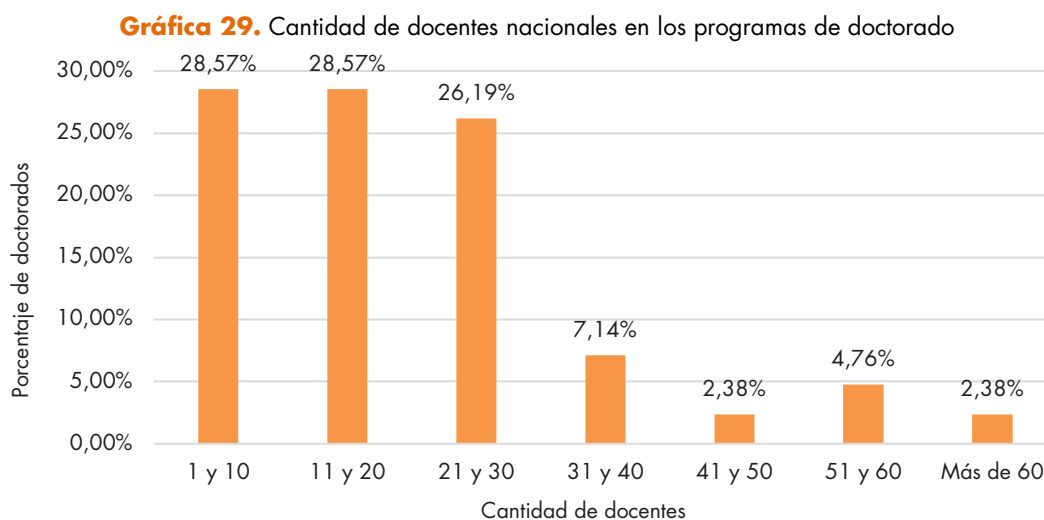
Gráfica 28. Cantidad de docentes de tiempo completo en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

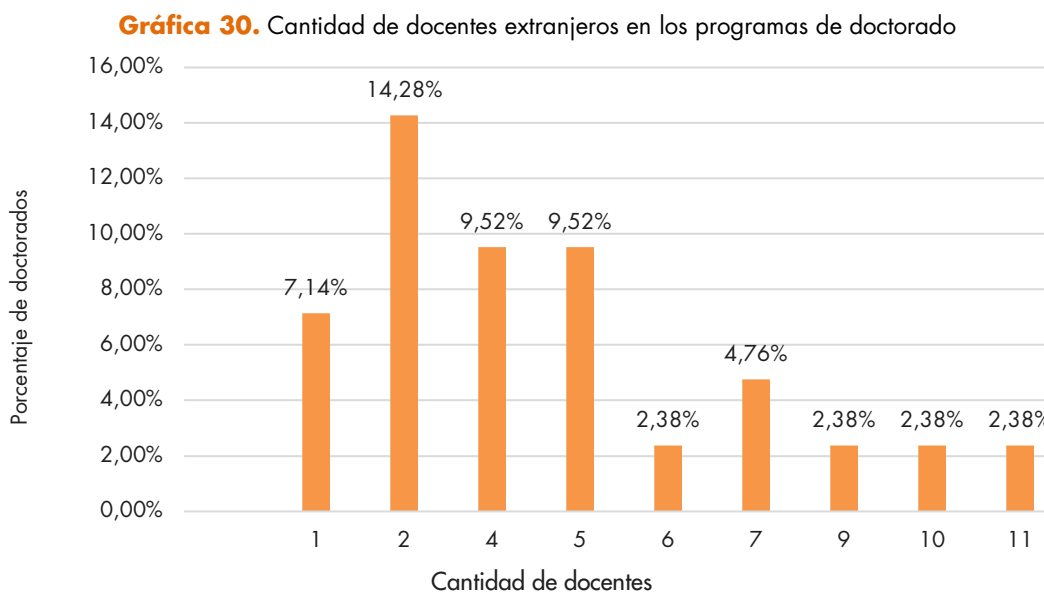
4.6. Procedencia de los docentes

Los directores de los doctorados que participaron en la consulta manifestaron que sus programas tienen vinculados 718 docentes nacionales y 55 extranjeros para atender los cursos y dirigir las tesis de los estudiantes. Con respecto a los docentes nacionales, el 57,14% de los programas cuentan con entre 1 y 20 docentes de este origen, mientras que el 7,14% de los doctorados tienen más 50 profesores colombianos (Ver Gráfica 29).



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Solo 23 directores de programas respondieron que cuentan con docentes de origen extranjero para sus actividades en el doctorado. De esta manera, su distribución es mucho más baja comparada con la vinculación de docentes nacionales, por lo tanto, seis programas tienen en su planta dos docentes extranjeros mientras que un programa tiene diez (Ver Gráfica 30).

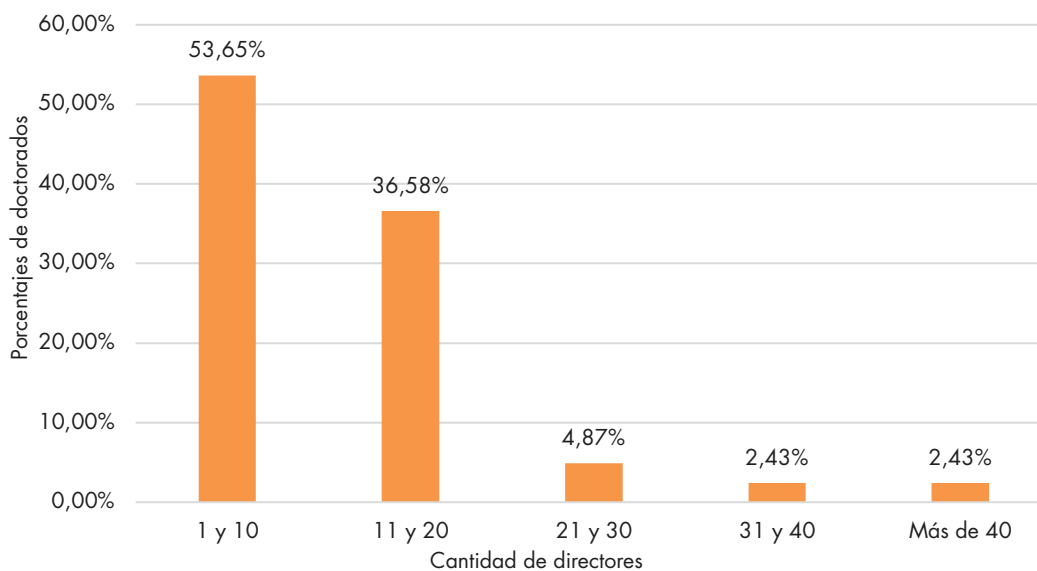


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

4.7. Dirección y codirección de tesis

La experiencia de cursar un doctorado requiere de un director de tesis, quien es un docente investigador con trayectoria acreditada quien trazará en gran medida las actividades de formación del doctorando para capacitarlo en el trabajo autónomo de actividades académicas y científicas de alto nivel. Su papel y las tareas que desempeña durante el tiempo de estudio incluyen aspectos como orientar al estudiante para que su trabajo de investigación sea novedoso y relevante dentro de su campo, planificar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos propuestos en la tesis y hacer seguimiento y supervisión periódica al desempeño del estudiante para lograr avances significativos y resolver dificultades a tiempo. Igualmente, el director de tesis es un investigador que estimulará en su dirigido la comunicación de los resultados parciales según el avance del plan de investigación en eventos académicos o su publicación en revistas científicas con el fin de que se desenvuelva en ambientes expertos sobre su tema de investigación. Así mismo, el director orientará al estudiante sobre la pertinencia de tomar cursos, seminarios y talleres, y realizar la pasantía en universidades y centros de investigación extranjeros que contribuyan a fortalecer su formación y adquirir nuevas destrezas.

