Las políticas de ciencia, tecnología e innovación en Colombia, 2011-2021. Un análisis del Sistema General de Regalías a partir de la noción de zonas de desarrollo próximo[1]

Andrés Calderón Guzmán[2]

Resumen
Este trabajo tiene como objetivo analizar la política del Gobierno colombiano en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) y su relación con el Sistema General de Regalías (SGR). El trabajo parte de la noción de zonas de desarrollo próximo (ZDP) presentada por el pedagogo L. Vygotsky para el desarrollo en el aprendizaje y adaptada al desarrollo económico, presenta la evolución reciente del SGR (2011-2022) del país en materia de CTeI e identifica cómo el sector enfrenta el bajo financiamiento y la dependencia a los recursos del SGR. Aplicando la noción de ZDP, usando datos asociados a la CTeI por departamentos y aplicando técnicas cuantitativas se propone una nueva regionalización entre las comunidades epistémicas y los ecosistemas en general que ayudaría a cerrar las brechas en las actividades de investigación y desarrollo, innovación y capacitación (ACTI). Se concluye que, en materia de gobernanza, los departamentos como Bolívar, Santander, Cundinamarca, Atlántico, Valle del Cauca, Bogotá D. C. y Antioquia representan los ecosistemas más fortalecidos del país y los que estarían en las ZDP y que se requiere que las comunidades epistémicas hagan un esfuerzo por ayudar a cerrar las de otros ecosistemas como los de Vichada, Guainía, Vaupés, La Guajira, Chocó, Magdalena, Guaviare, Sucre, Córdoba y Bolívar.

Palabras clave
Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación; Conocimiento; Sistemas Nacionales de Innovación; Regalías; Clúster; Zonas de Desarrollo Próximo.

Abstract
This paper aims to analyze the policy of the Colombian Government in science, technology and innovation and its relationship with the General System of Royalties. The work starts from the notion of Areas of Near Development presented by Vygotsky for development in learning and adapted to economic development; it presents the recent evolution of the SGR (2011-2022) of the country in terms of science, technology and innovation, and identifies how the sector faces the low financing and dependence on the resources of the General System of Royalties, applying Vygotsky's theory a new regionalization was reached that would help close the gaps in the lines of research, development, innovation and training activities. Departments such as Bolívar, Santander, Cundinamarca, Atlántico, Valle del Cauca, Bogotá D.C., and Antioquia represent

[1] Trabajo de grado para optar al título magister en Gobierno y Políticas públicas. Tutor: PhD. Estudios Políticos Germán Darío Valencia Agudelo.

[2] Estudiante de la Maestría en Gobierno y Políticas Públicas, Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales, Universidad Externado de Colombia. Dirección electrónica: nelson.calderon@est.uexternado.edu.co.

the most strengthened ecosystems in the country and those that would be in the Areas of Near Development, and that epistemic communities required to make an effort to help close those of other ecosystems such as those of Vichada, Guainía, Vaupés, La Guajira, Chocó, Magdalena, Guaviare, Sucre, Córdoba and Bolívar.

Keywords
Science, Technology and Innovation Policies; Knowledge; National Innovation Systems; Royalties; Cluster; Areas of Near Development.

Introducción

Las políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) han sido de gran interés en las investigaciones que comprenden aspectos sobre el crecimiento económico en Colombia, estas investigaciones han intentado influir en la toma de decisiones del Gobierno, en especial, para el crecimiento económico. Las políticas orientadas por misiones (Mazzucato. y Penna, 2020; Mazzucato, 2018) junto con los estudios realizados por Oscar Afonso, Sara Monteiro y Maria Thompson (2017), afirman que el gasto público invertido en investigación básica y desarrollo tecnológico (I+D) tiene un efecto positivo en el crecimiento económico (p. 113); otros, como los de Joseph Stiglitz y Bruce Greenwald (2015, p. 31), indagan el crecimiento per cápita como consecuencia directa de la variable de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) entre los países de ingreso alto, en contraste con los de vía al desarrollo. Estos estudios también han considerado modelos implementados por las naciones más prósperas económicamente (González, Galvis y Angulo, 2017; Scientific American, 2017, March 31), como son los casos Japón y China con la adopción de tecnología, o Alemania y Estados Unidos con el incremento constante en el gasto de I+D.

Las diferentes referencias internacionales en el sector de la CTeI le han aportado un marco de análisis al Gobierno colombiano que decidió incorporar en el diseño se sus políticas las diferentes tendencias que han marcado la evolución en materia de CTeI (Isaza *et al.,* 2015; Carayannis, Campbell, Grigoroudis y Monteiro., 2017; Centeno, 2020; Robayo, 2021).

Argumentos a favor y en contra (Centeno, 2018; Centeno, Delgadillo y Roa, 2020; Correa *et al.,* 2014; Hernández, 2018),[3] el Sistema General de Regalías (SGR) ha encontrado la llave a un entorno propicio de financiación y dinamización de los ecosistemas regionales de CTeI. Por ejemplo, la Misión de Sabios (MIS) (MinCiencias, 2020), en varios aportes de sus reflexiones y propuestas (Vol. 1) y Síntesis (Vol. 2) (2020), establece al SGR como un potenciador de dicho entorno propicio. Apuestas como «aumentar la inversión en investigación y desarrollo (I+D) al 1% del producto interno bruto (PIB)» serán posibles con el SGR (Centeno, 2018, p. 90). Sin embargo, luego de diez años de la entrada en funcionamiento del

[3] A la entrega de este trabajo, la Procuraduría evidenció posibles irregularidades en la ejecución de más de cincuenta proyectos aprobados por el OCAD de CTeI en 2020.

SGR[4] la esperanza de alcanzar con estas metas como la enunciada, es cuestionada por la MIS y en «alta voz» por las dudas que han sembrado en los resultados reales del SGR para el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI). En razón con lo anterior, «La literatura muestra cómo los problemas de capacidad suelen estar en el centro del fracaso de las políticas en algunos sectores, especialmente en los países en desarrollo» (Isaza *et al.,* p. 18).

Este trabajo de investigación busca aproximarse a resolver dos preguntas: ¿qué tanto de lo incorporado en las políticas públicas de CTeI se puede observar a través de las líneas de actividades de investigación y desarrollo, innovación y capacitación (ACTI) y qué de estas se ha podido financiar con el SGR? y ¿cómo se puede generar un entorno propicio para incidir en el incremento de capacidades regionales y locales por medio del SGR, dadas las dinámicas en un contexto regional y cultural? Aproximándose a respuestas comprensibles, se propone asociar una propuesta de trabajo que redunde en mayor coordinación entre el SGR y el SNCTeI para generar políticas y programas que fomenten en los subsistemas territoriales la cocreación a partir de las herramientas de CTeI y fortalecer los vínculos entre los diferentes actores.

Este trabajo propone la adaptación de una teoría científica del aprendizaje introducida en el siglo XX por Lev Semiónovich Vygotsky y denominada zonas de desarrollo próximo (ZDP) (Hayward, 1995). Si bien la literatura referenciada no abarca una aplicación práctica fuera de los campos de la educación y la psicología, a través una extrapolación de conceptos de esta teoría, se podría facilitar la construcción de un modelo que se constituya en instrumento para la comprensión de las necesidades y la adopción de una reingeniería que impacte la gobernanza y asociación entre los SNCTeI y el SGR[5], dándole respuesta a las mismas.

Este modelo transdisciplinario fue construido con un carácter sistémico que tiene su ontogenia en los Consejos Departamentales de CTeI (Codecti), los cuales se encuentran enlazados en el marco conceptual de la cuádruple hélice (Monteiro *et al.,* 2017, p. 147), producto de los estudios de los sistemas nacionales de innovación (SNI). Los resultados del trabajo también muestran que el interés del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (MinCiencias) por fortalecer las capacidades externas en CTeI se encuentra todavía en una etapa incipiente.

1. Aproximación teórica

1.1 Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación

En el abordaje de las políticas públicas de CTeI es preciso establecer los

[4] Mediante el Acto Legislativo 05 de 2011. Por medio de los Decretos 1077 y 1949 de 2012, 1081 de 2015, Acto Legislativo 04 de 2017 para el Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación, Acto Legislativo 05 de 2019 reglamentado por medio de la Ley 2056 de 2020.

[5] No será la primera vez que en el sector se incorpore una metáfora para resolver una problemática — la triple hélice—, que de por sí nació como una metáfora de Loet Leydesdorff. Incluso su propuesta reviste una parte teórica a la respuesta que se entrega en este trabajo, a través de los hiperciclos. Sobre gobernanza de la CTeI, véase Stefan Kuhlmann, Peter Stegmaier y Kornelia Konrad (2019).

conceptos teóricos para entender los ciclos que han definido en el tiempo la hechura de las herramientas de planificación en esta materia (Kataishi y Brixner, 2022). Con dichos conceptos es indispensable hacer un recorrido por la evolución de las políticas públicas de CTeI. Para el caso puntual colombiano (Nupia, 2012 citado por Gómez, 2015), este recorrido debe iniciar en 1968 con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT) y de su oficina ejecutora de política (Colciencias) (p. 160); asimismo, Jakob Edler y Jan Fagerberg (2017) hacen una tipología de cuatro tipos de política de CTeI —orientadas por misión, orientadas a la invención, orientadas a los sistemas y a las fallas de mercado (p.5)— las cuales son recogidas por otros autores como Jan Fagerberg (2017) y Alejandro Olaya (2008) y que inician desde 1960 con las políticas de ciencia, en 1980 con las políticas tecnológicas y en la década de 2000 con la política de innovación. Consecuentemente, Edgar Moncayo (2018) resalta la globalización como impulso de los cambios en la década de 1990 sobre las políticas orientadas por los SNI.

Sin embargo, la historia de las políticas públicas de CTeI en Colombia se fortalecen en el siglo XXI desde 2002 y se comienza a impulsar el «triángulo de Sabato» (Moncayo, 2018, p. 193), o lo que se conoce cómo la triple hélice (Centeno, 2020; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Leydesdorff, 2012; Ordóñez *et al.,* 2021), lo que se tradujo luego en la cuádruple hélice (Carayannis, Campbell, Grigoroudis y Monteiro, 2017). La denominación de políticas de CTeI, también ha encontrado variaciones en el tiempo, con etiquetas como «política industrial, política científica, política de investigación o política tecnológica» (Fagerberg, 2017, p. 498), mientras que otras aducen que es el criterio económico la primera opción que adopta el Estado al intervenir sobre CTeI (Robayo, 2012, p. 67). Aunque, como lo reitera Fagerberg (2017), lo importante no es el nombre de la política, sino su impacto.

Fagerberg trabaja a partir de una perspectiva holística para la construcción de políticas de CTeI, con una interdisciplinariedad que Robayo (2012) sobrepone para el caso colombiano y que condujo en 1990 a pensar en un enfoque de derechos «sociales, económicos y culturales relativos al conocimiento y, por ende, a las actividades de ciencia y tecnología» (p. 84). Otro enfoque lo propone Boekholt (2010) (citado por Fagerberg, 2017, p. 505) y secundado por Germán Valencia (2022, p. 7), en lo que se conoce como SNI. Como relaciona Chris Freeman (1995, p. 5), los SNI son un tema esencial en el análisis económico, y de acuerdo con Albuquerque y Bernardes, (2001) existen por lo menos tres programas de trabajo de los SNI: el primer enfoque evolutivo desde 1970, el segundo desde las políticas públicas en la década de 1980 y, finalmente, el tercero en la década de 1990 con la interdisciplinariedad y consolidación del concepto de SNI.

