

RESEÑA HISTÓRICA DEL CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS

Carlos Eduardo García Sánchez*

Febrero de 2020

* Investigador, Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas, Carrera 23 # 106-08, Bucaramanga. cgarcia@cdtdegas.com

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta una reseña histórica del proceso de crecimiento del Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas como actor de ciencia, tecnología e innovación (CTel), resaltando el impacto positivo que ha tenido la utilización de financiación pública cuando ha estado disponible. Para tal fin, se comienza planteando de manera general el contexto nacional de las Organizaciones de Investigación y Tecnología (OIT), recurriendo frecuentemente a comparaciones internacionales en cuanto a datos sobre CTel y similares. Posteriormente, se habla sobre los Centros de Desarrollo Tecnológico en Colombia, y se concluye con el análisis del Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN COLOMBIA

La creación y consolidación de capacidades para investigar está estrechamente ligada a la inversión realizada en las actividades de investigación y desarrollo (I+D), la cual correspondió a un 0,24 % del Producto Interno Bruto (PIB) en Colombia en 2018 [OCYT 2018], y refleja un esfuerzo inferior al de Brasil, Argentina y México, quienes han tenido crecimientos sostenidos entre 2003 y 2013 [RICYT 2014]. La **Figura 1** muestra la inversión en investigación y desarrollo de distintos países, como porcentaje de su PIB [RICYT 2015]. Adicionalmente, la inversión en I+D en Colombia se encuentra concentrada en algunas regiones, en particular en cuanto a inversión privada: Bogotá y Antioquia consolidaron el 83,4% de la inversión en I+D a nivel empresarial, seguidos por Valle, Cundinamarca y Caldas [RICYT 2015].

El capital humano altamente calificado en Colombia es bajo en comparación con el promedio de América Latina [CONPES 2016], por lo que es importante incrementar la cantidad y calidad de personas dedicadas a la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación para poder expandir la frontera del conocimiento y dar respuestas a las necesidades y oportunidades de desarrollo productivo del país. En Colombia, gran parte de los investigadores se encuentran vinculados a la academia (alrededor de un 90 %), teniendo poca participación en el sector público (alrededor de 1 %) y en el sector productivo (0,7 %; los restantes investigadores están en entidades sin ánimo de lucro) [OCYT 2018]. Otros países de la región, como Chile, tienen porcentajes de inserción de investigadores

en la industria del orden del 25 % [RICYT 2015]. Por ello en Colombia los vínculos existentes entre los generadores de conocimiento (universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico) y el sector productivo siguen siendo débiles [CONPES 2016], por diversas razones como la baja remuneración salarial, las pocas condiciones de cooperación entre el sector productivo, público y privado para identificar y dar solución a los retos del país de manera articulada.