Gráfica 31. Directores nacionales de tesis en los programas de doctorado

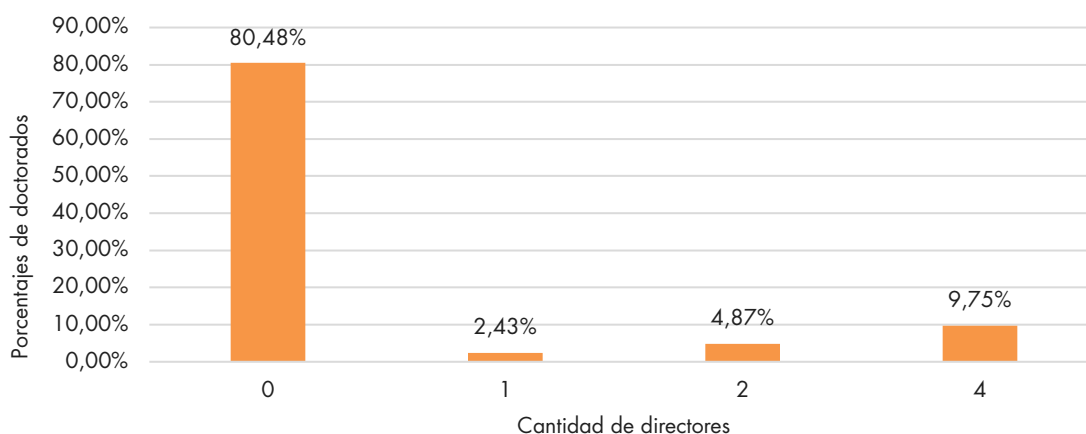


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

La dirección de las tesis en los doctorados en el área de ingeniería es una tarea que está principalmente a cargo de docentes nacionales. Los directores de doctorado consultados manifestaron que cuentan con 509 docentes nacionales y 15 extranjeros para atender los trabajos de los doctorandos. Así, la Gráfica 31 muestra que principalmente los programas

cuentan con entre 1 y 10 directores colombianos para los trabajos de los estudiantes y el 4,86% de los programas tiene más de 30 docentes de origen nacional para cubrir esta labor. De otra parte, la mayoría de los programas (85,71%) manifestaron que tienen incorporada la figura del codirector de tesis en sus capacidades de formación, donde tienen vinculados a 261 profesores nacionales (Ver Gráfica 33).

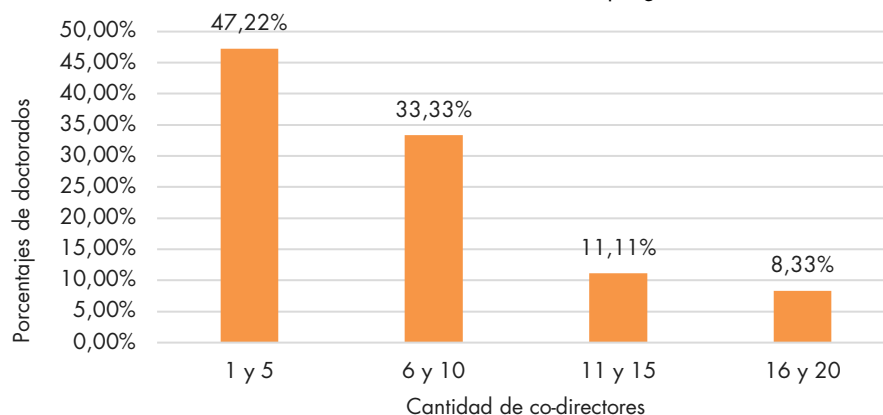
Gráfica 32. Directores extranjeros de tesis en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

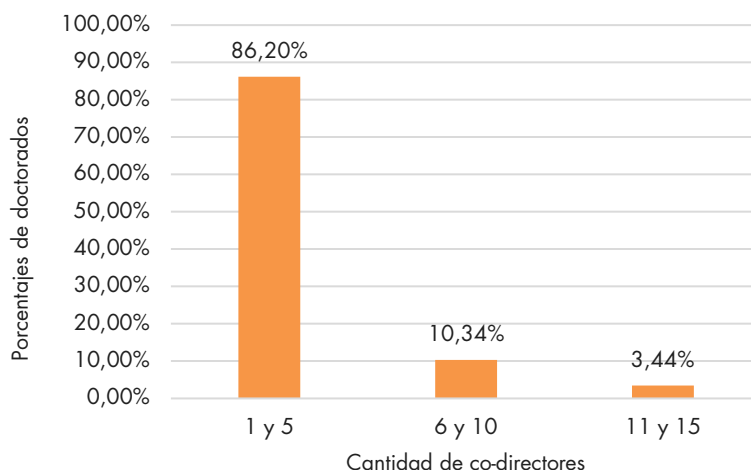
Aunque la participación de docentes extranjeros como directores de tesis es baja (Ver Gráfica 32), su involucramiento en este proceso comienza a ganar notoriedad cuando se vinculan mediante la figura de codirectores de los trabajos de los estudiantes. Hay 106 docentes internacionales acompañando este proceso en 29 programas doctorales, de manera que el 86,20% de los programas cuentan con entre 1 y 5 profesores extranjeros como codirectores (Ver Gráfica 34).

Gráfica 33. Codirectores nacionales de tesis en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

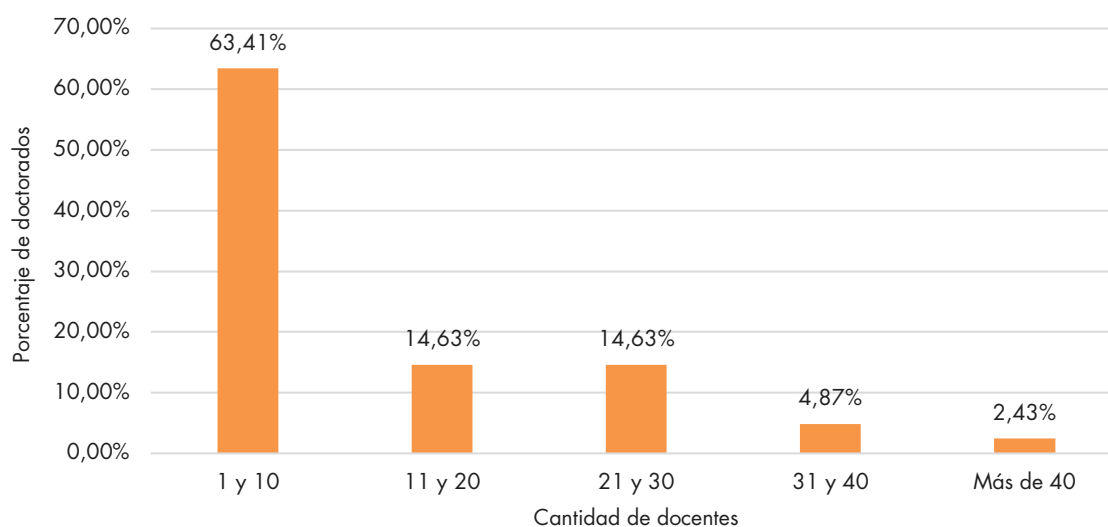
Gráfica 34. Codirectores extranjeros de tesis en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

La información presentada en la Gráfica 35 llama la atención por el alto número de docentes (308) que apoyan el programa doctoral pero aún no dirigen tesis doctorales. Así, el 63,41% de los doctorados tienen entre 1 y 10 docentes que no atienden dirección de trabajos, sin embargo, también existe un programa que tiene más de 40 docentes que no desempeñan esas actividades. La situación merece indagar por las razones, pero se podría decir que dado que un porcentaje importante de los programas que respondieron la encuesta son de reciente creación (desde el año 2015) es bastante probable que todo su cuerpo docente aún no dirija tesis.

Gráfica 35. Docentes de los programas de doctorado que aún no dirigen tesis

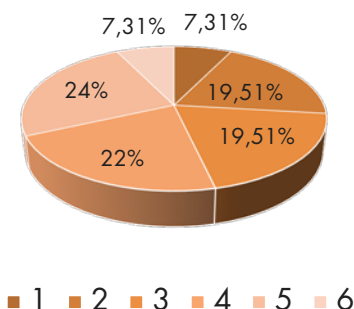


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

4.8. Número máximo de estudiantes por cada director de tesis

A partir del desarrollo de las actividades propias de cada doctorado y de las capacidades instaladas, el 7,31% de los programas tienen docentes que dirigen hasta seis tesis doctorales (Ver Gráfica 36), mientras que lo usual es que un docente dirija el trabajo de uno o dos estudiantes.