Estos enfoques son coherentes con la propuesta de superar las fallas de mercado y dar mayor énfasis a las empresas y las instituciones en su relación con la innovación. Enfoques que son validados a través de las políticas públicas que median un papel significativo (Leydesdorff, 2012). Por su parte, Carlos Nupia (2020) —a diferencia de Moncayo (2018)— creé que en el país ha existido una proliferación de planes y programas que incluyen la CTeI como un modelo para el desarrollo —según Robayo (2021), desde la ambigüedad secterritorial—; sin

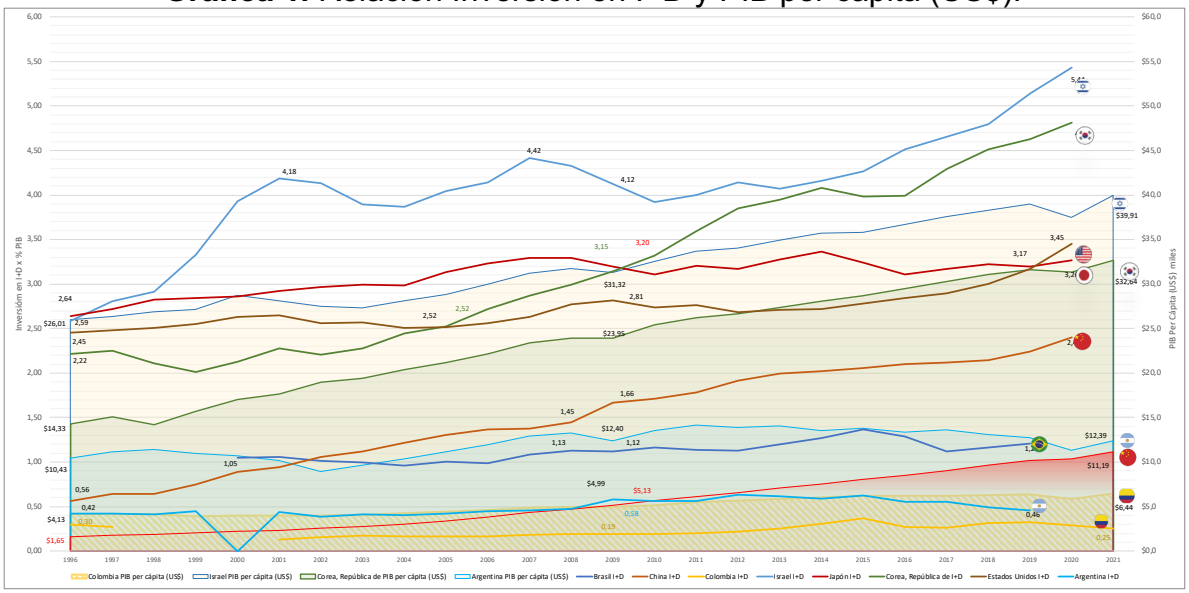
embargo, estas políticas (p. 7) han estado enfocadas en la importancia del Gobierno en brindar una solución a las fallas del mercado (Centeno, 2020; Schot *et al.,* 2020; Edler y Fagerberg, 2017; Fagerberg, 2017; Romer, 1991).

En el ámbito de los indicadores, si bien los organismos nacionales de ciencia y tecnología han crecido en el mundo, en Colombia el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y MinCiencias siguen trabajando —sin efectividad concreta— en resolver las rigideces de cada institución para medir asertivamente los procesos y resultados de la CTeI. Esta dispersión en las mediciones genera una verdadera desconexión «entre la innovación y su impacto social y económico» (Kline y Rosenberg, 1986 citado por Edler y Fagerberg, 2017, p. 13).

Por otra parte, se afirma que los SNI no pueden compararse bajo estos parámetros (Correa *et al.,* 2014).[6] Esta irregularidad la explican Cristina Zurbriggen y Pablo Darscht (2004) al interpretar que las élites políticas latinoamericanas estuvieron más cercanas a resolver problemas en el entorno económico y desplazaron la idea de una economía basada en el conocimiento. También Amílcar Herrera (1995) interpreta como una desventaja la incertidumbre institucional, haciendo referencia a la «política científica explícita y política científica implícita» (p. 125) frente a la demanda social.

Actualizando el trabajo de Herrera (1995) (véase gráfica 1) y encontrando que sí existe una estructura causal entre la inversión en I+D, las actividades en ACTI como porcentaje del PIB y el aumento o estancamiento del crecimiento económico, Colombia representa un buen ejemplo de la interacción entre estos tres indicadores.

Gráfica 1. Relación Inversión en I+D y PIB per cápita (US$).



Fuente: elaboración propia a partir de Banco Mundial (s. f. b).

[6] Incluso, tampoco respecto al capital humano. Por ejemplo, en 2018 los adultos alfabetizados en Colombia presentaban una cifra menor a la que registraba el Reino Unido en 1913 (95,09%) (Meier y Stiglitz, 2001; Datosmacro, s. f.).

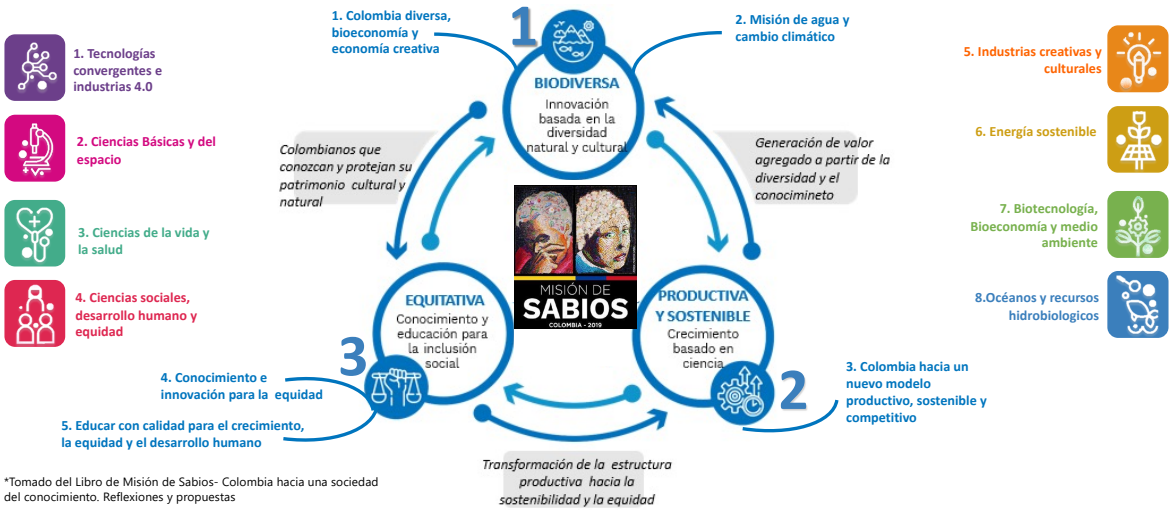
Según Herrera (1995), «las deficiencias cuantitativas de los sistemas de I+D de América Latina, sin embargo, son menos graves que su desconexión con la sociedad a la que pertenecen» (p. 118), que mucho tiene que ver con la manera de afrontar las crisis económicas en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Monteiro y Carayannis, 2017).

En la gobernanza en la CTeI y los indicadores para soportar la hechura de políticas públicas se extraen cuatro tipos de tipologías: «políticos, estratégicos, tácticos y convencionales» (CINDOC-CSIC, 2006 citado en Correa *et al.,* 2014, p. 276), las cuales añaden una constelación de interrogantes a la manera de medir las políticas en CTeI en Colombia, concepto que refuerzan Edler y Fagerberg (2017) al indicar que, por ejemplo, la innovación es notoriamente difícil de medir (p. 13).

La regionalización de la política de CTeI en Colombia se encuentra bosquejada en el recorrido histórico que realiza Nupia y Moncayo. Afirma Moncayo (2018) que la regionalización ha corrido por cuenta de la iniciativa y voluntad del Gobierno. En este punto es importante retomar a Herrera (1995) con la política de CTeI implícita, ya que de otra manera se estaría reviviendo la vieja discusión sobre el progreso tecnológico, pero la idea que alimenta este trabajo es diferente, no se basa tanto en el paradigma del *learning by doing,* ni en el incremento del I+D. El *ceteris paribus* es el cambio endógeno territorial, lo cual revela la necesidad de implementar los ductos de retroalimentación que permitan canalizar hacia el ámbito nacional las iniciativas originadas en las regiones (Centeno, 2021, p. 205).

La MIS (MinCiencias, 2020a), o lo que se puede denominar el «proyecto nacional», introduce los lineamientos de una «política de Estado» (p. 40) para el desarrollo de la CTeI, además de dar los argumentos técnicos y, *a priori*, de las bondades del conocimiento en todos los aspectos de la vida humana (Hess y Ostrom, 2016). El abordaje de la MIS se basa en un enfoque de cerrar brechas entre grandes objetivos, para ello desarrolla tres grandes misiones que se desarrollan a través de cinco grandes objetivos y ocho focos comprensivos y estratégicos (véase gráfica 2).

Gráfica 2. Misión Internacional de Sabios 2019. Relación entre los tres retos, las cinco misiones y los ocho focos.



Fuente: elaboración propia.

La innovación como *output* de la relación dinámica entre el «Estado, las empresas, las instituciones intermediarias y la capacidad organizativa de una sociedad» (Zurbriggen y Darscht, 2004, p. 5) se puede explicar porque en el Decreto 1666 de 2021, artículo 9, numeral 1.º y en el Conpes 4069 de 2021 los Consejos Departamentales de CTeI (Codecti) son mencionados en dicha norma como la instancia «máxima de gobernanza y articulación de la política» y son el resultado de otras investigaciones en las que el Codecti se resuelve como la figura central de la gobernanza (Ordóñez *et al.,* 2021).

Por su parte, Ángel Gurría (6 de junio de 2015) llamaba la atención sobre la desaceleración del mundo en la inversión de I+D, lo que, avizoraba, estaba lejos de la imaginación que Loet Leydesdorff (2000) tuviera luego de su propuesta —marco 2 de innovación—.

Realizando un análisis sobre los datos en la relación inversión en I+D y PIB per cápita (US$) de cuatro países Israel, República de Korea, China y Colombia (Banco Mundial, s. f. a), en la gráfica 1 y en la tabla 1 se observa qué, en efecto, sí existe una causalidad entre el aumento per cápita y el crecimiento en gasto de I+D. Como se observa, Israel, Korea y China tienen una tendencia al crecimiento, mientras que Colombia decrece en ambos desde 2015.

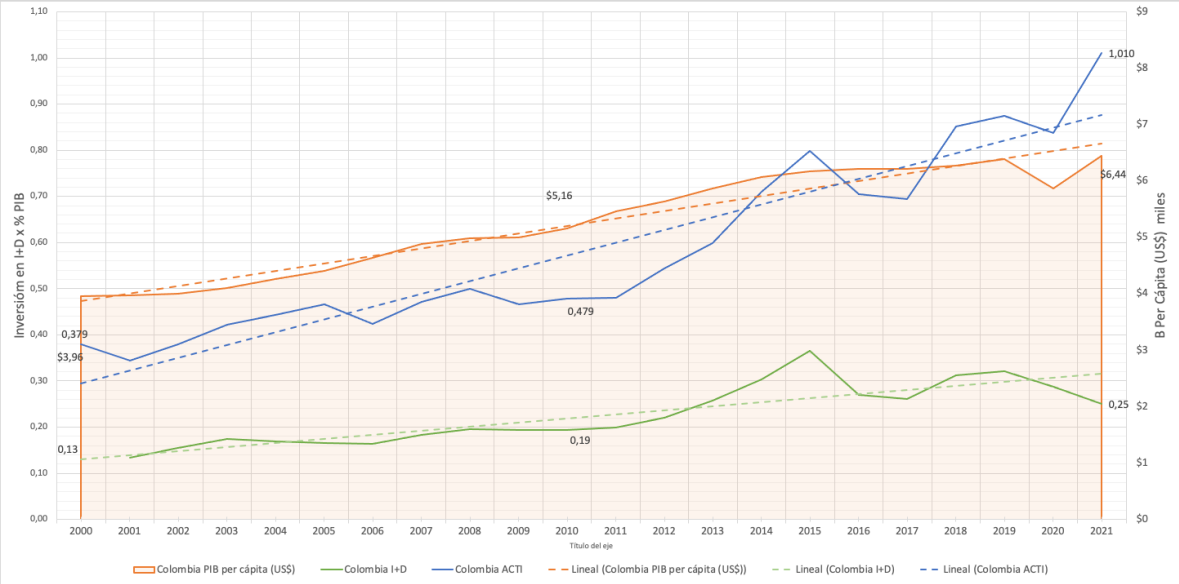
Tabla 1. Variación I+D, ACTI y PIB per cápita, 2000-2021.

País	Línea		2009	Var	2019	Var	2020	Var	2021	Var	Promedio
Brasil	I+D	1,05	5,34	↑	7,99	7,99					1,1
	%PIB-PC	6,62	-1,08	↓					3,92	3,92	$7,9
China	I+D	0,56	86,39	↑			44,22	44,22			1,5
	%PIB-PC	$1,65	8,86	↑					8,01	8,01	$5,4
Colombia	I+D	0,13	45,61	↑					29,19	29,19	0,2
	ACTI	0,38	22,99	↑					116,74	116,74	0,5
	%PIB-PC	$4,13	0,02	↑					9,74	9,74	$5,1
Israel	I+D	2,59	-1,43	↓			31,83	31,83			4,1
	%PIB-PC	$26,01	-1,25	↓					6,47	6,47	$32,1
Japón	I+D	2,64	9,32	↑			2,10	2,10			3,1
	%PIB-PC	$31,05	-5,68	↓					2,09	2,09	$33,2
Corea, Rep	I+D	2,22	38,09	↑			53,00	53,00			3,2
	%PIB-PC	$14,33	0,28	↑					4,20	4,20	$23,7
EE. UU	I+D	2,45	6,21	↑			22,66	22,66			2,7
	%PIB-PC	$42,90	-3,45	↓					5,55	5,55	$53,0
Argentina	I+D	0,42	32,72	↑	-21,72	-21,72					0,5
	%PIB-PC	$10,43	-6,85	↓					9,22	9,22	$12,1

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las líneas ACTI, se puede deducir que la inversión en estas líneas sigue la misma tendencia de la inversión en I+D (véase gráfica 3).