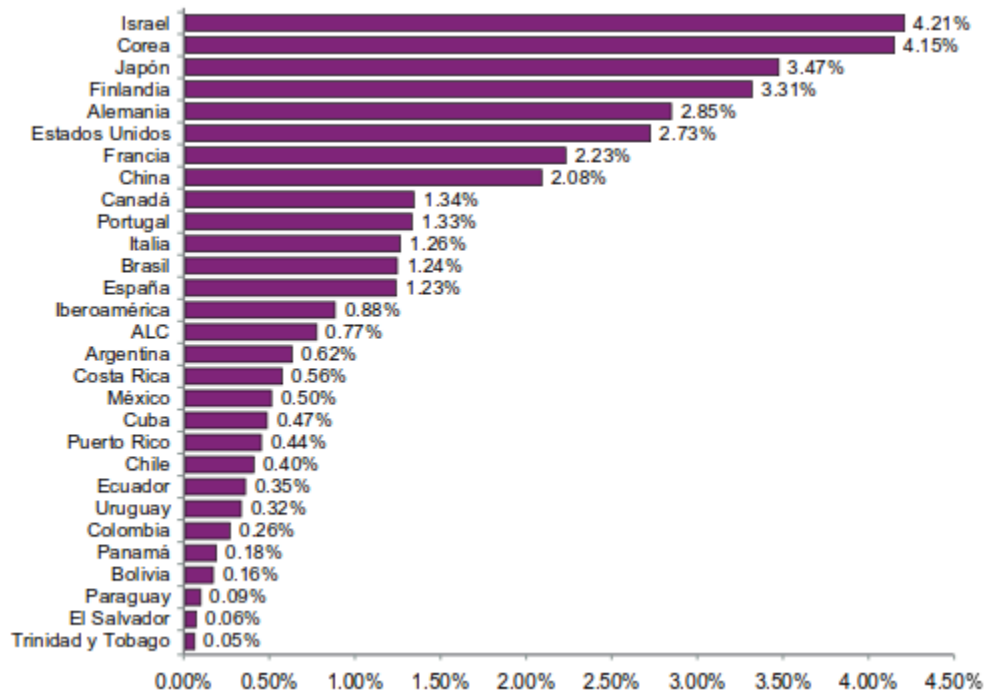


Figura 1. Inversión de diferentes países en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB, año 2013 o último dato disponible. Tomada de [RICYT 2015].

Existe un bajo esfuerzo del sector público y privado para financiar la CTel como mecanismo de promoción del desarrollo económico y social [CONPES 2016], lo que demuestra que se requiere trabajar tanto en la percepción ciudadana de los efectos de la CTel, como en la ejecución real de las agendas políticas proyectadas. Un efecto de esta percepción es que los empresarios buscan disminuir sus costos vinculando personal menos calificado, pero esto trae consecuencias negativas como bajos niveles de eficiencia y productividad, generación de reprocesos en las actividades y disminución en la generación de nuevos productos. La política científica y tecnológica es fácilmente asociable con valores positivos para la opinión pública, como las ideas de progreso, desarrollo y autonomía nacional, pero lamentablemente la “política real”, es decir la asignación de recursos, no siempre se basa en esta premisa [RICYT 2015]. Los desafíos de vincular ciencia y tecnología a las demandas sociales y fomentar la participación ciudadana requieren también de la continuidad y profundización de los esfuerzos por medir la percepción social de la CTI [RICYT 2015].

Como se mencionaba previamente, la producción de nuevo conocimiento y desarrollo tecnológico se encuentra asociada a mayores niveles de formación de capital humano. Se encuentra, por ejemplo, que los planes de CTel de casi todos los países priorizan temas como la nanotecnología o la biotecnología; sin embargo, en particular en América Latina, no todos tienen el personal bien formado para trabajar en esos temas. Esto demuestra que los países latinoamericanos aún no tienen un enfoque claro sobre la priorización de necesidades que puedan ser abordados en las actividades de CTI y respondan a una necesidad del país que contribuyan a su mejoramiento [RICYT 2015].

ANTECEDENTES DE LAS OIT EN COLOMBIA

Producto de la “ley de ciencia y tecnología”, Ley 29 de 1990 [Congreso de Colombia 1990], y del Decreto 393 de 1991 [Presidente de Colombia 1991], en la década de los noventa hubo un impulso a la creación de instituciones con el objetivo de ser Centros de Investigación y Centros de Desarrollo Tecnológico, aunque fue solo hasta 2001 cuando se definieron oficialmente estos dos tipos de institución, así como el Grupo de Investigación, por medio de la Resolución 0084 de 2001 de Colciencias [Colciencias 2001]. En el año 2010, y posteriormente en el año 2012, hubo modificaciones a las definiciones de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico, por medio de las resoluciones 504 de 2010 y 688 de 2012 de Colciencias [Colciencias 2010; Colciencias 2012]. Finalmente, en 2016 se publicó la Política de Actores vigente, adoptada con la resolución 1473 de 2016 de Colciencias [Colciencias 2016]; en esta nueva política, se adicionaron otros tipos de actores de CTel que previamente no habían sido definidos en Colombia, como las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación, las Unidades Empresariales de I+D+i y los Centros de Innovación y Productividad.