Gráfica 36. Número de estudiantes por cada director de tesis en los programas de doctorado

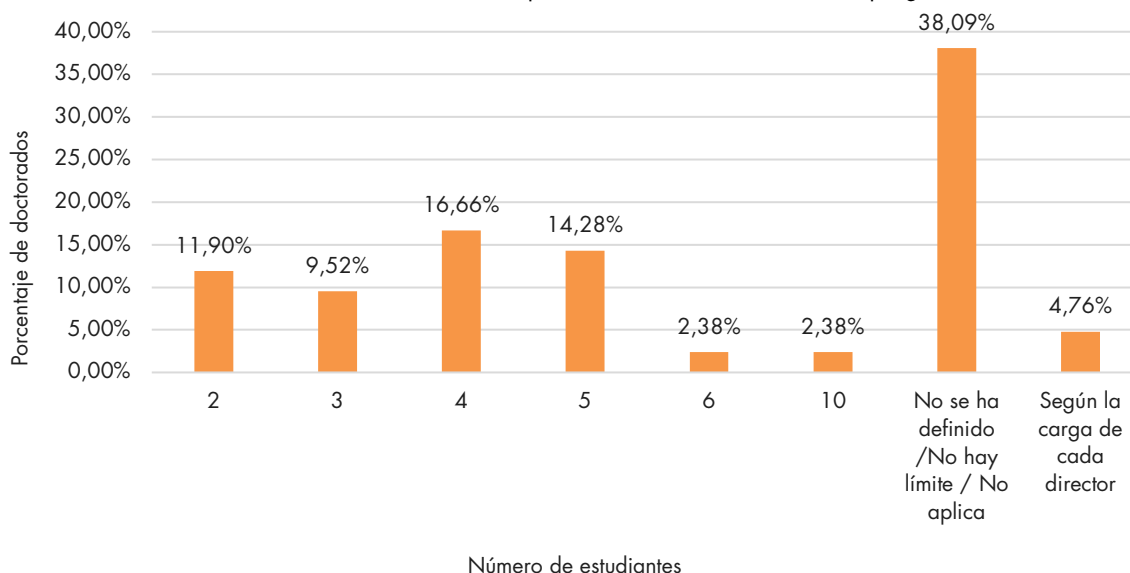


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

4.9. Límite de estudiantes por cada director de tesis

Para el 38,09% de los doctorados no se ha establecido el número límite de estudiantes por cada director tesis, lo que este criterio puede moverse según varios parámetros internos de cada programa o IES que lo ofrece. Sin embargo, el 30,94% de los programas ha establecido que un director tesis puede atender entre 4 y 5 estudiantes (Ver Gráfica 37).

Gráfica 37. Cantidad máxima de estudiantes por cada director de tesis en los programas de doctorado



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

5. Mecanismos de financiación de la educación doctoral

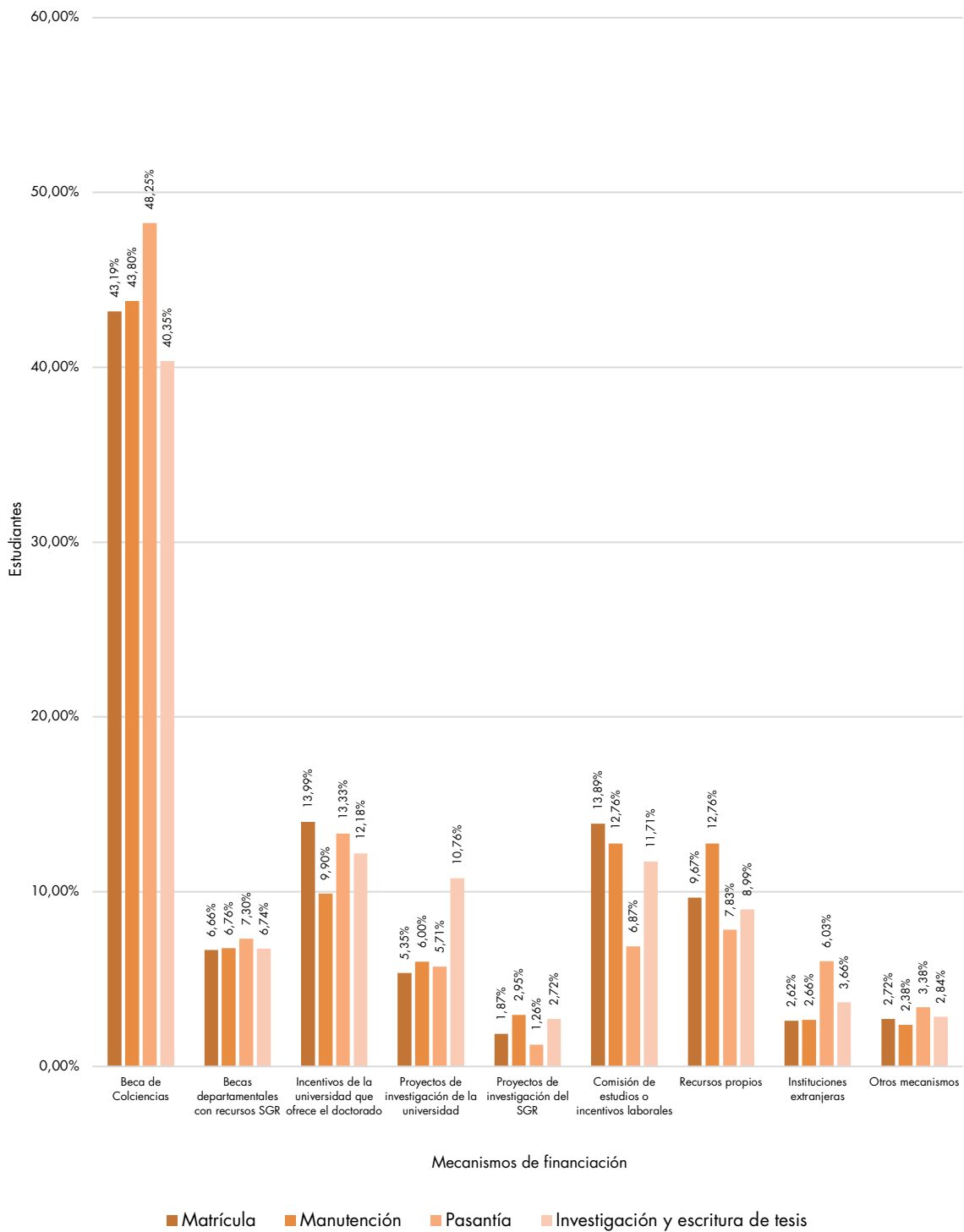
En este apartado se consultó por los mecanismos que utilizan los estudiantes para financiar la matrícula, manutención, investigación y escritura de tesis, y pasantía. Los datos proporcionados por los directores muestran que la mayoría de los doctorandos tienen en el sistema de becas-créditos proporcionadas por Colciencias el principal financiador de los rubros en los que incurren para atender sus deberes durante sus estudios (Ver Gráfica 38). Esta elevada participación de la entidad da cuenta de que el área de la ingeniería acogió a muchos de los beneficiarios de las convocatorias realizadas por Colciencias entre los años 2014 y 2015.

Entre el abanico de fuentes de financiación se destacan los incentivos internos de las IES que ofrecen los programas. Estos pueden corresponder al reconocimiento por desempeño académico durante los estudios doctorales, e incluso, estos pudieron otorgarse cuando el estudiante cursaba su pregrado u otros estudios de postgrado en la misma institución y con estos incentivos se dieron las condiciones para que el estudiante tomará la decisión de cursar el doctorado.

De otra parte, la comisión de estudio tiene una participación importante dentro de los mecanismos de financiación lo que indica el interés por el personal vinculado a las IES en obtener el título de doctor para cualificar sus capacidades investigativas.

En consideración a los recursos provenientes del Sistema General de Regalías, las becas departamentales que se otorgaron de este fondo durante el periodo 2014 – 2016, así como los proyectos de investigación en los departamentos permitieron a un grupo considerable de beneficiarios realizar sus estudios en los programas nacionales.