Gráfica 3. Relación entre gasto en I+D, PIB per cápita e inversión en ACTI en Colombia.



Fuente: elaboración propia a partir de OCyT (s. f.), Banco Mundial (s. f. b), DANE (8 de abril de 2022).

Para Colombia la tendencia en la inversión de I+D y ACTI son similares, presentan las mismas características, aun así, es difícil interpretar el pico elevado de las dos variables[7]; sin embargo, el logro que muestra esta tendencia es que luego de casi veintiocho años se alcanzó la meta de los lineamientos de política pública en 1994 y se pasó la barrera de inversión en ACTI por encima de 1%

[7] En 2015, en una conferencia en la Universidad Externado de Colombia en el mes de marzo de 2022, un docente de la Facultad de Economía interpretó el cambio como una relación directa con las reformas tributarias que afectaron positivamente al sector.

(véase tabla 1).

1.2 El Sistema General de Regalías en Ciencia, Tecnología e Innovación

En el alba del siglo XX y el furor de la industrialización, los bienes cómo automóviles, lámparas y maquinas industriales aceleraron la extracción y comercialización de bienes primarios, en especial, del petróleo o aceite de roca (Hernández, 2018).[8] Hasta la década de 1990 y con las alarmas del calentamiento global a causa, en parte, de la quema de combustibles fósiles, los líderes mundiales pusieron en la agenda de las políticas públicas la necesidad de dar un salto a energías renovables. Sin embargo, para los países en desarrollo no es una opción a largo plazo, en especial, como lo determina Paul Pierson (2000), por la carencia de un ecosistema de innovación capaz de afrontar el reto. Por eso, investigadores como Mariana Mazzucato insisten en que la explotación de bienes primarios debe ayudar a dar dicho salto (BID, 31 de agosto de 2017, 5m34s).

Herrera (1995 citando a Bison, 1963), también entra a la discusión: «El problema básico de la mayoría de los países subdesarrollados no es la escasez de recursos naturales sino el subdesarrollo de sus recursos humanos» (p. 120). Con el foco hacia Colombia, otros autores como Luis Reina, Didier Alejo y Neider Devia (2018) y Thomas Goda y Alejandro Torres (2015) afirman que en el periodo 2013-2018 el país enfrentaba la enfermedad holandesa, aunque moderada, entrando en lo que se conoce como la maldición de los recursos naturales.

Aun así, como lo referencia y ejemplifica MinCiencias (2020a), «rentas de recursos naturales, cuando existen (Noruega, Canadá)» (p. 160) son necesarios más cuando las finanzas públicas no son suficientes para cubrir el gasto de I+D, como ocurre en los grandes países industrializados (p. 166). Reafirmando la reflexión de Mazzucato (BID, 31 de agosto de 2017), es la explicación de una dependencia del país hacia estos bienes primarios.

Como se expuso en el aparatado anterior, Juan Pablo Centeno (2020 citando a Salazar, 2017) refiere que dentro de los cambios en la política de CTeI el más relevante es respecto al SGR: la descentralización de las asignaciones de regalías y la estructura de los planes territoriales. La historia del SGR en el sector de CTeI se puede dividir en tres grandes eventos: el primero, el cambio en la Constitución Política en 2011 (Acto Legislativo 05 del 18 de julio de 2011), donde se da una asignación para la CTeI en Colombia; el segundo y más significativo, en 2017, por el cual se trasladan a otros fondos de inversión los recursos destinados para CTeI y que da un cambio en el proceso de financiación de los proyectos que se presentan para ser apoyados con dichos recursos (Acto Legislativo 04 del 8 de septiembre de 2017); y, el último, en 2020, con una modificación al SGR (Acto Legislativo 05 del 26 de diciembre de 2019).[9]

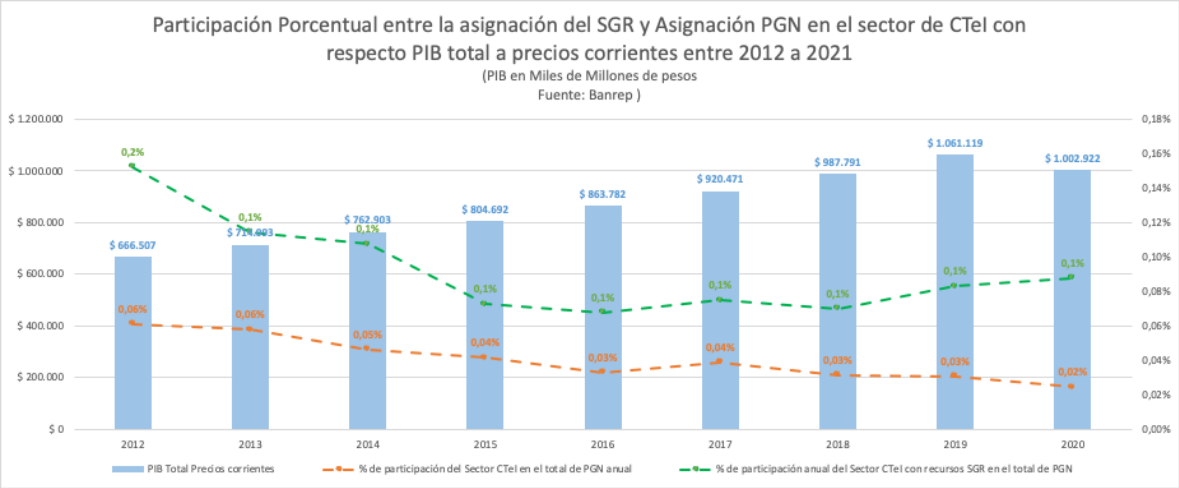
Desde 2019, con la entrada del periodo de transición en su funcionamiento,

[8] Un ejemplo de Edler y Fagerberg (2017): «Hace más de un siglo los coches eléctricos eran tan comunes como los de gasolina, pero los procesos de selección llevaron a la sociedad a concentrarse en el desarrollo de estos últimos, que se fueron haciendo cada vez mejores y más atractivos para los usuarios» (p. 10).

[9] Por medio de los Decretos 1077 y 1949 de 2012, 1081 de 2015, Acto Legislativo 04 de 2017 para el Sistema de Ciencia Tecnología e Innovación, Acto Legislativo 05 de 2019 reglamentado por medio de la Ley 2056 de 2020.

hubo un cambio exponencial en las aprobaciones (véase gráfica 4), lo que se ve a través de la entrada en operación de las convocatorias públicas, abiertas y competitivas (Centeno, Delgadillo y Roa, 2020); aun así, es importante relacionar dos aspectos esenciales: el primero, que existe una preocupación de que el aumento de las aprobaciones haya ido en detrimento de la calidad de los proyectos (p. 69) y, segundo, que las aprobaciones de proyectos por líneas ACTI no son suficientes si no se trabaja en la construcción del conocimiento entre los actores departamentales (Pinzón, Ordoñez y Kuhlmann, 2020). Para Juan Pablo Centeno, Sara Delgadillo y María Paula Roa (2020) existe una debilidad institucional que permite que no exista un cambio en la manera de focalizar las inversiones del SGR.

Gráfica 4. Participación porcentual entre la asignación SGR y Presupuesto general de la Nación del sector CTeI, 2012-2020.



Fuente: elaboración propia a partir de Ministerio de Hacienda y Crédito Público (comunicación personal), Banco Mundial (s. f. b).

1.3 Las zonas de desarrollo próximo (ZDP) de Lev Vygotsky

Las ZDP de Lev Semiónovich Vygotsky ofrecen un programa de trabajo transformando las necesidades de los territorios a través de las capacidades regionales para acercar cada vez más a los territorios menos desarrollados hacia los más desarrollados. Como ya se mencionó, existe evidencia que en Colombia persevera una tensión entre la organización de los subsistemas políticos y la acción administrativa (Robayo, 2021, p. 103). De no resolverse esta tensión el juicio acerca de la CTeI en la sociedad será cada vez más compleja; sin embargo, toda esta carga no puede recaer en el Estado, las comunidades epistémicas de Peter Haas (1992) deben desempeñar un papel valioso en la conexión Estado-territorio. Dicha conexión debe estar medida por estrategias que logren enlazar la realidad de los subsistemas territoriales.

Para lo anterior, la interdisciplinariedad es útil y en los campos de la educación y la psicología se pueden hallar pistas que permitan proponer estrategias para liberar la tensión. De acuerdo con M. R. Matthews (1994), y su introducción en la discusión en 1990 sobre el aprendizaje y lo indispensable que es alejarse de las prácticas individuales del conocimiento, el conocimiento se teje en redes o con el entorno primero y luego sí se decanta en el individuo. Por el

mismo sendero, Hernán Thomas (2010), Zurbriggen y Darscht (2004) establecen que en la primera década del siglo XXI hubo una expansión de las ciencias sociales hacia la tecnología, en ese sentido, la interdisciplinariedad es necesaria para abordar los problemas sociales con una propuesta de trabajo «tecnológica, productiva, económica y cultural de la región» (Thomas, 2010, p. 50).

Si bien Zurbriggen y Darscht (2004) catalogan el aprendizaje como una práctica social que se genera en redes de cooperación (p. 373), también en la innovación (Françoso y Vonortas, 2022) la teoría del crecimiento endógeno (Rubio, 2002) deber estar presente en esta propuesta. El reto se encuentra en buscar la unión del diagrama de Venn, entre el fortalecimiento del capital humano y el capital físico, la intersección entre estas dos complejidades constituye la razón por la cual se estructura de manera heterodoxa una aproximación a la innovación, esto es, «reconocer que la agencia humana se encuentra en los intersticios entre las condiciones sistémicas, el conocimiento y las acciones nacionales» (Haas (1992, p. 2). Uno de los grandes problemas que están en el orden del día para su atención inmediata en la coordinación de las políticas. Para ello es necesario encontrar y atacar los «cuellos de botella» que impiden la innovación y proponer soluciones (Zurbriggen y Darscht, 2004, p, 7) entre los diferentes grupos sociales.

Buscando las soluciones a estos cuellos de botella, Pamela Hayward (1995) desarrolla una explicación de cómo la teoría ZDP es moderna para «el aprendizaje y tiene implicaciones de gran alcance para la comunicación educativa y los campos educativos» (p. 1). De hecho, Stiglitz y Greenwald (2015) sostienen que para aumentar la competitividad de un sector es necesario desarrollar las capacidades en el aprendizaje. Como se ha explicado, el entorno territorial para el aprendizaje debe tener una ecuación holística donde las capacidades externas lleguen a la totalidad de la sociedad.

La metáfora que se introduce en este trabajo a manera de explicación ha servido desde el desarrollo cultural (Villamañan, 2016). Maylen Villamañan también cita a Vigotsky y la ZDP dando una explicación causal entre la libertad del individuo como parte de la sociedad y su sometimiento a las leyes de la naturaleza. Esta afirmación es poderosa, de tal forma que, si bien existen leyes, políticas y reglas, el acondicionamiento de las capacidades tiene una dependencia ontogenética, es decir, de lo particular a lo general (p. 19).

De acuerdo con Villamañan (2016), la representación de la realidad tiene dos puentes: «el núcleo central y el sistema periférico» (p. 25), idea que también aceptan Amelia Álvarez y Pablo del Río, 1990, p. 114); el primero corresponde a la representación endógena del individuo y el segundo hace alusión a la correspondencia social y a su contexto con la realidad. Entonces, Villamañan (2016) define la ZDP como «distancia entre el nivel de desarrollo actual de un individuo y un nivel de desarrollo potencial, más avanzado, que toma existencia en la interacción entre participantes más y menos capacitados en el entorno social en el cual tiene lugar esa interacción» (p. 26). A su turno, Álvarez y del Río (1990, p. 117) creen en una relación histórica y cultural como una tarea evolutiva en el avance del potencial teórico-metodológico.

Aplicada la teoría a este trabajo, es necesario entender y relacionar los ecosistemas de acuerdo con sus capacidades y similitudes históricas y culturales, para de esta manera avanzar en un verdadero entendimiento de la realidad propia

de cada región en un enfoque de subsistemas. Para dar una verdadera aplicación de la teoría, el concepto de capacidades regionales se convierte en un eslabón entre las virtudes de los territorios, sus brechas en CTeI y lo que el SNCTeI pueden aportar.