La OCDE define como Organizaciones de Investigación y Tecnología (OIT) al grupo de instituciones no gubernamentales ni universitarias cuyo propósito principal es producir conocimiento y servicios para la industria. De esta manera, los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) son OITs. En Colombia, estas instituciones tienden a enfocarse en las necesidades inmediatas de un conjunto reducido de grupos de interés, y esto hace que sea muy difícil satisfacer otras necesidades de investigación y desarrollo de más largo plazo y/o transversales. Adicionalmente, tienden a estar fragmentadas y tener dificultades de gobernanza. Pocas tienen la capacidad de abordar problemas multidisciplinares. El fragmentado sistema de ciencia y tecnología colombiano podría hacer mejor uso de los recursos y proveer mejor servicio a los clientes fomentando una mayor coordinación y coherencia, por ejemplo, agrupando varias OITs en entidades más grandes, o creando vehículos de cooperación [OCDE 2014]. Es por ello que OITs internacionales, como la Sociedad Alemana Fraunhofer, tienen como visión incentivar a las empresas en la vinculación y formación de más personas con mayor nivel de educación, trasladando el conocimiento y mejorando las capacidades de las empresas. Por lo tanto, es importante garantizar la capacidad de fortalecimiento de esta clase de instituciones y del sector empresarial, para lograr la ampliación de mecanismos que permitan mayor desarrollo de niveles de competencias, habilidades del personal y redes de contactos e interacción denominados *networking*.

CENTROS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN COLOMBIA

En Colombia, los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT), se definen como organizaciones públicas o privadas, dedicadas al desarrollo de proyectos de investigación aplicada, el desarrollo de tecnología propia y actividades de transferencia, que respondan a necesidades y/u oportunidades de desarrollo social y económico del país, sus regiones y/o ciudades [Colciencias 2016]. Los CDTs son instituciones con la misión de cerrar la brecha entre la investigación y la innovación; su énfasis en las etapas intermedias de la cadena de niveles de madurez tecnológica (TRL por sus siglas en inglés) determinan esta particularidad institucional. Tres de los 12 CDTs reconocidos por Minciencias hoy en día están ubicados en Santander, y dos de ellos tienen sede en el Parque Tecnológico Guatiguará. De esta manera, los CDTs se han constituido en entidades importantes en el sistema regional de CTel, y las iniciativas que apoyen y fortalezcan a este tipo de instituciones contribuyen al desarrollo regional y a las capacidades de CTel regionales.

En 1997, se habían conformado en Colombia 31 CDTs con el apoyo de Colciencias: 10 en el sector industrial, 6 en nuevas tecnologías, 1 en medio ambiente, 6 en el sector agropecuario, 2 en el sector minero-energético, 3 Centros Regionales de Productividad y 3 Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (estos últimos dos tipos de instituciones ya no se incluyen en la definición de los CDTs) [Minciencias 2020]. En términos generales, la sostenibilidad de los Centros autónomos ha sido una tarea difícil, y pocos han superado la prueba del tiempo. A lo largo de los años, varios Centros han desaparecido, y otros más se han creado. En 2016, había 24 CDTs reconocidos por Colciencias. En 2019 (actualizado a 30 de septiembre), se reportan 12 CDTs reconocidos por Colciencias [Minciencias 2020]. Vale la pena tener en cuenta que entre esas dos fechas se promulgó la vigente política de actores del SNCTel, que definió nuevos tipos de instituciones que hacen parte del sistema. Los sectores de los CDTs actualmente reconocidos son los siguientes: 3 en energía y minería, 3 en ingeniería y diseño, 3 en industrias 4.0, 2 en agroalimentos, y 1 en químicos y ciencias de la vida. 11 de los 12 CDTs reconocidos son autónomos. Respecto a instituciones similares, actualmente hay 36 Centros de Investigación reconocidos por Colciencias, 22 de los cuales son autónomos, y 5 Centros de Innovación y Productividad (tipo de actor creado en 2016) con reconocimiento vigente, todos autónomos. La **Tabla 1** presenta información sobre las instituciones que tenían reconocimiento como CDT en 2016 y/o lo tienen en 2019 [Minciencias 2020]. Se aprecia que varias instituciones optaron por definirse como un tipo de institución distinta a la que poseían en 2016, aprovechando la mayor diversidad de actores existente actualmente.

Tabla 1. Resumen de instituciones reconocidas como CDT en 2016 y/o en 2019.