Gráfica 38. Mecanismos de financiación empleados por los estudiantes de los programas de doctorado para su matrícula, manutención, investigación, escritura de tesis y pasantía



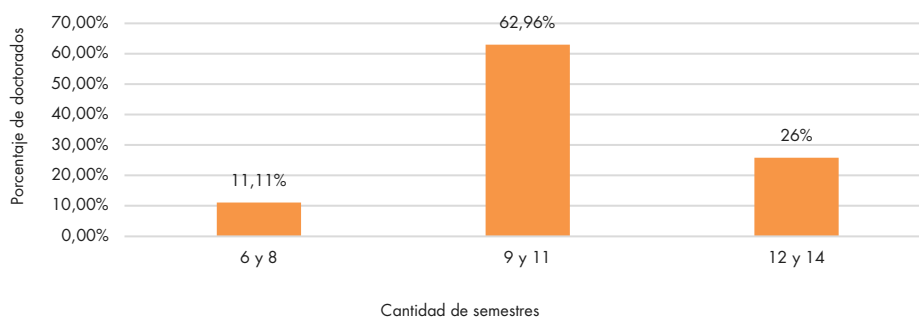
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

6. Duración de los estudios y permanencia

6.1. Tiempo para culminar el doctorado

La duración de los programas doctorales en el área de ingeniería está entre tres y cuatro años cuando se cumplen todos los requisitos exigidos por la normatividad del postgrado. Sin embargo, los datos reportados por los directores de los programas nos muestran que los estudiantes pueden demorar hasta dos años más en culminar su doctorado. En ese sentido, en el 62,96% de los programas sus estudiantes obtienen el título de doctor en un periodo de entre 9 y 11 semestres (Ver Gráfica 39).

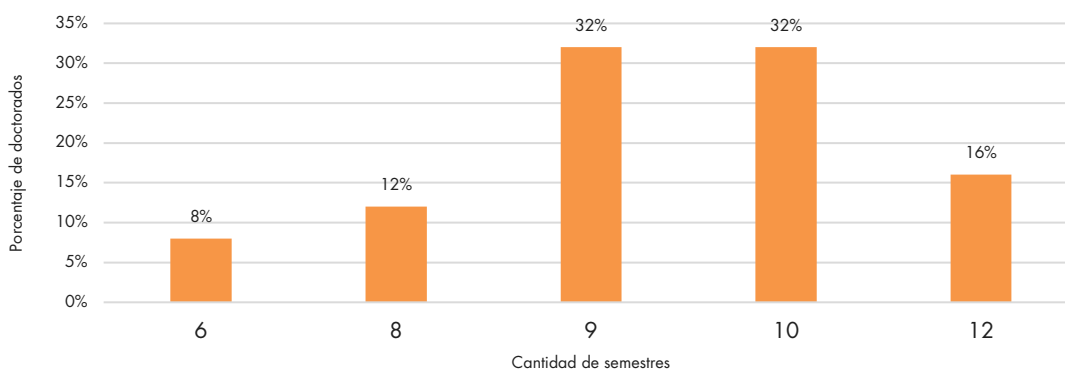
Gráfica 39. Tiempo que toman los estudiantes de los programas de doctorado para culminar sus estudios sin homologaciones



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

De otra parte, aunque los programas tienen estudiantes que cuentan con beca para solventar los rubros de matrícula, manutención, investigación y pasantía pueden tomar hasta dos semestres más para concluir sus estudios, una situación que amerita indagar en las causas. Solo el 20% de los programas que han recibido estudiantes becados manifestaron que estos pudieron finalizar su doctorado dentro del tiempo estipulado de duración de este (Ver Gráfica 40).

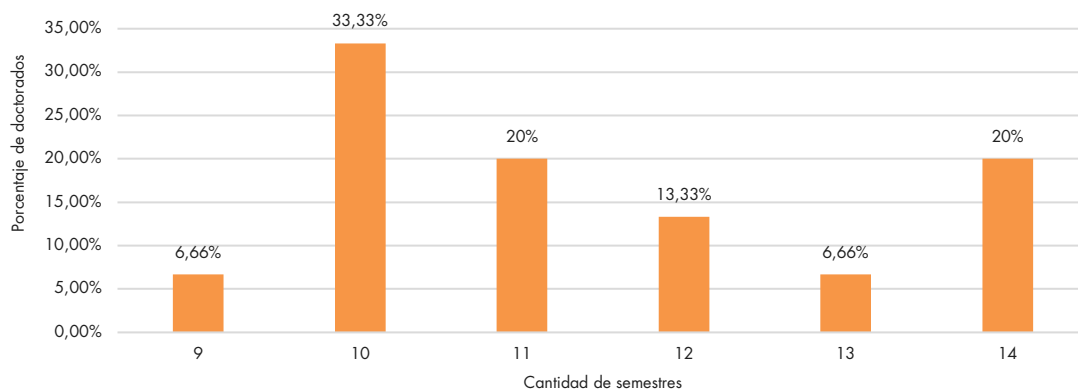
Gráfica 40. Tiempo que toman los estudiantes con beca de los programas de doctorado para culminar su formación



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Pese a que los doctorados exigen dedicación de tiempo completo a sus estudiantes, existe una importante cantidad que trabajan y estudian a la vez, lo que supone que un conflicto para dedicarse a atender los deberes del programa. Los programas que manifestaron que tienen estudiantes con esa condición informaron que ninguno termina sus estudios antes de nueve semestres e incluso se puede prolongar hasta los 14 semestres (Ver Gráfico 41).

Gráfica 41. Tiempo que tardan los estudiantes de los programas de doctorado que a la vez trabajan culminar su formación

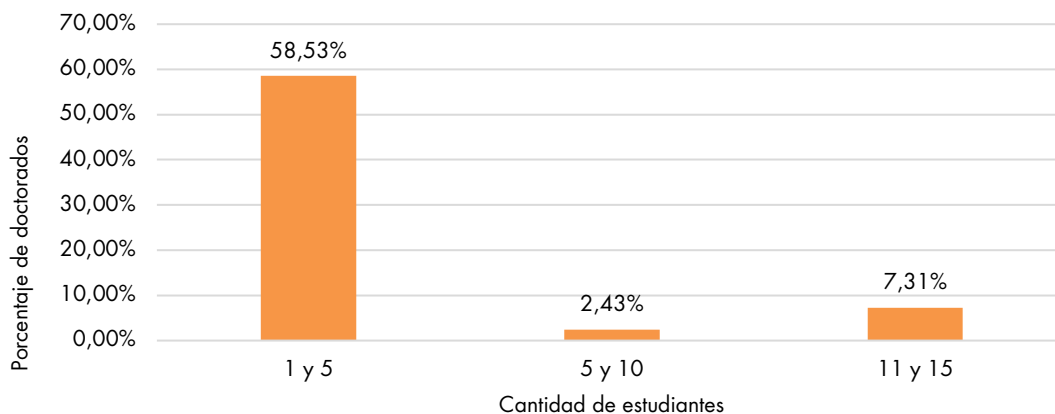


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

6.2. Estudiantes que desistieron de su formación

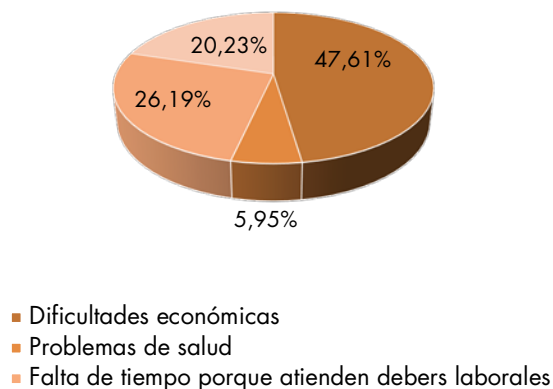
En la educación doctoral también se presenta el fenómeno de la deserción estudiantil. En los últimos cinco años, en el 58,53% entre 1 y 5 estudiantes no concluyeron su doctorado (Ver Gráfica 42). Las razones expuestas en la Gráfica 43 para esta situación son principalmente dificultades económicas y falta de tiempo porque el estudiante atiende deberes laborales a la par de sus estudios.