Dos textos son indispensables en literatura de las capacidades: de una parte, está Carolina Isaza *et al.* (2015) y Germán Valencia (2022) para este trabajo incluso más, ya que una de las hipótesis es que un problema endógeno del desarrollo en Colombia son las bajas capacidades de los actores regionales y la influencia que sobre ellos tienen las líneas ACTI en los territorios; sin embargo, el concepto es ambiguo y el contexto aún más, ya que se aplica multidimensionalmente.

2. Metodología

La investigación se planteó con un enfoque mixto secuencial (Hernández, 2018, p. 607) con una preponderancia cualitativa. La ventaja de este enfoque para esta investigación es lograr en el ámbito exploratorio una identificación más profunda de la realidad intersubjetiva que existe hoy en la CTeI. Para la elaboración del trabajo se contó, en primer lugar, con una narrativa a partir de la literatura primaria a través de normas expedidas en las últimas tres décadas y documentos internos que reposan en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y de la Misión de Sabios (véanse tabla 1 y anexo B). También se tuvo en cuenta veintisiete documentos que se produjeron por medio del Convenio Interadministrativo 405 de 2021 suscrito entre el Ministerio de CTeI y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI),[10] que al mes de agosto de 2022 se encontraba en un avance de 60%. De acuerdo con este avance se recibieron un total de veintiséis documentos sobre el diagnóstico departamental (véanse tabla 2 y gráfica 5) en CTeI basados en las líneas del Conpes 4069 de 2021, un documento de evaluación de los planes departamentales de CTeI (2012-2019) e insumos que se realizaron para diferentes presentaciones en los Codecti durante 2021-2022 con los datos y estadísticas del SGR en CTeI.

Tabla 2. Documentos según el peso en la cantidad de citas.

Concepto	Citas	%
Desarrollo	690	14,5
Tecnología	661	14,2
Innovación	620	13,3
Investigación	481	10
Política	363	7,8
Social	191	4,1
Formación	186	4,0

Fuente: elaboración propia.

[10] El cual tiene como objeto fortalecer las capacidades regionales en CTeI.

Gráfica 5. Análisis cualitativo documentos diagnóstico.

Fuente: elaboración propia a partir de Convenio Interadministrativo 405 (OEI-MiniCiencias).

Luego, se analizó la literatura secundaria, a través de Google Scholar, JSTOR, Web of Science, Scopus, Cepal, OCDE y algunos repositorios institucionales y universitarios. Se priorizaron documentos publicados entre 1990 y 2021, en especial, la producida como dato predeterminado y estandarizado por el Banco Mundial, el OCyT, el IDIC, los informes de la OCDE para los Objetivos de desarrollo Sostenible y de indicadores de I+D (OCDE, 2006; 2015; 2022), el DANE y finalmente, los resultados preliminares de la Convocatoria 894 de 2021 —reconocimiento de actores— de MinCienciencias.

Para el primer análisis exploratorio de los datos se construyó una relación entre las líneas ACTI[11] y cada uno de los seis Conpes de CTeI (1980, 1991, 1994, 2000, 2009 y 2021). El objetivo de esta fase de la metodología suponía encontrar una correlación entre la narrativa de literatura y los cambios propuestos respecto a los lineamientos de política en cada uno de los Conpes, Estos conceptos son congruentes con las líneas ACTI (véase tabla 3 y gráfica 10).

Tabla 3. Criterios de valoración líneas ACTI.

	Valor Numérico	Concepto	Total
1	20	Lo incorpora superficialmente	20
2	20	Trae una mención o actividad	40
3	20	Tiene más de dos actividades	60
4	20	Se complementa con más variables y PP	80
5	20	Propone estrategias e indicadores	100

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, los datos predeterminados al ser alimentados con la confirmación teórica de la evolución de la política permiten profundizar en variables cuantitativas de datos predeterminados para encontrar una correlación entre las acciones de CTeI en los departamentos más allá de las líneas ACTI y

[11] Estas fueron aceptadas por la OCDE desde 1963 en Frascati, Italia. Contemplan las cinco grandes categorías de inversión en CTeI que desde 2003 hacían parte de la categorización y clasificación presupuestal de ACTI.

poder así aplicar la teoría de ZDP. Para ello, se identificaron dieciséis variables:

1. Departamento [Dpto].

2. ImasDPIB = promedio entre 2012 y 2021 del I+D como porcentaje del PIB por departamento.

3. AsigSGR = Recursos de Sistema General de Regalías asignados entre 2012 y 2022 por departamento.

4. AprSGR = Recursos de Sistema General de Regalías apropiados entre 2012 y 2022 por departamento.

5. A1 = Personas integrantes de grupos de investigación con categoría A1 por departamento para 2021.

6. Tinvest = Total personas integrantes de grupos de investigación por departamento para 2021.

7. IngTec = Personas integrantes de grupos de investigación con carreras afines a ingeniería y tecnología Personas para 2021.

8. OACTServ = Personas ocupadas en actividades ACTI en servicios para 2019.

9. OACTInd = Personas ocupadas en actividades ACTI en empresas industriales para 2019.

10. IPM = Índice de Pobreza multidimensional por departamento para 2021.

11. PIBPERCAP = PIB per cápita promedio entre 2012 y 2021 por departamento.

12. PATSOL = Total patentes solicitadas entre 2015 y 2021 por departamento.

13. PATCONC = Total patentes concedidas entre 2015 y 2021 por departamento.

14. ART = Total artículos científicos publicados entre 2015 y 2021 por departamento.

15. IDIC = puntaje del Índice Departamental de Innovación para Colombia para 2021 por departamento.

16. Región SGR = Región regalías.

Gráfica 6. Valores de aprobación en SGR-CTeI 2012-2022.

Fuente: elaboración propia. Datos en valores logarítmicos.

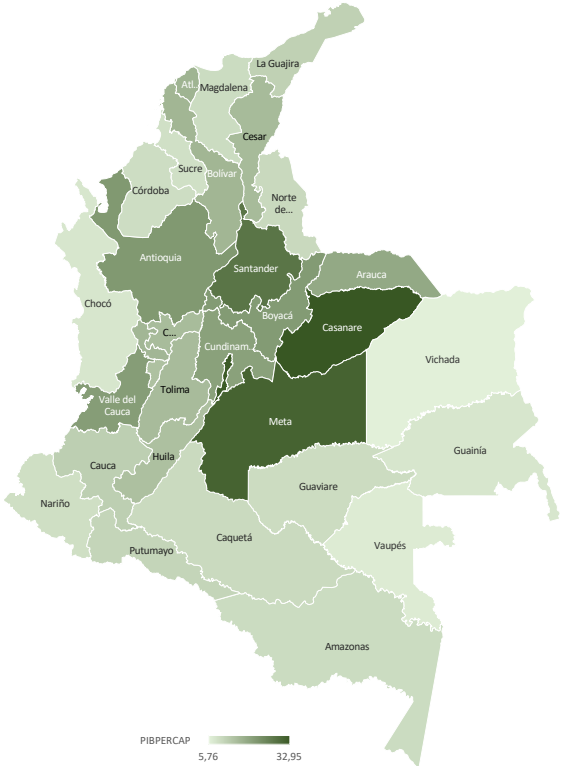
Gráfica 7. Valores de aprobación en I+D.

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 8. Índice de Pobreza Multidimensional.

Fuente: elaboración propia. Datos IPM 2021.

Gráfica 9. PIB per cápita promedio entre 2012 y 2021.



Fuente: elaboración propia. Datos PIB-PC promedio 2012-2021.

También se presenta un modelo de regresión lineal generalizado Beta para determinar si existe una correlación entre las variables mencionadas con el incremento en la inversión de I+D como porcentaje del PIB. Su elección es

comprensible, teniendo en cuenta que este tipo de modelos se acopla de mejor forma a variables dependientes en porcentajes o tasas. La regresión beta es una aproximación bajo modelos lineales generalizado (GLM) (véase tabla 4).[12]

Finalmente, sistematizando los resultados de las nueve ramas del clúster tipo árbol y siguiendo la teoría de las ZDP, los nueve clústeres se pueden agrupar en un hiperciclo encontrando en cada conjunción las ZDP (véase gráfica 18) y ubicar aquellos clústeres o departamentos con una mayor evolución en las ocho variables más representativas del modelo propuesto. De esta manera, los resultados generaron cuatro ZDP que deberían fomentar el aprendizaje y las capacidades en CTeI en el territorio, permitiendo una transferencia del conocimiento entre las comunidades epistémicas y los ecosistemas en general.

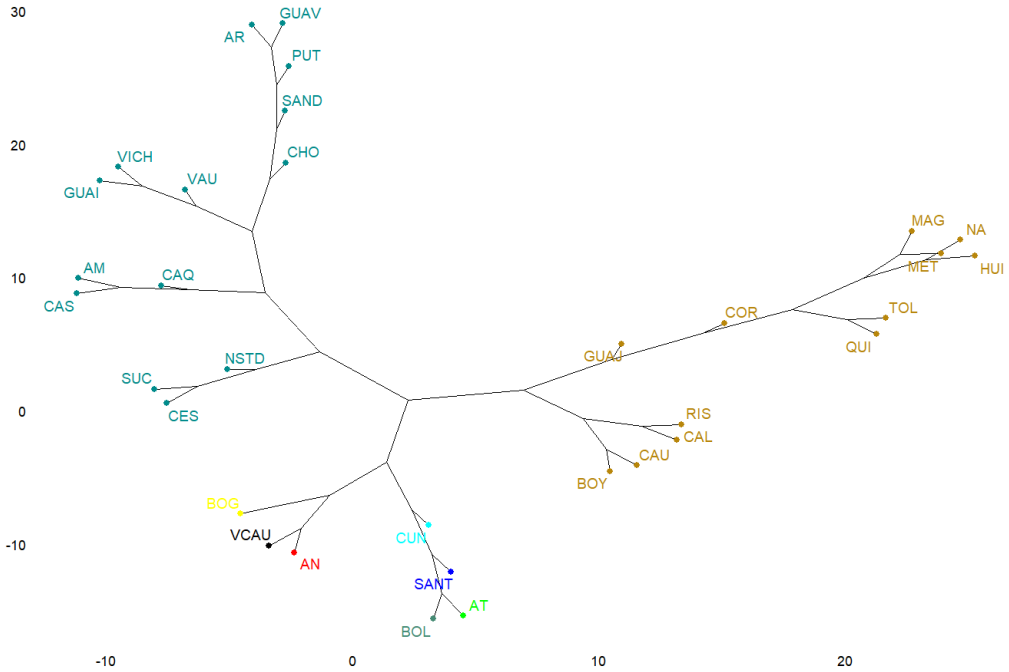
Tabla 4. Modelo de Regresión Beta 14 variables.

```
betareg(formula = ImasDpib ~ AsigSGR + AprSGR + A1 + Tinvest + IngTec + OACTInd + IPM
    PIBPERCAP + PATSOL + PATCONC + ART + OACTIServ, data = model)

Standardized weighted residuals 2:
    Min      1Q  Median      3Q     Max
-3.1848 -0.8332 -0.0735  1.0738  3.1913

Coefficients (mean model with logit link):
               Estimate  Std. Error z value    Pr(>|z|)
(Intercept) -18.7130704   5.1443224  -3.638    0.000275 ***
AsigSGR      -2.0401398   0.9408116  -2.168    0.030121 *
AprSGR        2.5487877   0.9416998   2.707    0.006798 **
A1           -0.0010341   0.0089454  -0.116    0.907965
Tinvest      -0.0069134   0.0056826  -1.217    0.223758
IngTec        0.0286168   0.0103408   2.767    0.005651 **
OACTInd      -0.0001672   0.0003227  -0.518    0.604341
IPM          -0.0216701   0.0132799  -1.632    0.102722
PIBPERCAP     0.0198764   0.0190215   1.045    0.296050
PATSOL        0.0190536   0.0038005   5.013 0.000000534 ***
PATCONC      -0.0157964   0.0056419  -2.800    0.005113 **
ART          -0.0029584   0.0007865  -3.761    0.000169 ***
OACTIServ     0.0011381   0.0003318   3.430    0.000603 ***

Phi coefficients (precision model with identity link):
      Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(phi)      704        183   3.847 0.000119 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Type of estimator: ML (maximum likelihood)
Log-likelihood: 148.8 on 14 Df
Pseudo R-squared: 0.8116
Number of iterations: 88 (BFGS) + 39 (Fisher scoring)
```

Fuente: elaboración propia. Datos procesados en R.