Nombre de institución	Tipo de Centro, en 2016	Tipo de Centro, en 2019
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA ELECTRO ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA - CIDEI	CDT	CDT
CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS - CDT DEL GAS	CDT	CDT

CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN TECNOLÓGICA DE PASSIFLORA DEL DEPARTAMENTO EL HUILA - CEPASS HUILA	CDT	CDT
CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO - CIDET	CDT	CDT
CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CORROSIÓN - C.I.C.	CDT	CDT
FUNDACIÓN INTAL - INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA	CDT	CDT
CENTRO DE LA CIENCIA Y LA INVESTIGACIÓN FARMACÉUTICA - CECIF	Investigación	CDT
ECOPETROL S. A. - INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO	Investigación	CDT
CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LOS LLANOS CEINDETEC	<i>Ninguno</i>	CDT
CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL - COTECMAR	<i>Ninguno</i>	CDT
CORPORACIÓN DE INCUBACIÓN Y FOMENTO DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA, CORPORACIÓN CLUSTER CREATIC - PARQUESOFT POPAYÁN	<i>Ninguno</i>	CDT
INSTITUTO DE CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL PLÁSTICO Y DEL CAUCHO - ICIPC	<i>Ninguno</i>	CDT
MALOKA - CENTRO INTERACTIVO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	CDT	Ciencia
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES - CINTEL	CDT	Innovación y productividad
CENTRO DE PRODUCTIVIDAD DEL TOLIMA - CPT	CDT	Innovación y productividad
CENTRO DE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL ORIENTE - CPC	CDT	Innovación y productividad
CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO PRODUCTIVO DE JOYERÍA - C.D.P. DE JOYERÍA	CDT	<i>Institución liquidada</i>
CORPORACION CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO PISCÍCOLA SURCOLOMBIANO - ACUAPEZ	CDT	<i>Institución liquidada</i>
CORPORACIÓN PARA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN ASFALTOS EN EL SECTOR TRANSPORTE E INDUSTRIAL - CORASFALTOS	CDT	<i>Institución liquidada</i>
CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA – CINSET	CDT	<i>Institución liquidada</i>
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA - CENICAÑA	CDT	Investigación
CENTRO DE BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA COMPUTACIONAL (CBBC)	CDT	<i>Ninguno</i>
CENTRO DE TELEMEDICINA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	CDT	<i>Ninguno</i>
CENTRO REGIONAL DE PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN DEL CAUCA - CREPIC	CDT	<i>Ninguno</i>
CENTRO TECNOLÓGICO PARA LAS INDUSTRIAS DEL CALZADO, CUERO Y AFINES - CEINNOVA	CDT	<i>Ninguno</i>
CORPORACIÓN CENTRO COLOMBIANO DE TECNOLOGÍAS DEL TRANSPORTE - CCTT	CDT	<i>Ninguno</i>
CORPORACIÓN CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA	CDT	<i>Ninguno</i>
CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL - C.C.I. -	CDT	<i>Ninguno</i>
FUNDACIÓN LOGYCA	CDT	<i>Ninguno</i>
TEAMFOODS COLOMBIA	CDT	Unidad I+D+i empresarial

APOYO PÚBLICO A LOS CDTs

Desde la concepción de los Centros de Investigación y los CDTs, ha quedado clara su importancia dentro del Sistema Nacional de CTel (en las diferentes denominaciones que ha recibido este sistema), como aliados y enlace entre academia, estado e industria, a imagen del funcionamiento de este tipo de instituciones en otros países. En la política pública nacional y regional, permanentemente se ha indicado explícitamente la relevancia de la labor de estos Centros, lo que ha conducido a que, en algunos periodos de tiempo, haya existido apoyo con recursos estatales para sus actividades o su fortalecimiento.