Gráfica 42. Estudiantes que iniciaron sus estudios y no los continuaron en los últimos cinco años



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Gráfica 43. Principales causas por las que no continuaron los estudiantes que desistieron

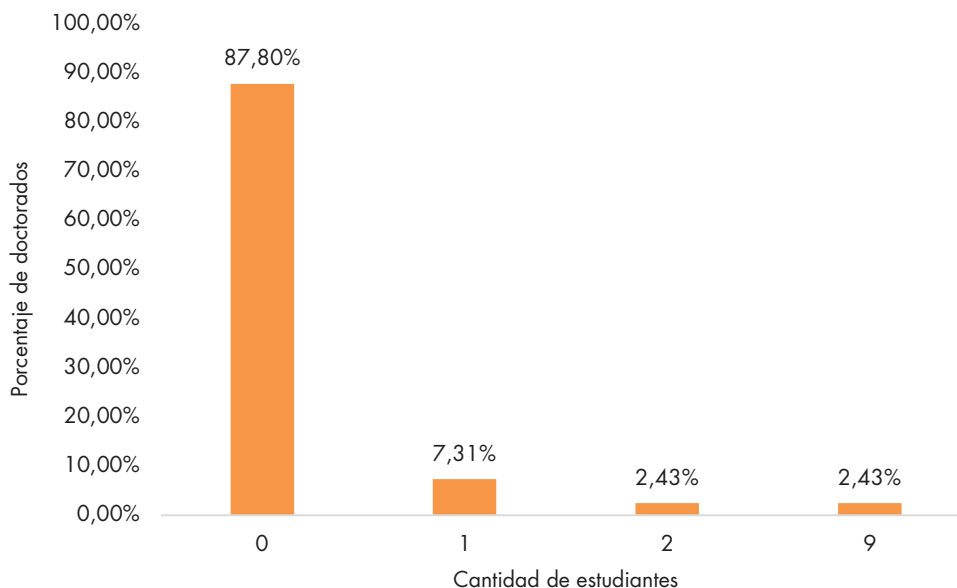


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

6.3. Estudiantes expulsados

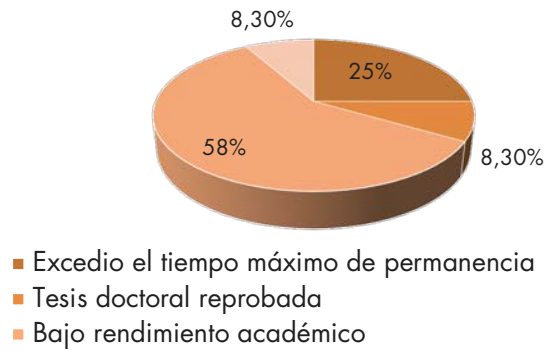
La otra cara de la moneda por la que los estudiantes no terminan sus estudios está en los motivos que tienen las IES para expulsar de los programas doctorales. En los últimos cinco años 12 estudiantes fueron expulsados de cinco doctorados (Ver Gráfica 44). Las principales razones para la expulsión fueron el bajo rendimiento y exceder el tiempo de permanencia en el programa (Ver Gráfica 45).

Gráfica 44. Estudiantes expulsados de los programas de doctorado en los últimos cinco años



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Gráfica 45. Motivos de expulsión de los estudiantes en los últimos cinco años

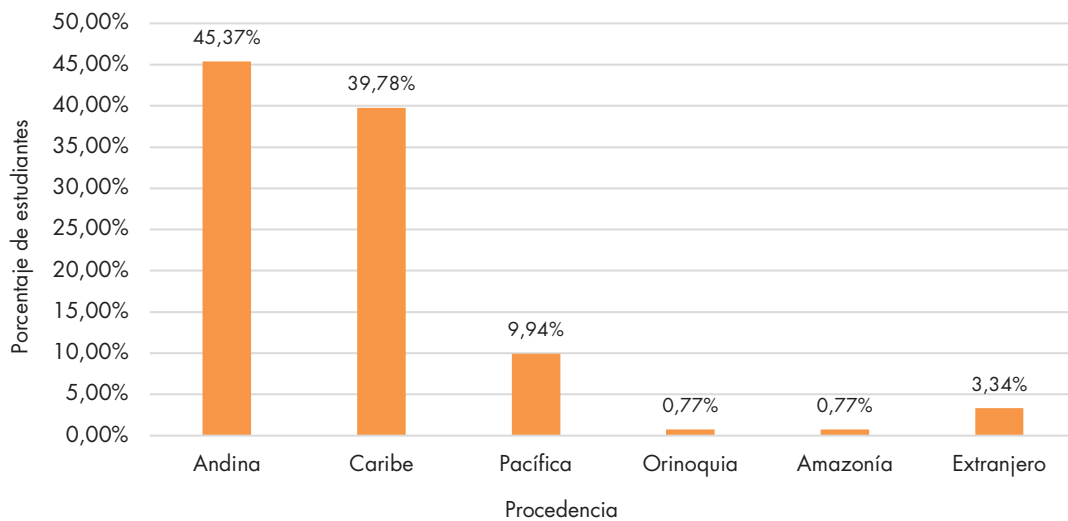


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

7. Procedencia geográfica y formación académica previa de los estudiantes

La procedencia geográfica de los estudiantes da cuenta en qué regiones sus habitantes acceden a la formación doctoral, debido a que en los últimos 10 años en regiones distintas al área andina se ha abierto programas doctorales. En ese sentido, el 49,72% de los estudiantes que reciben los doctorados proceden de las regiones Caribe y Pacífica, pero a su vez llama la atención que los estudiantes extranjeros superan a los que proceden de regiones como la Orinoquia y la Amazonía (Ver Gráfica 46). Así, de los 43 estudiantes ubicados en 18 doctorados, el 58,13% son ecuatorianos y el 11,62% proceden de Cuba.

Gráfica 46. Procedencia geográfica de los estudiantes de los programas de doctorado en los últimos cinco años



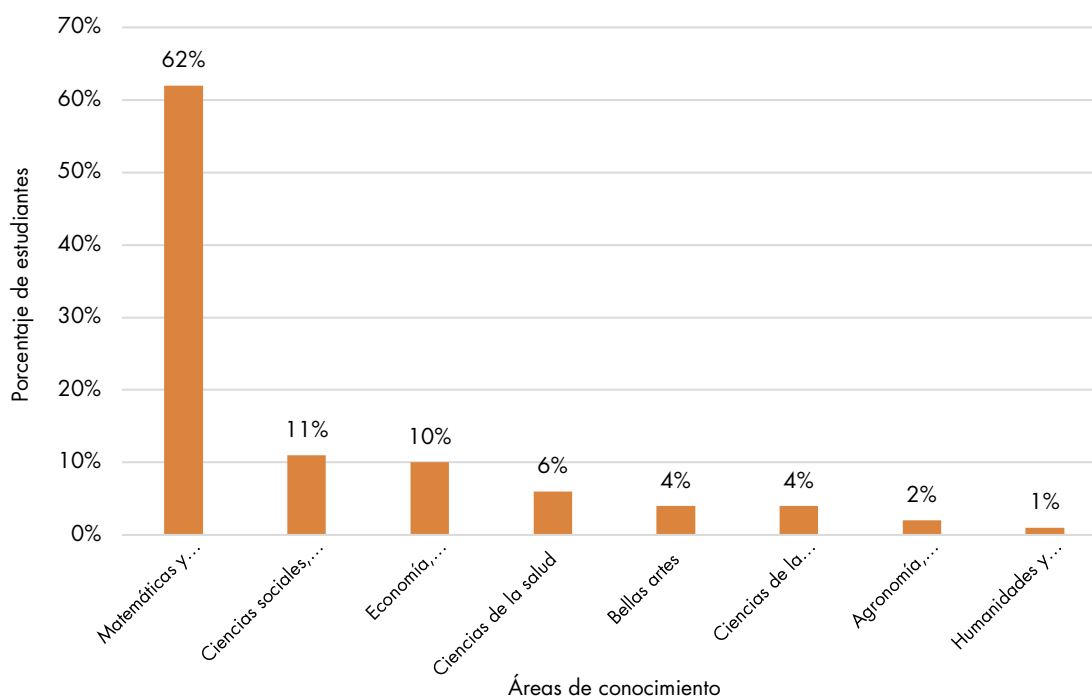
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

7.1. Formación previa de los estudiantes

Si bien los programas de doctorado que son objeto del presente diagnóstico están agrupados en el área de la ingeniería, sus fundamentos teóricos, conceptuales y metodológicos les permiten mantener diálogos e intercambios con otras áreas del conocimiento. Esto se ve reflejado en la interdisciplinariedad y en el ingreso de estudiantes que cuentan con una formación previa en áreas distintas a la ingeniería.

De tal manera, el área de las ciencias exactas y naturales es de la cual proceden el 62% de los estudiantes que tienen formación previa en la ingeniería, pero con la cual se mantienen estrechos intercambios (Ver Gráfica 47).