[12] La regresión beta modela variables dependientes distribuidas con la distribución beta. Datos con la distribución beta incluyen proporciones y razones, donde los valores x se encuentran entre 0 y 1 pero no inclusivo (i.e. 0<x<1), además de producir una regresión que maximiza la verosimilitud —tanto para la media como para la precisión de una respuesta distribuida en beta—, se proporcionan estimaciones con corrección de sesgo (Smithson, Merkle y Verkuilen, 2011).

Gráfica 10. Clúster tipo árbol.

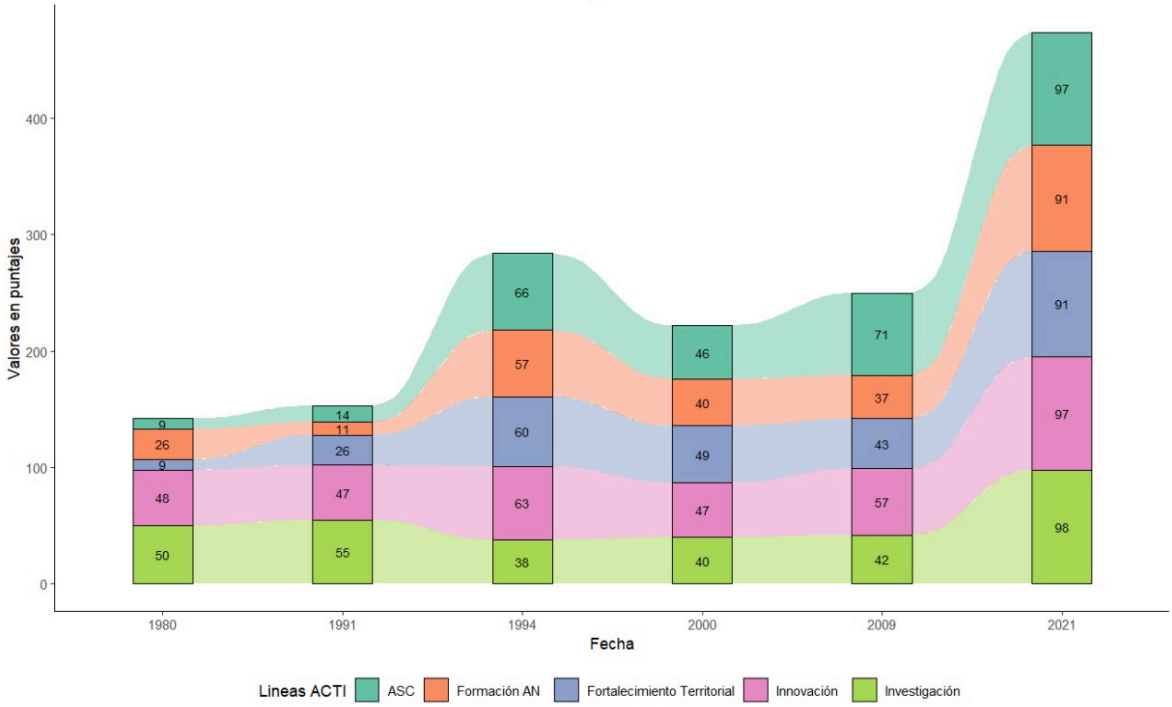


Fuente: elaboración propia. Datos procesados en R.

3. Discusión

Al revisar los documentos de política nacional en CTeI se aprecian dos etapas bien diferenciadas: 1980-1999 y 2000-2021 (Documento Conpes 2739 del 2 de noviembre de 1994; Documento Conpes 4069 del 20 de diciembre de 2021). En el análisis por cada línea ACTI para cada Conpes (véase Anexo C, literal g) se observa que la investigación, innovación y formación de alto nivel han estado presentes en cada política de CTeI, mientras que la apropiación social del conocimiento y el fortalecimiento territorial incrementaron sus acciones desde 1994 y 2000 (véase gráfica 11).

Gráfica 11. Evolución Conpes en ciencia, tecnología e innovación, 1980-2021.



Fuente: elaboración propia. Paquete estadístico R-diagrama Sankey.

Del análisis de las líneas ACTI (véase anexo C, literal g) en los Conpes de Política de CTeI es interesante ver cómo en innovación la adopción de tecnología tuvo un peso relevante en 1980 y estuvo nuevamente en la discusión hasta 2009; por su parte, la intensión de generar y fortalecer las redes de innovación ha tenido un peso característico desde 1980, atendiendo a solucionar las fallas de mercado. Desde 1991 se les da un peso fundamental a las acciones de propiedad intelectual.

La investigación en Colombia a través de las apuestas en los Conpes ha estado incluida por una tendencia en la investigación en agricultura, espacial, marítima, educativa y en I+D. Este último ha tenido el peso más relevante en los seis Conpes, antes de la línea de formación de alto nivel que ha tenido un mayor carácter participativo en los seis Conpes.

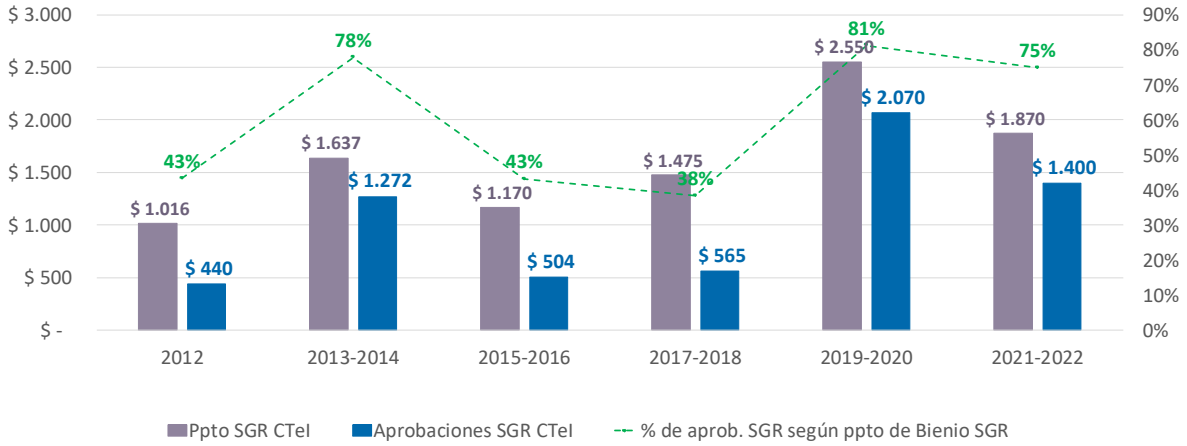
La línea de apropiación social del conocimiento desde 1980 hasta 2000 estuvo marcada por los procesos de divulgación o popularización de la ciencia. La integración de la sociedad a la CTeI es relevante desde 1991 como la inclusión de todos los sectores productivos en la ciencia, sin embargo, es luego del 2000 que se habla de infraestructura para la divulgación, haciendo énfasis en las tipologías de centros de ciencias establecidas por Colciencias, hoy MinCiencias.

En la línea de fortalecimiento territorial se puede resaltar la importancia que se le ha dado en los documentos Conpes a los incentivos tributarios desde 1991. La capacitación, diferente a la formación, también ha sido una constante durante los seis Conpes de CTeI, así como la internacionalización de la Ciencia que está prevista como un modelo de cambio desde 1980. En formación de programas como Ondas han estado desde 1994 y 2000 como un eslabón para reducir las brechas entre los jóvenes y los investigadores universitarios. La tendencia a

generar capital humano ha estado presente desde 1980.

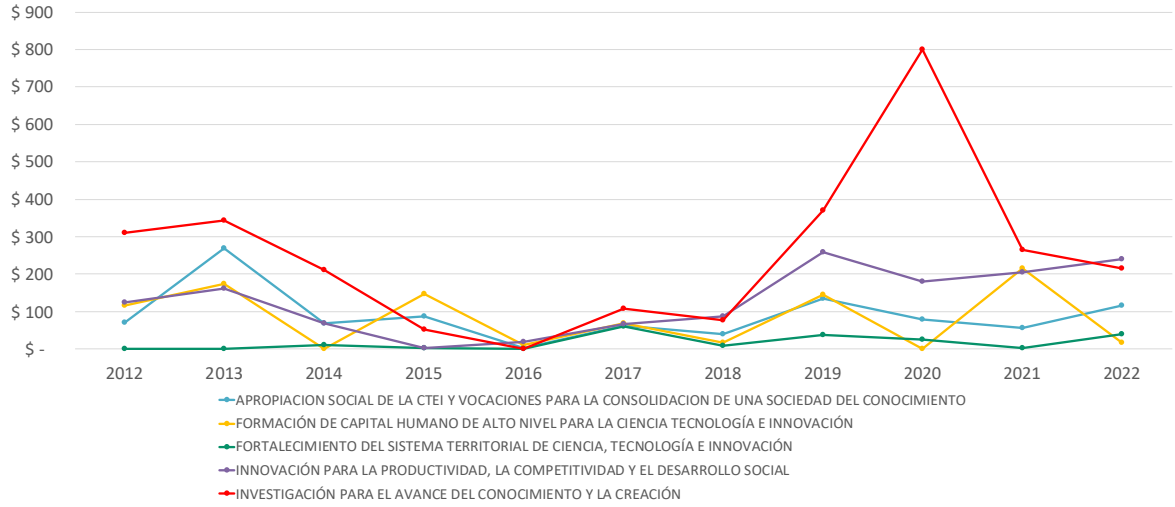
Como se aprecia en la gráfica 12, el repunte en aprobaciones —ya se vio la discusión sobre la calidad de estas— ha tenido un incremento de 40% entre 2018 y 2020, pasando a 798 proyectos aprobados a junio de 2022 por un valor de $3,4 billones.

Gráfica 12. Comparativo bienal de inversión de la asignación CTeI del SGR.



Fuente: elaboración propia. Cifras en miles de millones de pesos con corte a 20 de mayo de 2022.

Gráfica 13. Aprobaciones históricas de líneas ACTI, 2012-2022.



Fuente: elaboración propia. Cifras en miles de millones de pesos con corte a 20 de mayo de 2022.

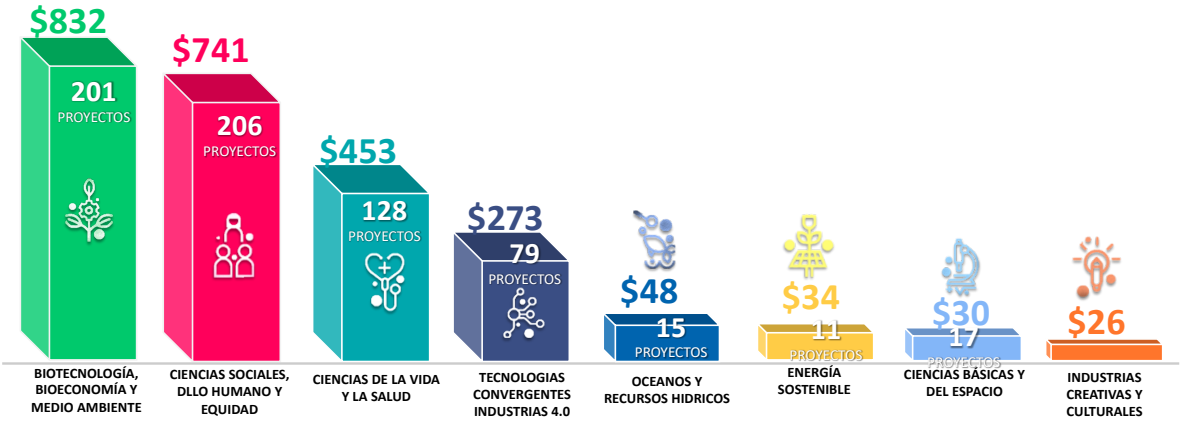
Como se observa en la gráfica 13, el mayor gasto se ha tenido en la línea ACTI investigación con aproximadamente $800 mil millones en 2020, seguido de innovación, cuando en 2019 se aprobaron $270 mil millones. Con los recursos de regalías también se han realizado inversiones en los diecisiete ODS (véase gráfica 14) durante 2019 y 2022, con el monto de $3,4 billones, y se comenzó a transitar a través de las políticas orientadas por misiones con la MIS-2019 y los ocho focos temáticos con 668 proyectos por $2,4 billones, siendo el de mayor aprobación biotecnología, bioeconomía y medio ambiente, seguido por ciencias sociales, desarrollo humano y equidad (véase gráfica 15). Siendo la línea menos

representativa en inversiones la de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) con 42% de aprobaciones respecto a Investigación.

Gráfica 14. Inversiones en los ODS con los recursos del SGR.

Fuente: elaboración propia. Cifras en miles de millones de pesos con corte a 20 de mayo de 2022. * Impacto Transversal: ODS que son impactados a partir de las aprobaciones de todos los proyectos de inversión.