El apoyo de Colciencias a los CDTs entre 1995 y 1997 fue del orden de los 16 mil millones de pesos. Entre 2008 y 2013, Colciencias apoyó a los CDTs por medio de la ejecución de recursos para fortalecimiento de los Centros, asignados por medio de convocatorias. Los Centros de Investigación y CDTs realizan aproximadamente el 10 % de la inversión nacional en actividades de ciencia, tecnología e innovación, de acuerdo con los datos entre 2000 y 2018 disponibles [OCYT 2018]. El porcentaje sube a valores que oscilan entre 15 % y 25 % de la inversión nacional, si se considera únicamente I+D [OCYT 2018]. Las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT), que realiza el DANE cada dos años desde 2007, muestran que los CDTs han originado ideas de innovación tecnológica para entre 80 y 140 empresas manufactureras y para entre 109 y 151 empresas de servicios, en las diferentes ediciones de la EDIT. De esta manera, a pesar de las dificultades de sostenimiento de los Centros, y a que como consecuencia de esto suelen ser instituciones que podrían tener un mayor impacto del que poseen actualmente, su aporte al avance de la CTel en el país es significativo.

CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS

El CDT de Gas es una institución sin ánimo de lucro, autónoma e independiente, con reconocimiento como CDT por parte de Minciencias (reconocimiento vigente: Resolución 0334 de 2018 de Colciencias). El CDT de Gas fue creado en diciembre de 1999, y a lo largo de su historia no ha contado con una fuente constante de recursos proveniente de ningún gremio o institución. Por consiguiente, el CDT de Gas debe ofrecer productos y servicios que le permitan ser sostenible, de manera que pueda invertir los excedentes que obtenga en la ejecución de sus actividades focales: investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Por su propia naturaleza, la investigación y el desarrollo tecnológico son actividades riesgosas, que pueden o no conducir a resultados aplicables en un determinado contexto industrial, social y económico. Debido a esto, son las actividades complementarias de un CDT (prestación de servicios científicos y tecnológicos, formación de personal para la investigación, asesoría y consultoría) las que pueden ser utilizadas para generar excedentes; son las actividades complementarias las que hacen factible la sostenibilidad de una institución de este tipo, y para la ejecución de las actividades nucleares de un CDT se utilizan los excedentes producidos por las actividades complementarias y los recursos de financiación externa que puedan ser obtenidos para proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y/o innovación (I+D+i). Esta realidad también dificulta la destinación de recursos para

actividades que fortalezcan la institución y permitan, a mediano y largo plazo, mejorar tanto su sostenibilidad como el impacto de sus proyectos de I+D+i y, particularmente, de sus actividades de desarrollo de tecnología.

En el pasado, el CDT de Gas ha podido recibir y ejecutar algunos recursos provenientes de Colciencias para su fortalecimiento institucional, específicamente gracias a las convocatorias de fortalecimiento entre 2008 y 2013. La Corporación CDT de Gas ha participado en seis convocatorias de fortalecimiento a centros de desarrollo tecnológicos, en las cuales ha logrado disponer de recursos y se han logrado resultados muy positivos en cuanto a resultados generados y su impacto. Los proyectos de fortalecimiento han sido fundamentales para el desarrollo y la sostenibilidad institucionales del CDT de Gas. Dichos proyectos permitieron incrementar el personal del Centro desde menos de 20 personas hasta alrededor de 60. Igualmente, hicieron posible que haya personas dedicadas exclusivamente a la investigación y el desarrollo, algo que antes de 2008 no se concebía como sostenible. Los proyectos de fortalecimiento también permitieron comenzar con las primeras formaciones en posgrados investigativos para integrantes del CDT de Gas, e iniciar (y mantener durante los primeros años) la revista de divulgación de la institución, titulada Met&Flu, de la cual ya se han publicado 14 números y actualmente tiene periodicidad anual. También condujeron a incrementar el número de productos de I+D, evidenciándose una mejora sustancial sobre todo en los productos de nuevo conocimiento.