Gráfica 47. Estudiantes de los programas de doctorado que proceden de áreas de conocimiento diferentes a la ingeniería



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

8. Interacción e impacto en el entorno

Las experiencias de interacción con el entorno desde los doctorados abarcan un abanico de posibilidades y de actores que permiten abordar con las herramientas y la rigurosidad de la investigación científica problemáticas de pueden enfrentar organizaciones con las que las IES o el programa doctoral tiene relaciones de cooperación. En ese sentido, desde

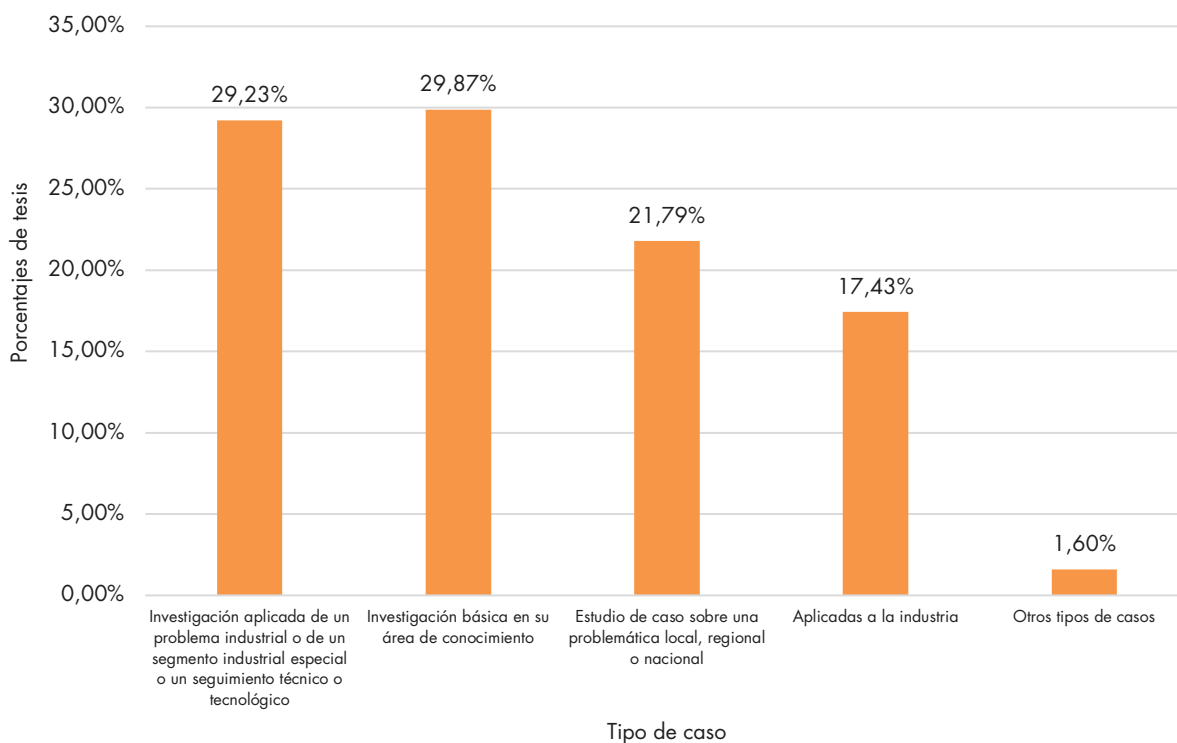
las preguntas que estructuran los proyectos de investigación se plantean estudios de caso que pueden abarcar una problemática local, regional o nacional, así como atender requerimientos de la industria y otros sectores de la sociedad.

Para la educación doctoral, especialmente en el área de la ingeniería, la interacción con el entorno constituye una forma de aportar al fortalecimiento institucional, al progreso científico y tecnológico de la sociedad y del país, en la medida que la formación de nuevos doctores involucre el abordaje y confrontación de las realidades circundantes en su complejidad.

8.1. Tipos de casos de las tesis doctorales

Las tesis de los doctorados en el área de la ingeniería son de diferentes tipos. Principalmente atienden casos relacionados con la investigación aplicada de un problema o de un segmento industrial o un seguimiento técnico o tecnológico (29,23%) y la investigación básica en su área de conocimiento (29,87%). Es decir, que la investigación aplicada y la investigación básica tienen igual participación en los casos de estudios de los doctorandos (Ver Gráfica 48).

Gráfica 48. Tipos de casos abordados en las tesis de los programas de doctorado

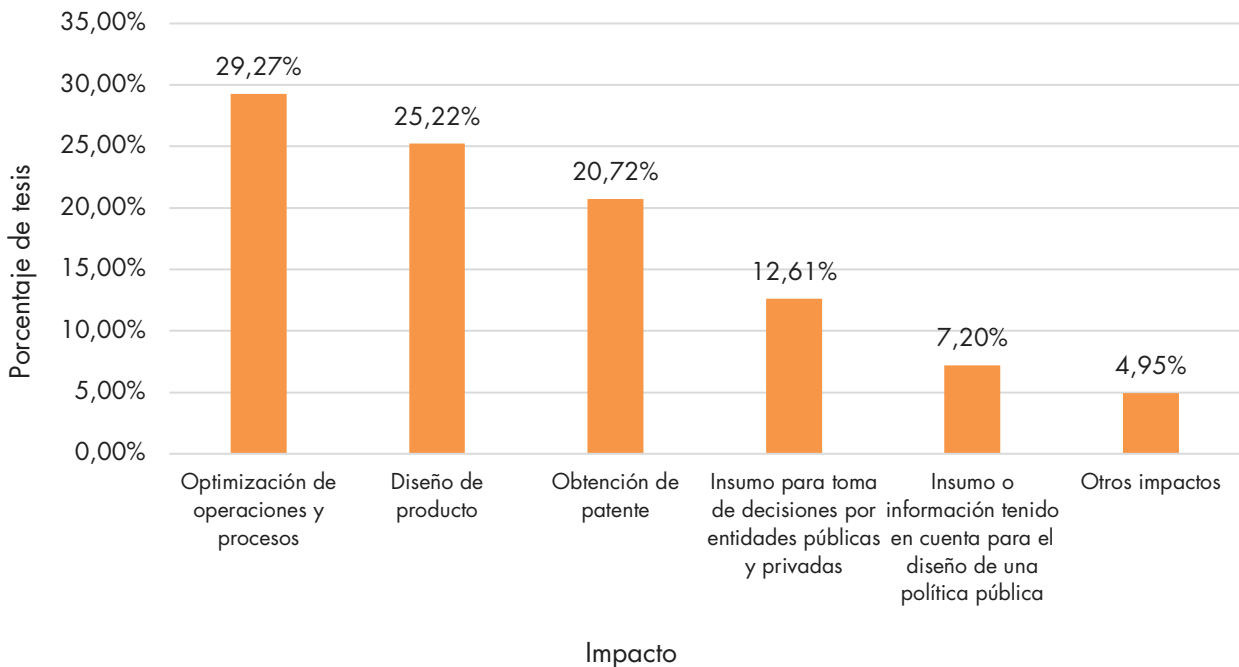


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

8.2. Impactos en el entorno de las tesis doctorales

Además de investigar, adquirir competencias elevadas en el uso de herramientas y métodos para adelantar la investigación de gran nivel y, por supuesto, desarrollar una tesis para obtener el título de doctor, los resultados de los trabajos tienen un impacto por fuera de la vida académica y trascienden a otros escenarios afectándolos favorablemente. De tal manera, en el área de la ingeniería los procesos relacionados con la actividad industrial: optimización de procesos (29,27%), el diseño de producto (25,22%) y la obtención de patente (20,72%) representan los mayores aportes que se derivan de los trabajos de los estudiantes (Ver Gráfica 49). Sin embargo, la producción de nuevo conocimiento también alcanza a los tomadores de decisiones en los ámbitos público y privado y también llega a ser el insumo para elaborar políticas públicas que afectan a la población de una determinada localidad.