Gráfica 15. Inversiones en los ocho focos temáticos de la MIS con los recursos del SGR.



Fuente: elaboración propia. Cifras cifras en miles de millones de pesos con corte a 20 de mayo de 2022.

Aun así, la participación del sector en los recursos de SGR y del Presupuesto General de la Nación (PGN) son muy bajos (véase gráfica 4). Si los ojos de la financiación están puestos en el SGR, el sector está destinado a mantener la misma tendencia o a decrecer en el fortalecimiento de capacidades en las líneas ACTI y en el desarrollo económico a través del sector secundario y terciario del país.

Resultado de la revisión de las aprobaciones del SGR en el sector de la CTeI y, en especial, de las líneas ACTI, se entrega un panorama concreto de la

importancia que para los entes territoriales y el Gobierno han tenido unas líneas sobre otras. La baja aprobación de la línea de ASC puede contrastar con las discrepancias en los ecosistemas territoriales de CTeI y la baja dinámica que se ha implementado a través de los Codecti.

Por esa razón y con ese diagnóstico concreto, siguiendo con la metodología propuestas y la construcción de una matriz de análisis estructural (véase tabla 5), se encontró, teniendo en cuenta una ponderación de motricidad, que catorce variables serían una buena ponderación muestral y que de estas doce tendrían una incidencia concreta en el análisis. Secuencialmente (véase gráfica 16) —y para corroborar el resultado obtenido en la matriz de motricidad (véase tabla 6)—, se hizo uso del análisis de componentes principales en el que se buscó agrupar en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas para hacer más fácil la verificación por peso de cada variable (Peña, 2002; Pla, 1986).

Tabla 5. Matriz de análisis estructural variables CTeI.

	Dpto	AprSGR	AsigSGR	A1	Tinvest	IngTec	OACTIser	OACTIInd	IPM	PIBPERCAP	PATSOL	PATCONC	ART	ImasDpib	IDIC	Región	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1		2	5	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	1	3	5	32
2	3		2	4	4	3	4	4	2	2	3	1	4	4	1	3	44
3	5	5		5	5	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	46
4	0	4	1		5	4	3	3	2	3	5	5	5	3	2	3	48
5	0	4	1	5		5	3	3	3	5	5	5	5	4	2	2	52
6	3	4	1	3	3		5	5	4	4	3	3	3	4	2	1	48
7	1	4	1	4	5	5		4	5	5	3	3	3	4	2	2	51
8	1	4	4	4	5	5	4		5	5	3	3	3	4	2	2	54
9	4	4	5	4	4	4	4	4		5	4	4	4	4	4	2	60
10	4	4	4	4	4	4	4	4	5		4	4	4	4	4	4	61
11	0	4	1	5	5	3	3	4	4	5		5	5	5	4	3	56
12	0	4	1	5	5	3	3	4	4	5	5		5	5	4	2	55
13	0	4	1	5	5	3	3	4	4	5	4	5		4	4	2	53
14	0	4	1	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5		5	3	60
15	5	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1		2	20
16	5	4	2	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	2		50
	31	56	30	59	61	52	48	53	53	58	51	50	53	52	43	40	

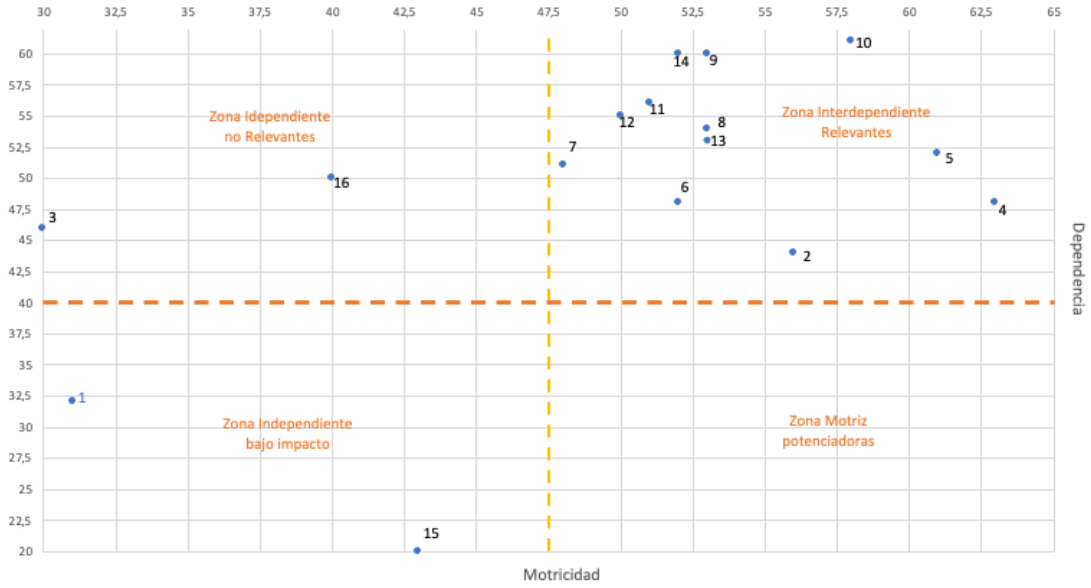
Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Variables positivas y negativas por departamento.

Depto	AprSGR	AsigSGR	A1	Tinvest	IngTec	OACTIServ	OACTInd	IPM	PIBPERCAP	PATSOL	PATCONC	ART	ImasDpib	IDIC
AMAZONAS														
ANTIOQUIA														
ARAUCA														
ATLANTICO														
BOGOTA D.C.														
BOLIVAR														
BOYACA														
CALDAS														
CAQUETA														
CASANARE														
CAUCA														
CESAR														
CHOCO														
CORDOBA														
CUN/MARCA														
GUAINIA														
GUAVIARE														
HUILA														
LA GUAJIRA														
MAGDALENA														
META														
NARINO														
NOR DE STDR														
PUTUMAYO														
QUINDIO														
RISARALDA														
SAN ANDRES														
SANTANDER														
SUCRE														
TOLIMA														
V/CAUCA														
VAUPES														
VICHADA														

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 16. Relación zona motriz de las dieciséis variables.



Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtuvieron diez dimensiones que agrupan las catorce variables representativas, de las cuales, la dimensión 1 y 2 agrupan 84% del peso de las variables, de tal forma que con la dimensión 1 y 2 (véase anexo C, literal j) se construyó un plano cartesiano que permitió observar la varianza entre las variables y los individuos denominado mapa Biplot (véase gráfica 17). En el eje *x* se encuentra la dimisión 1 y en el eje *y* la dimensión 2. Con esta gráfica se pudo determinar las características departamentales similares y los que tienen una mayor varianza. Secuencialmente, luego de este resultado se usó un análisis de clúster tipo árbol,[13] el cual mostró una agrupación de nueve grupos de departamentos con características similares.

Variables tenidas en cuenta de acuerdo con el modelo de regresión Beta:

A. AsigSGR = Recursos de Sistema General de Regalías asignados entre 2012 y 2022 por departamento.

B. A1 = Personas integrantes de grupos de investigación con categoría A1 por departamento para 2021.

C. Tinvest = Total personas integrantes de grupos de investigación por departamento para 2021.

D. IngTec = Personas integrantes de grupos de investigación con carreras afines a ingeniería y tecnología Personas para 2021.

E. OACTServ = Personas ocupadas en actividades ACTI en servicios para 2019.

F. OACTInd = Personas ocupadas en actividades ACTI en empresas industriales para 2019.

G. PATSOL = Total patentes solicitadas entre 2015 y 2021 por departamento.

H. PATCONC = Total patentes concedidas entre 2015 y 2021 por

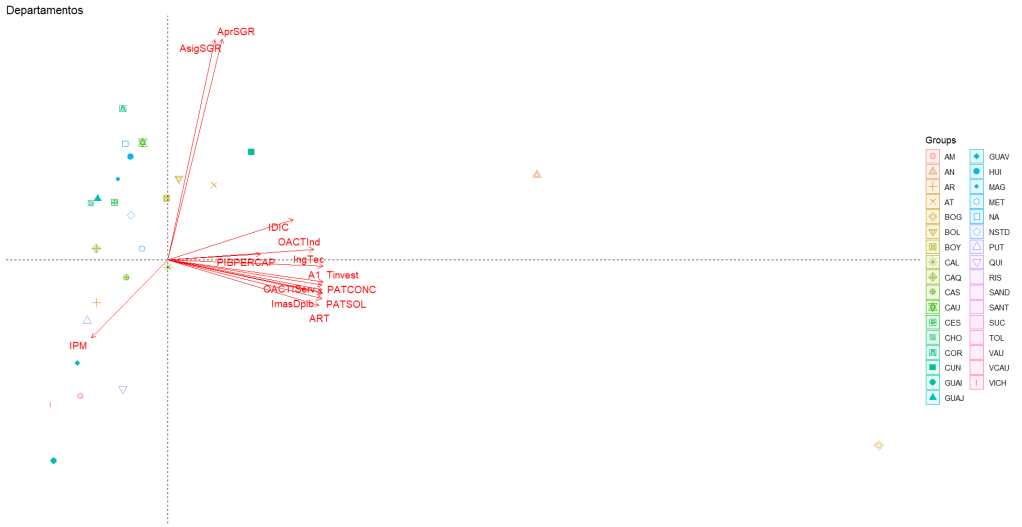
[13] Construido a través de R.

departamento.

I. ART = Total artículos científicos publicados entre 2015 y 2021 por departamento.

J. ImasDPIB = promedio entre 2012 y 2021 del I+D como porcentaje del PIB por departamento.

Gráfica 17. Mapa Biplot.[14]



Fuente: elaboración propia. Datos procesados en R.

Con este contraste regional y el resultado del clúster tipo árbol trabajado en R se definieron nueve grupos territoriales que se tipificaron según el peso de las vulnerabilidades y ventajas comparativas (véase tabla 7 y anexo C, tabla 11). Como se muestra en las gráficas 6, 7, 8 y 9 en el análisis por clúster, estos departamentos con bajos indicadores socioeconómicos y de CTeI se ubicaron en los clústeres 7, 8, 9 y 10, nuevamente corroborando la narrativa teórica señalada en los apartados 1 y 2 de este trabajo. Apoyado en un modelo de regresión beta, se observa que variables de personas en grupos de investigación, apropiación y asignación de recursos en SGR serían estadísticamente significativas en el desarrollo del I+D como porcentaje del PIB. Se destaca que por cada 1% que aumenten los recursos apropiados de SGR tendría un efecto multiplicador en el aumento del I+D (véase tabla 4).

Tabla 7. Análisis de clústeres según las características regionales.

Departamento	Clúster	Departamento	Clúster	Departamento	Clúster
La Guajira	3	Caquetá	8	Bolívar (2)*	3
Risaralda	3	Casanare	8	Santander(2)	4
Caldas	3	Amazonas	8	Cundinamarca(2)	5
Cauca	3	Vaupés	9	Santander (2)	6
Boyacá	3	Vichada	9	Atlántico (2)	7
Córdoba	4	Guainía	9	Valle del Cauca(1)	8

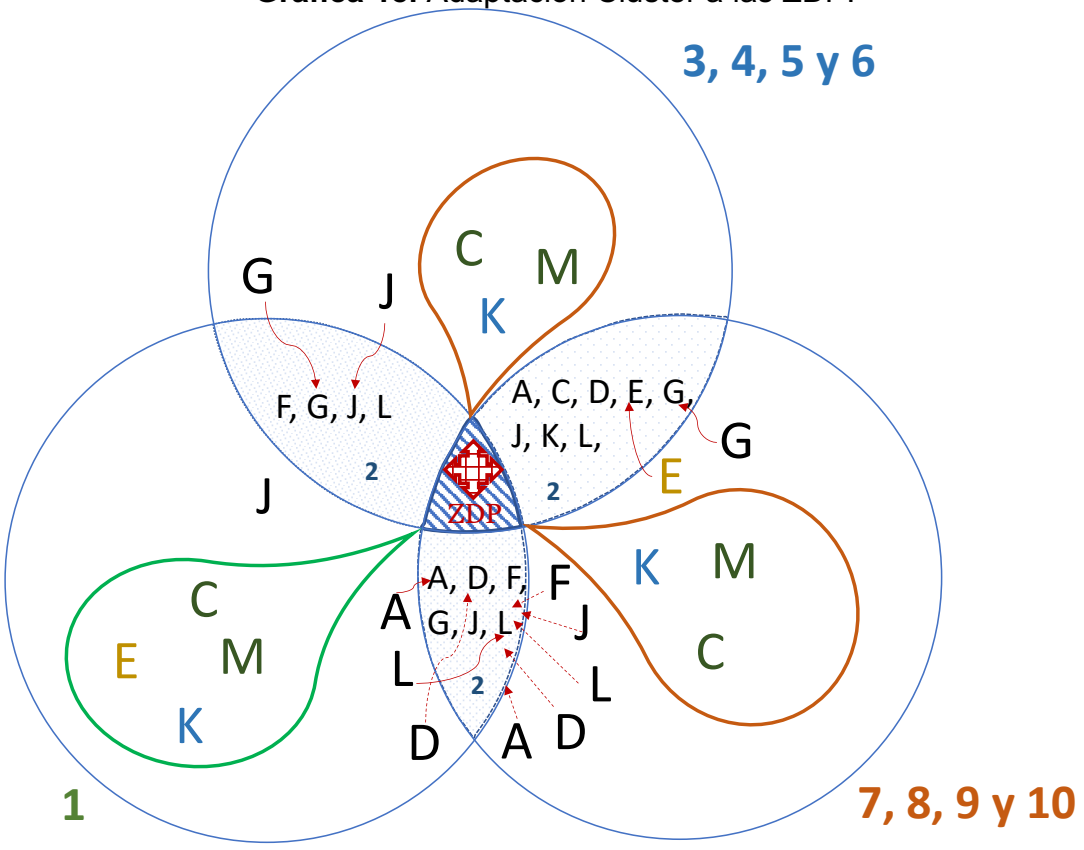
[14] El mapa nos indica que en el eje *x* —o dimensión 1— está recogida 70,6% de la varianza, mientras que en el eje y —o dimensión 2— se encuentra 13,6% de la varianza.