Hoy en día, el CDT de Gas cuenta con un Área de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la que hacen parte 9 personas, una de las cuales tiene formación a nivel doctoral, y otras dos poseen título de maestría en modalidad investigación. El Grupo de Investigación en Fluidos y Energía (GIFE) del CDT de Gas funciona como mecanismo de registro de los productos de ciencia y tecnología de la institución ante Minciencias, y se encuentra en categoría C. El CDT de Gas (y, por consiguiente, el GIFE) tiene declaradas 3 líneas de investigación y desarrollo: Metrología, Automatización y comunicaciones, y Transición energética. En los últimos 6 años, se han publicado 9 artículos en revistas científicas. Desde 2008, año en que se comenzó a recibir recursos de fortalecimiento, la institución ha logrado el registro de 12 softwares, y ha generado 14 productos tecnológicos físicos: un banco de calibración de medidores de gas con alto caudal, un banco de calibración de medidores de flujo de líquidos, un laboratorio móvil, un banco de calibración de medidores de volumen de gas utilizando toberas críticas como patrón denominado B-Sonic, un banco de calibración de medidores de volumen de gas *in situ* con alcance de 1000 m³/h llamado GMP1000, un banco patrón de humedad, un túnel de viento para calibración de medidores de velocidad de gas, una marmita autogeneradora de vapor, sistemas de medición de gas en pozos productores, un equipo dilutor de materiales de referencia gaseosos para generar diferentes mezclas de calibración, un banco de calibración de medidores de volumen de gas *in situ* con alcance de 250 m³/h llamado GMP250, un sistema para calibración de temperatura y humedad, redes de telemetría y un patrón de calibración de medidores de presión en los rangos de medio y alto vacío usando principio de expansión estática. Y estos productos tecnológicos han permitido fortalecer el Laboratorio de Calibración y Ensayos con Acreditación ISO 17025 emitida por la ONAC en diversas magnitudes relacionadas con flujo (caudal y volumen, presión, temperatura) y composición de gases. Adicional a todo esto, también se han dirigido y co-dirigido múltiples proyectos de grado y trabajos de maestría, y se han presentado trabajos en diversos eventos académicos, científicos e industriales.

El camino recorrido por el CDT de Gas sirve como una muestra del impacto positivo que tiene el apoyo por parte del sector público, sobre el incremento de resultados y el crecimiento de las OIT sin ánimo de lucro, y permite recordar la importancia de aprovechar adecuadamente los recursos disponibles, buscando priorizar el apoyo en instituciones que ya han desarrollado experiencia y tienen impactos demostrables en CTel en sus sectores de interés.

BIBLIOGRAFÍA

[Colciencias 2001] Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" - Colciencias. Resolución 0084 de 2001 (12 de febrero), Por la cual se regula lo relativo al reconocimiento de los Centros de Investigación, Centros de Desarrollo Tecnológico y Centros y Grupos de Investigación de Instituciones de Educación Superior.

[Colciencias 2010] Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. Resolución 504 de 2010 (7 de mayo), Por la cual se establece definiciones y requisitos para el reconocimiento de los Centros de Investigación o Desarrollo Tecnológico.

[Colciencias 2012] Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. Resolución 688 de 2012 (31 de mayo), Por la cual se deroga la Resolución 504 de 2010 y se establecen definiciones y requisitos para el reconocimiento de los Centros de Investigación o Desarrollo Tecnológico.

[Colciencias 2016] Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. Resolución 1473 de 2016 (9 de diciembre), Por la cual se adopta la Política de Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTel.

[Congreso de Colombia 1990] República de Colombia, Congreso de la República. Ley 29 de 1990 (febrero 27), Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias.

[CONPES 2016] República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Consejo Nacional de Política Económica y Social. 2016. Borrador CONPES Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2025.

[Minciencias 2020] Minciencias (antes Colciencias). Página web oficial <https://minciencias.gov.co/> (antes <https://colciencias.gov.co/>). Información tomada de diferentes secciones de la página, consultadas entre agosto de 2019 y enero de 2020.

[OCDE 2014] Organisation for Economic Co-operation and Development. 2014. Estudios de la OCDE de las políticas de innovación - Colombia - Evaluación general y recomendaciones.

[OCYT 2018] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. 2018. Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2018.

[Presidente de Colombia 1991] República de Colombia, Presidente de la República. Decreto 393 de 1991 (febrero 8), Por el cual se dictan normas sobre asociación para actividades científicas y tecnológicas, proyectos de investigación y creación de tecnologías.

[RICYT 2014] Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. 2014. El Estado de la Ciencia - Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2014.

[RICYT 2015] Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. 2015. El Estado de la Ciencia - Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2015 – 20 años.