Gráfica 49. Impactos en el entorno conseguidos por las tesis de los programas de doctorado



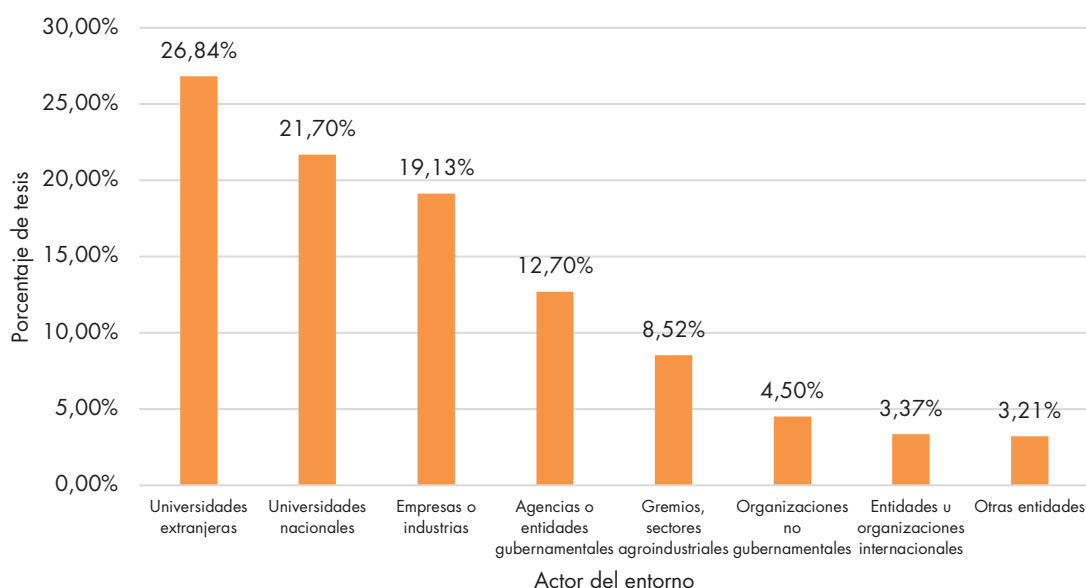
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

8.3. Actores del entorno con los que se mantiene contacto

El desarrollo de las tesis doctorales involucra a diferentes actores del entorno. Se trata de una vinculación en la que los actores pueden ser objetos de estudios o beneficiarios de los resultados de la investigación que desarrolla el estudiante. También pueden participar instituciones nacionales y extranjeras con las que se mantiene relaciones de cooperación científica y académica que pueden involucrarse en los procesos de investigación de diferentes maneras. Los actores con los que interactúan los doctorados están

representados por entidades de distinto origen, ubicación y tipo de actividades a las que se dedican. Por lo tanto, las universidades extranjeras y nacionales representan el 48.54% de los actores con los que se relacionan durante el proceso de investigación (Ver Gráfica 50). La interacción con pares de otras instituciones, la participación de investigadores cualificados en las actividades necesarias para adelantar el proyecto y los convenios institucionales están entre los motivos que permiten que sean los tipos de actores más frecuentes con los que se interactúa.

Gráfica 50. Actores del entorno con los que se mantiene contacto para desarrollar las tesis de los programas de doctorado



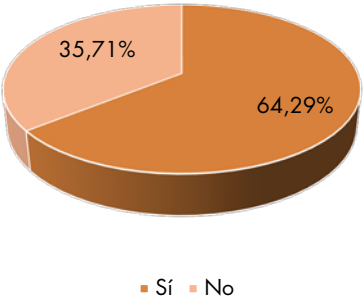
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

9. Inserción laboral de los egresados

Los doctores son un recurso humano que a través de la investigación autónoma en la academia y en otros entornos profesionales pueden lograr avances y aportes originales en el área del conocimiento en la que desempeñan recurriendo a las herramientas del método científico y el pensamiento original. La sociedad demanda profesionales con elevadas capacidades para adelantar tareas de I+D+i con el fin de lograr progresos y mejoras en la productividad del país, sin embargo, la apuesta por la formación de doctores reclama del mercado laboral espacios y posiciones donde se puedan ubicar los nuevos doctores, tanto en la academia, centro de investigación públicos y privados, como en el aparato productivo. En ese sentido, en este apartado se tienen un primer acercamiento con la situación en el mercado laboral de los egresados de los doctorados nacionales en ingeniería.

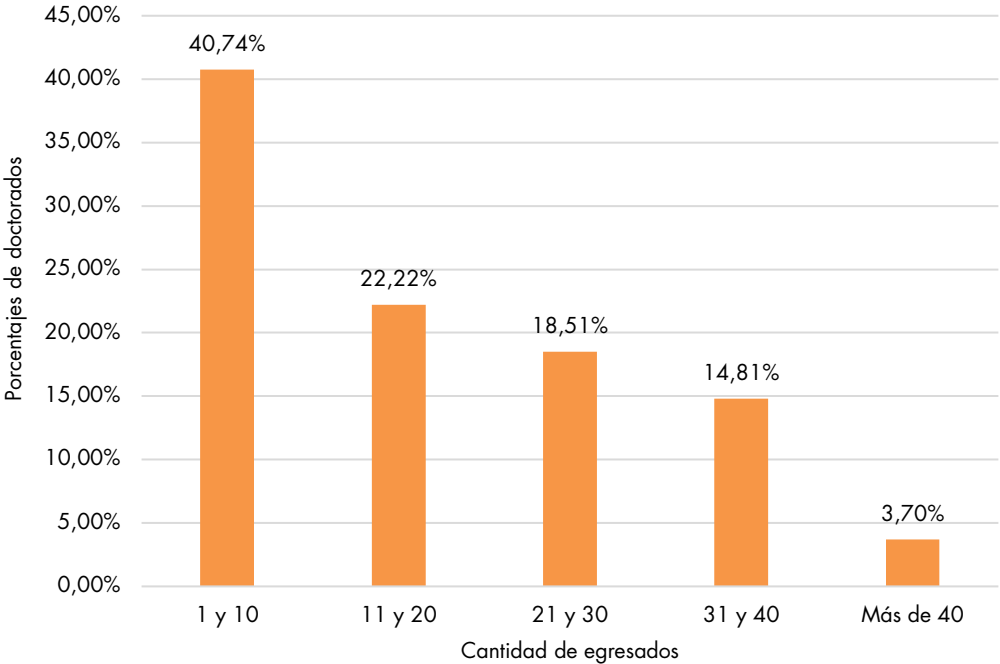
Un porcentaje importante de los programas doctorales que participaron en la consulta aún no tienen egresados (35,71%) (Ver Gráfica 51). Mientras que el 40,74% de los programas que han graduado doctores reportan que cuenta con entre 1 y 10 egresados en el tiempo que llevan en funcionamiento, lo que da cuenta de que son programas jóvenes (Ver Gráfica 52). Solo cuatro programas han graduado más de 30 de doctores en los últimos 10 años, lo que en una primera impresión puede hablar de su antigüedad y de su capacidad en término de planta docente, grupos de investigación e infraestructura para formar doctores.

Gráfica 51. Programas de doctorado con graduados en los últimos 10 años



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

Gráfica 52. Cantidad de graduados en los últimos 10 años de los programas de doctorado