Tolima	5	Guaviare	10	Bogotá (1)*	9
Quindío	5	Arauca	10	Antioquia (1)	10
Magdalena	6	Putumayo	10		
Nariño	6	San Andrés Islas	10		
Huila	6	Chocó	10		
Meta	6				
Norte de Santander	7				
Sucre	7				
Cesar	7				

Fuente: elaboración propia.

*(1 o 2) relaciona el número de clúster al que corresponde cada departamento

Gráfica 18. Adaptación Clúster a las ZDP.



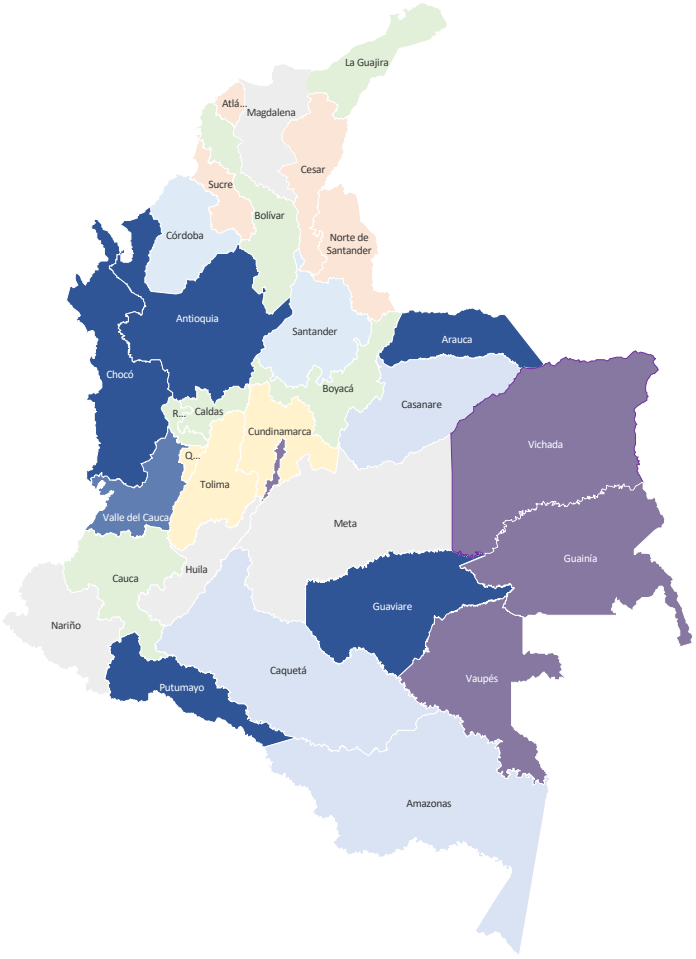
Fuente: elaboración propia.

Luego de poner en práctica la teoría de ZDP se halló que los departamentos de Bolívar, Santander, Cundinamarca, Atlántico, Valle del Cauca, Bogotá D. C. y Antioquia representan los ecosistemas más fortalecidos del país, y por esa razón (véase gráfica 19) son los integrantes de las ZDP. El clúster 1 está representado por Bogotá D. C., Valle del Cauca y Antioquia, y el clúster 2 está

integrado por Bolívar, Santander, Cundinamarca y Atlántico.

El clúster 1 y 2 en la propuesta resultado de este trabajo mediarán para equilibrar a mediano plazo las apuestas en CTeI y la implementación de los lineamientos de política entregados en el Conpes 4069 de 2021.

Gráfica 19. Organización regional por Codecti.



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Los tres momentos que ha tenido la política de CTeI han estado plasmados en las diferentes visiones que se han interpretado en cada etapa desde 1980; sin embargo, a escala subnacional, el entorno no ha sido el mejor para el crecimiento de la CTeI y puede que factores ajenos a las intenciones de los documentos de política hayan retrasado esta posibilidad. A pesar de que el entorno político y económico en Colombia desde la década de 1980 haya sido, en promedio, estable, la violencia generada por el narcotráfico y los conflictos con grupos armados organizados han dejado como resultado que la producción en recursos primarios como la agricultura y la pesca hayan tenido un rezago de décadas en su inserción tecnológica y productiva. Como consecuencia, sectores secundarios no han tenido un despegue a través de la inversión en I+D.

Como se observa en la gráfica 1, la relación existente entre la inversión de I+D que hagan los Estados tiene una incidencia directa en la calidad de vida de sus ciudadanos. Esto no solo confirma la narrativa expuesta en este trabajo, se puede observar en los casos en los que la inversión en I+D es mayor el PIB per cápita es representativo (Romero, 2014). En el caso de Argentina y Colombia la tendencia es inversa, es decir, se ve una tendencia creciente desde 1996, pero aumenta más el PIB per cápita que la inversión en I+D (véase gráfica 3).

Se continúa con el mismo diagnóstico de hace diez años frente al círculo de la pobreza (Martínez, 1998) en Colombia. En palabras de Gunnar Myrdal, respecto a la *causación circular*, los departamentos fronterizos alejados de los tres clústeres económicos más relevantes del país tienen unos indicadores socioeconómicos similares: bajos, que además concuerdan con las aproximaciones del Índice Departamental de Innovación (IDIC). De esta forma, los marcos de innovación (Schot *et al.,* 2020), en especial el 2, el cual Juan Santiago Correa *et al.* (2014)[15] denomina «capitalismo académico» (p. 271), se convierten en la antesala de las políticas públicas de CTeI para el siglo XX.

Los argumentos de Correa *et al.* (2014), Nupia (2020) y de la MIS se complementan con los expuestos por Alicia Ríos (20 de septiembre de 2013) y su análisis del crecimiento en indicadores de CTeI antes de la entrada del SGR. Este se advertía como la solución de las altas disparidades regionales y bajos resultados en indicadores de CTeI, lo cual se explica debido al cambio en la distribución de los recursos generados por el modelo extractivista a través del SGR (Hernández, 2018; Restrepo, 2014; Kalmanovitz, 2019; Contraloría General de la República, s. f.), según la evidencia histórica de los efectos que en países en vía de desarrollo habían obtenido luego de desperdiciar la riqueza de sus recursos naturales.[16] En este contexto Colombia aporta un marco interesante a esta dinámica con el SGR.

Los cambios y las necesidades que a través de la evolución de las líneas ACTI y aportes del SGR[17] a estas son el *input* al análisis cualitativo para expresar los insumos que se han planteado en los diferentes instrumentos de política pública de CTeI (Carayannis, Campbell, Grigoroudis y Monteiro, 2017;

---

[15] Determina como LUGAR [Propietario, Autoritario Local, Comisionado, Experto] (p. 269-270).

[16] Apuesta que tiene su antecedente entre 1968 y 1989, en el que se fomentó la formación del recurso humano y el grupo de investigación. Este cambio se puede comparar con las bonanzas económicas del café en 1977 —con la cotización más alta en el siglo XX—, del banano en 1930 (Kalmanovitz, 2019, p. 124) —lo que se considera como *soft commodities* (Mejía, 2015)— y la minera de principios de la década de 1990 (Restrepo, 2014, p. 434), la cual se esperaba en ese momento —la bonanza de los precios y la demanda en hidrocarburos, *hard commodities* (Mejía, 2015, p. 14)—. Podría ser temporal y se requería no solo del ahorro para el futuro, también las medidas que ayudaran a alejar la dependencia de las exportaciones de bienes primarios en el país.

[17] Los resultados de las últimas dos evaluaciones de impacto que el Estado ha realizado para el Sistema General de Regalías, 2012-2018 (Nuñez, 2014; DNP, 2021), han concluido que el aporte del SGR al SNCTeI ha sido significativo

MinCiencias, 2020b, p. 95). Como se advirtió, el SGR ha sido la llave maestra, el alivio para esa visión reducida. Al introducir una estrategia de articulación entre el SGR y el SNCTeI pueden fortalecerse los ecosistemas regionales, por sí diversos, y mediar por una eficiencia en las inversiones que se realicen en torno a la CTeI.

Afrontar el reto de una sociedad basada en el conocimiento, como lo pregona la MIS-2019 y el Conpes 4069 de 2021 (DNP, 2021), requiere más que un esfuerzo del Estado, requiere que las comunidades epistémicas hagan un esfuerzo para cerrar sus brechas o ayudar a cerrar las de otros ecosistemas. Colombia, con su diversidad cultural y natural, difiere mucho entre los territorios no fronterizos, de hecho, en el país tenemos marcadas dos regionalizaciones: de una parte: la clasificación territorial que obedece a los planes de desarrollo y, de la otra, la del SGR, siendo esta última la más usada por las inversiones regionales. A modo de conclusión, Salguero (2006, p. 18) resalta que no existe una correspondencia entre la realidad geográfica y la teoría, por ello insiste en entender mejor las realidades para una toma acertada de decisiones.

Este trabajo demostró que de querer conseguir objetivos a largo plazo en CTeI esa regionalización debe cambiar por completo, tanto así que el presupuesto de gasto del SGR diferenciado por departamentos se terminó en 2021 y ahora lo que existe es una asignación general para el SNCTeI.

Los departamentos de Boyacá, Caldas y Risaralda presentan niveles intermedios de CTeI y pobreza multidimensional. El resto de los departamentos tendrá niveles bajos en CTeI y niveles altos en pobreza. En el caso de la gráfica 18, la dimensión 2, se encuentra que departamentos como Antioquia, Córdoba, Nariño, Cauca, Magdalena y Bolívar tienen mayores recursos por el SGR asignados y apropiados, mientras que departamentos ubicados al sur del país y en el oriente como Amazonas, Vichada, Guaviare, Vaupés, Guainía, Guaviare, Putumayo y Arauca tienen baja asignación histórica y bajo nivel en investigadores y ocupaciones en ACTI de servicios.

Como se evidenció, al sobreponer los departamentos que representan el círculo de pobreza en el país coinciden con las mediciones bajas en las variables socioeconómicas con diez departamentos: Vichada, Guainía, Vaupés, La Guajira, Chocó, Magdalena, Guaviare, Sucre, Córdoba y Bolívar (véanse gráficas 6, 7, 8 y 9). Por esta razón, sería obvio simplemente definir que el país requiere generar sinergias o estimular los ecosistemas de CTeI en estos diez departamentos.

Con esta información y la corroboración de las hipótesis planteadas es posible usar la teoría de las ZDP para ubicar en estas zonas aquellas comunidades epistémicas que puedan generar un fortalecimiento organizado (véanse tabla 7 y gráfica 18), complementando la colaboración en redes y subsitemas de CTeI como una forma de aprendizaje teórico y práctico.

Por esa razón, al representar los hiperciclos en tres grandes grupos que representan tres grupos de clústeres, se concluye que los clústeres 1 y 2 tendrán la responsabilidad de incorporar en sus ecosistemas de CTeI los demás clústeres, proponiendo a través de la ASC y la divulgación científica los métodos necesarios para el aprendizaje y la transferencia, efectiva, de la CTeI, apoyándose en la gobernanza del SGR que, como se vio, es de las introducciones más importantes que trajo el SGR.