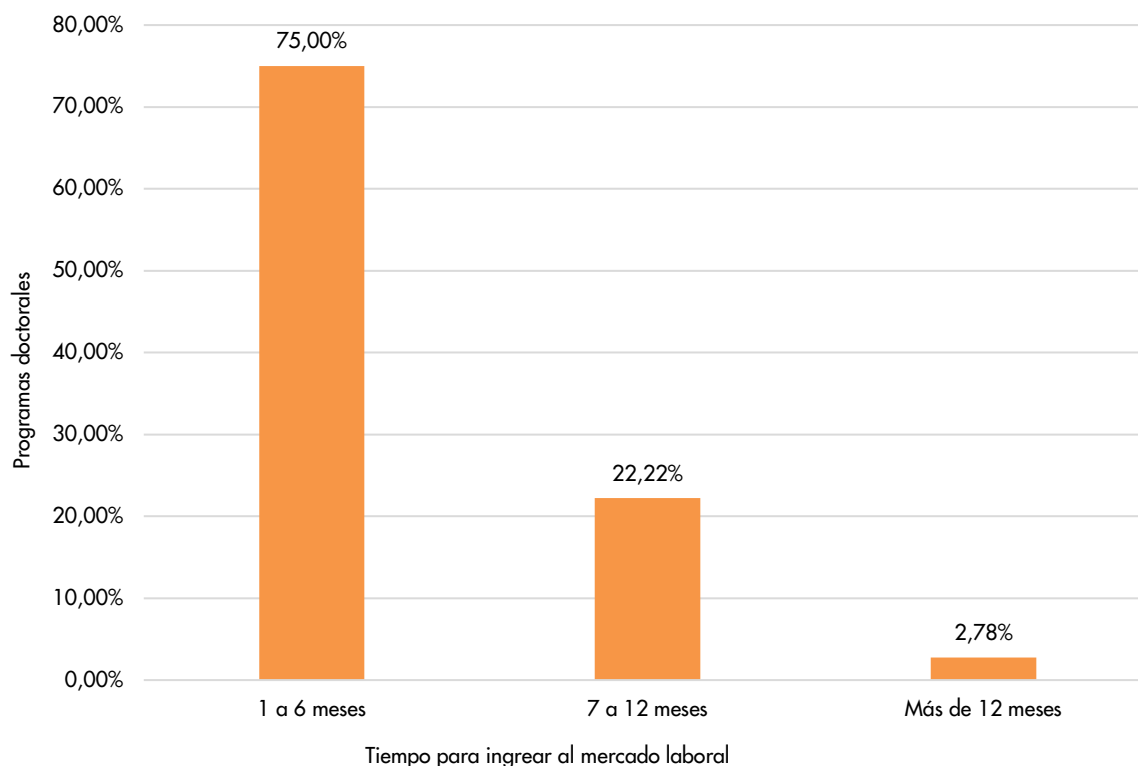


Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

9.1. Tiempo para vincularse al mercado laboral

A la pregunta por el tiempo que les toma a los doctores vincularse al mercado laboral, se pidió a los informantes que no tuvieran en cuenta a los graduados que durante sus estudios estaban vinculados a una IES y estaban en comisión de estudio y que nuevamente retomaron su trabajo luego de obtener su título de doctor. Así, con los datos reportados, a los seis meses la mayoría de los doctores (75%) estaban vinculados en el mercado laboral y el 2,78% demoró más de 12 meses en ocuparse (Ver Gráfica 53).

Gráfica 53. Cantidad de tiempo que demoraron los graduados de los programas de doctorado en vincularse al mercado laboral



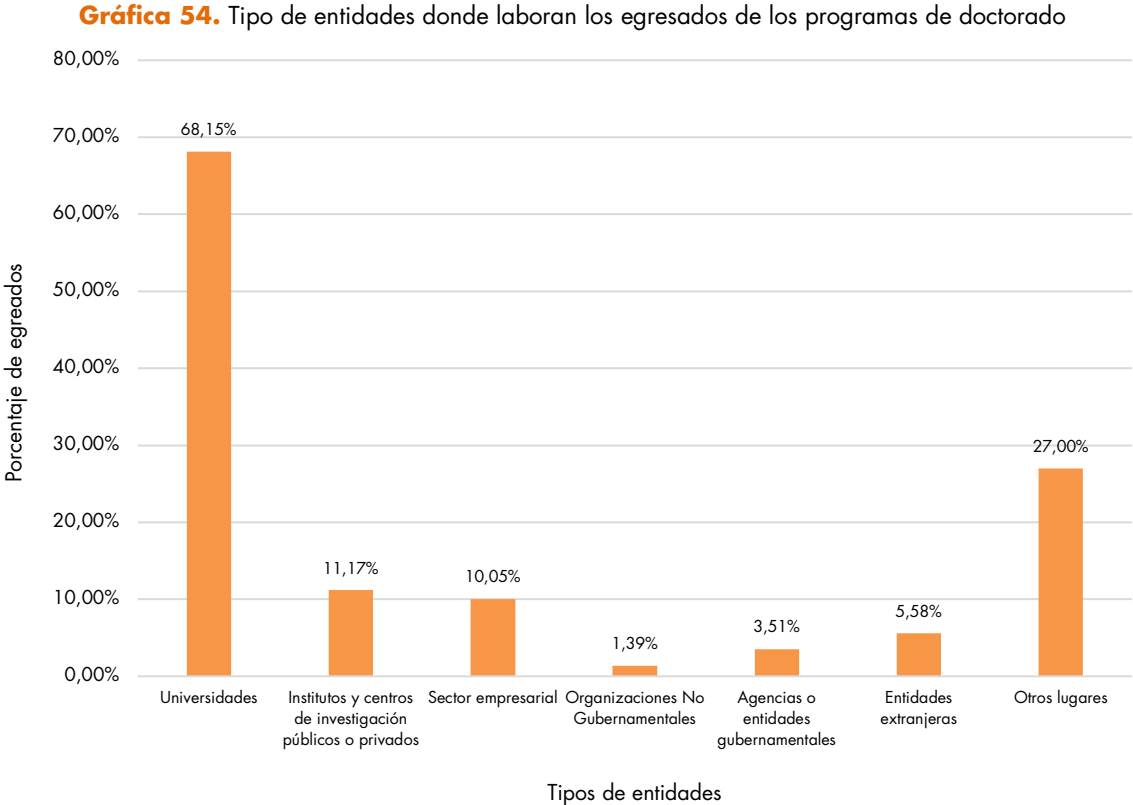
Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

9.2. Lugares donde laboran los egresados

Las plazas en la educación superior son el principal destino para los doctores en ingeniería (Ver Gráfica 54). Esta situación puede mostrar que muchos de los estudiantes de doctorados en ingeniería son docentes y/o directivos de las IES que buscaron cualificarse en sus capacidades para el desarrollo de actividades académicas y de investigación de alto nivel. De otra parte, la academia como el principal destino laboral de los doctores también está influenciado por los atributos que ofrece este escenario

laboral, tales como trabajar bajo un ethos de la ciencia, publicar en revistas científicas y desarrollar proyectos con autonomía.

Con los datos obtenidos en la consulta, persiste la preocupación de que los doctores tengan otros destinos laborales no académicos, principalmente el sector empresarial, cuya participación en la absorción de este recurso humano calificado es baja, sobre todo cuando el área de la ingeniería tiene gran afinidad con las actividades de investigación, innovación y desarrolla en diferentes áreas de la industria.



Fuente: elaboración propia con base en la consulta realizada a directores de programas de doctorado en el área de ingeniería.

REFERENCIAS

Arango, D. E. S. (2009). Los doctorados en Colombia. Un camino hacia la transformación universitaria. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, (12).

Consejo Nacional de Acreditación (2008). Situación Actual de los Doctorados en Colombia: Análisis de Indicadores que tipifican características importantes, borrador de trabajo.

Jaramillo Salazar, H. (2009). La formación de posgrado en Colombia. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 5(13), 131–155.

Celis, J., Escobar, M. D., & Cajiao, M. C. R. (2012). Doctorados en ingeniería para promover la innovación: una propuesta para acrecentar la competitividad empresarial basada en la inserción de doctores en ingeniería en Colombia. Universidad de los Andes.

OECD (2018), *Education at a Glance 2018: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/eag-2018-en>

OECD (2014), "Who Are the Doctorate Holders and where Do Their Qualifications Lead Them?", *Education Indicators in Focus*, No. 25, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jxv8xsvp1g2-en>.

OECD (2017), *OECD Science, Technology, and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation*, OECD Publishing, Paris <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>

Acosta, O., & Celis, J. (2014). The emergence of doctoral programmes in the Colombian higher education system: Trends and challenges. *Prospects*, 44(3), 463–481.

Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2013). *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación*. CINE 2011. Recuperado de: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/iscd-2011-sp.pdf>

Torres–Lozada, P. (2013). Programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad del Valle. Historia, logros y retos para su consolidación. *Ingeniería y Competitividad*, 15(2).

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias] (2018). La ciencia en cifras. Recuperado de: <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos>

Pardo, C. I., Cotte, A. (Ed.). (2018). Indicadores de Ciencia y Tecnología, Colombia 2018. Bogotá, Colombia: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Colciencias. (2014). Serie de estudios y evaluaciones de ciencia, tecnología e innovación No. 022014. Obtenido de <http://repositorio.colciencias.gov.co:8081/jspui/bitstream/11146/72/1/174%20EVALUACION%20INSERCIÓN%20LABORAL%20022014.pdf>

Departamento Nacional de Estadística (2019). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera – EDIT IX 2017–2018. Bogotá D. C. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit>

OECD (2016), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016, OECD Publishing. Paris.
http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en
https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2016_sti_in_outlook-2016-en#page149

Ministerio de Educación Nacional, Sistema Nacional de Información de la Educación Superior [MEN – SNIES] (2019). Statistics on higher education. Bogotá: MEN–SNIES Subdirección de Desarrollo Sectorial.
<https://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa>

World Economic Forum [WEF] (2017). These countries have the most doctoral graduates. Recuperado de: <https://www.weforum.org/agenda/2017/02/countries-with-most-doctoral-graduates/>