Los resultados de este trabajo dejan la puerta abierta para que futuras

investigaciones en el campo de la gobernanza de la CTeI, la regionalización de la CTeI, la ASC y la divulgación científica profundicen a través de las políticas públicas en un nuevo orden estructural dentro y fuera de los ecosistemas de CTeI, y su real ingeniería en la toma de decisiones frente al SNCTeI.

Referencias bibliográficas

1. Afonso, Oscar; Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & Thompson, Maria João Cabral Almeida Ribeiro. (2017). Growth Model for the Quadruple Helix Innovation Systems Conceptual Framework. In: Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & Carayannis, Elias G. (Eds.). *The Quadruple Innovation Helix Nexus: A Smart Growth Model, Quantitative Empirical Validation and Operationalization for OECD Countries* (pp. 39-64). Palgrave Macmillan. http://dx.doi.org/10.1057/978-1-137-55577-9_2
2. Albuquerque, Eduardo & Bernardes, Américo Tristão. (2001). Cross-Over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology: A Tentative Simplified Model and Initial Notes about Statistics from 120 Countries. *LAR Working Paper,* 157. Albuquerque, Eduardo da Motta e and Bernardes, Americo Tristao, Cross-Over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology: A Tentative Simplified Model and Initial Notes About Statistics from 120 Countries (May 2001). LAR Working Paper No. 157, Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=280649 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.280649
3. Álvarez, Amelia y del Río, Pablo. (1990). Educación y desarrollo: la teoría de Vigotsky y la zona de desarrollo próximo. Palacios González, Jesús; Marchesi Ullastres, Álvaro y Coll Salvador, César (comps.) *Desarrollo psicológico y educación. 2. Psicología de la educación escolar* (pp. 93-119). Alianza.
4. Banco Mundial. (s. f.a). Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB). https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?utm_medium=BancoM2022
5. Banco Mundial. (s. f. b). Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)-Colombia, Chile, Argentina, Peru, Israel, United States, Germany, China, Japan. https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=CO-CL-AR-PE-IL-US-DE-CN-JP
6. BID. (31 de agosto de 2017). *Políticas de innovación orientadas por misión - Entrevista con Mariana Mazzucato* [Video]. Vimeo. https://vimeo.com/231883395
7. Carayannis, Elias G.; Campbell, David F. J.; Grigoroudis, Evangelos & Monteiro, Sara Paulina de Oliveira. (2017). Introduction. In: Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & Carayannis Elias G. (Eds.). *The Quadruple Innovation Helix Nexus: A Smart Growth Model, Quantitative Empirical Validation and Operationalization for OECD Countries* (pp. 1-38). Palgrave Macmillan. http://dx.doi.org/10.1057/978-1-137-55577-9_1
8. Centeno, Juan Pablo. (2018). La «territorialización» de la ciencia: una reflexión crítica de los seis años de funcionamiento del Fondo de Ciencia, Tecnología

e Innovación, del Sistema General de Regalías. *Seguimiento y Análisis de Políticas Públicas en Colombia,* pp. 89-113.
9. Centeno, Juan Pablo. (2020). El cambio en las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación: apuntes para el caso colombiano. *Saber, Ciencia y Libertad,* 15 (2), pp. 21-36.
10. Centeno, Juan Pablo; Delgadillo, Sara Lucía y Roa, María Paula. (2020). Ciencia, tecnología e innovación durante el primer año del gobierno Duque: análisis y seguimiento de sus principales hitos. *Seguimiento y Análisis de Políticas Públicas en Colombia,* pp. 65-81.
11. Centeno, Juan Pablo. (2021). Operational Innovation Policies in Emerging Economies: A Social Network Analysis of the Royalties Fund for Innovation in Colombia. In: Ordóñez-Matamoros, Gonzalo; Orozco, Luis Antonio; Sierra-González, Jaime Humberto; Bortagaray, Isabel & García-Estévez, Javier (Eds.). *Policy and Governance of Science, Technology, and Innovation* (pp. 193-232). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80832-7_8
12. Colombia. Congreso. Acto Legislativo 05. (18 de julio de 2011). Por el cual se constituye el Sistema General de Regalías, se modifican los artículos 360 y 361 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones sobre el Régimen de Regalías y Compensaciones. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43391
13. Colombia. Congreso. Acto Legislativo 04. (8 de septiembre de 2017). Por el cual se adiciona el artículo 361 de la Constitución Política. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/acto_legislativo_04_2017.html
14. Colombia. Congreso. Acto Legislativo 05. (26 de diciembre de 2019). Por el cual se modifica el Artículo 361 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones sobre el Régimen de Regalías y Compensaciones. https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/ACTO%20LEGISLATIVO%20No%2005%20DEL%2026%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202019.pdf
15. Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 2739. (2 de noviembre de 1994). Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1998. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/conpes-2739.pdf
16. Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 4069. (20 de diciembre de 2021). Política de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf
17. Contraloría General de la República. (s. f.). ¿Qué son las regalías? https://www.contraloria.gov.co/web/regalias
18. Correa, Juan Santiago; Tejada, Maria; Cayon Fallon, Edgardo & Ordoñez, Gonzalo. (2014). Science and Technology Policy in Colombia: A Comparative Review. *European Journal of Scientific Research,* 121 (3), pp. 267-285. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2621685
19. DANE Colombia. (8 de abril de 2022). *Encuesta de Inversión en Investigación*

y Desarrollo I+D [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=4uAJ9sXiHC4
20. Datosmacro. (s. f.). Colombia - Tasa de alfabetización. https://datosmacro.expansion.com/demografia/tasa-alfabetizacion/colombia
21. Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). Informe de Resultados de la Evaluación y Segunda Entrega de la Documentación de las Bases de Datos de la Evaluación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Eval_Fondo_Ciencia_Tecnologia_Innovacion_FCTEI_SGR_Informe_Resultados.pdf
22. Edler, Jakob & Fagerberg, Jan. (2017). Innovation Policy: What, Why, and How. *Oxford Review of Economic Policy,* 33 (1), pp. 2-23. http://dx.doi.org/10.1093/oxrep/grx001
23. Etzkowitz, Henry & Leydesdorff, Loet. (2000). The Dynamics of Innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Research Policy,* 29 (2), pp. 109-123.
24. Fagerberg, Jan. (2017). Innovation Policy: Rationales, Lessons and Challenges. *Journal of Economic Surveys,* 31 (2), pp. 497-512.
25. Françoso, Mariane Santos & Vonortas, Nicholas S. (2022). Gatekeepers in Regional Innovation Networks: Evidence from an Emerging Economy. *The Journal of Technology Transfer.* http://dx.doi.org/10.1007/s10961-022-09922-4
26. Freeman, Chris. (1995). The "National System of Innovation" in Historical Perspective. *Cambridge Journal of Economics,* 19 (1), pp. 5-24. http://www.jstor.org/stable/23599563
27. Goda, Thomas y Torres García, Alejandro. (2015). Flujos de capital, recursos naturales y enfermedad holandesa: el caso colombiano. *Ensayos Sobre Política Económica,* 33 (78), pp. 197-206. http://dx.doi.org/10.1016/j.espe.2015.07.001
28. Gómez Lee, Martha Isabel. (2015). Carlos Mauricio Nupia Martínez, La política científica y tecnológica en Colombia, 1968-1991. Transferencia y aprendizaje a partir de modelos internacionales. *Opera,* 17 (17), pp. 159-163. http://dx.doi.org/10.18601/16578651.n17.10
29. González-Zabala, Mayda Patricia; Galvis-Lista, Ernesto Amaru y Angulo-Cuentas, Gerardo. (2017). Análisis de indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) propuestos por Organizaciones Nacionales de CTI en América Latina. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte,* 52, pp. 23-40. https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/942
30. Gurría, Ángel. (6 de junio de 2015). Conferencia Magistral sobre «El Futuro de la Productividad» - Una Productividad de Todos y Para Todos. *OCDE.* https://www.oecd.org/mexico/una-productividad-de-todos-y-para-todos.htm
31. Haas, Peter M. (1992). Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination. *International Organization,* 46 (1), pp. 1-35.
32. Hayward, Pamela A. (1995). The Use of Vygotsky's Theory of the Zone of Proximal Development in Quantitative Research: A Critical Review. *ERIC.* https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED398609.pdf
33. Hernández Riveros, Luis Humberto. (2018). *Coaliciones promotoras y cambios en la política petrolera colombiana 1905-2015.* Bogotá, D. C.: Universidad

Nacional de Colombia.
34. Hernández Sampieri, Roberto. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGraw Hill México.
35. Herrera, Amílcar. (1995). Los determinantes sociales de la política científica en América Latina. Política científica explícita y política científica implícita. *Desarrollo Económico,* 13 (49), pp. 113-134. https://doi.org/10.2307/3466245
36. Hess, Charlotte y Ostrom, Elinor. (2016). *Los bienes comunes del conocimiento.* Madrid: Traficantes de Sueños.
37. Isaza, Carolina; Herrera Kit, Patricia; Lozano Herrera, Juan; Mendez, Karen & Balanzo, Alejandro. (2015). Capacity: A Literature Review and a Research Agenda. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2824486
38. Kalmanovitz, Salomón (ed.). (2019). *Nueva historia económica de Colombia.* Bogotá, D. C.: Taurus.
39. Kataishi, Rodrigo y Brixner, Cristian. (2022). Las teorías económicas dominantes sobre ciencia, tecnología e innovación en discusión. *Ciencia, Tecnología y Política,* 5 (8), https://doi.org/10.24215/26183188e074
40. Kuhlmann, Stefan; Stegmaier, Peter & Konrad, Kornelia. (2019). The Tentative Governance of Emerging Science and Technology-A Conceptual Introduction. *Research Policy,* 48 (5), pp. 1091-1097. https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.006
41. Leydesdorff, Loet. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, …, and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy? *Journal of the Knowledge Economy,* 3 (1), pp. 25-35. https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4
42. Martínez Piva, Jorge. (1998). Procesos acumulativos y desarrollo: de Myrdal a Porter. *Economía y Sociedad,* 3 (08) https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/economia/article/view/1588
43. Matthews, M. R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. Enseñanza de las Ciencias, 12 (1), pp. 79-88.
44. Mazzucato, Mariana. (2018). Mission-Oriented Innovation Policies: Challenges and Opportunities. *Industrial and Corporate Change,* 27 (5), pp. 803-815. https://doi.org/10.1093/icc/dty034
45. Mazzucato, Mariana y Penna, Caetano. (2020). *La era de las misiones. ¿Cómo abordar los desafíos sociales mediante políticas de innovación orientadas por misiones en América Latina y el Caribe?* Washington, D. C.: BID.
46. Meier, Gerald M. y Stiglitz, Joseph E. (eds.). (2001). *Fronteras de la economía del desarrollo.* Washington, D. C.: Banco Mundial.
47. Mejía Vega, C. A. (2015). Una introducción general a los mercados de *commodities* a nivel internacional. *Cuadernos del CIPE,* 33. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3062233
48. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). (2020a). *Colombia hacia las fronteras del conocimiento. Síntesis de las propuestas. Vol. 2.* Bogotá, D. C.: MCTI.
49. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias). (2020b). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas. Vol. 1.* Bogotá, D. C.: MCTI.

50. Moncayo Jiménez, Edgar. (2018). Las políticas regionales de ciencia, tecnología e innovación en Colombia: surgimiento, evolución y balance de la situación actual. *Ópera,* 23, pp. 185-208. https://doi.org/10.18601/16578651.n23.11
51. Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & Carayannis, Elias G. (Eds.). (2017). *The Quadruple Innovation Helix Nexus: A Smart Growth Model, Quantitative Empirical Validation and Operationalization for OECD Countries.* Palgrave Macmillan.
52. Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & da Silva Duarte, María Adelaida Pedrosa. (2017). Quadruple Helix R&D Growth Models: A Panel Cointegration Analysis Applied to a Sample of OECD Countries. In: Monteiro, Sara Paulina de Oliveira & Carayannis Elias G. (Eds.). *The Quadruple Innovation Helix Nexus: A Smart Growth Model, Quantitative Empirical Validation and Operationalization for OECD Countries* (pp. 65-93). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/978-1-137-55577-9_3
53. Núñez, Jairo (dir.). (2014). Evaluación institucional y de procesos con énfasis en el ciclo de proyectos del Sistema General de Regalías. *Fedesarrollo.* https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1706/Repor_Septiembre_2014_Nu%c3%b1ez_Castro_y_Rincon.pdf?sequence=3&isAllowed=y
54. Nupia, Carlos. (2020). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo productivo: en dónde estamos y para dónde podríamos ir.* Bogotá, D. C.: FES.
55. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). (s. f.). Indicadores ACTI e I+D e Colombia: herramientas de seguimiento. https://ocyt.org.co/indicadores-acti-e-id-e-colombia-herramientas-de-seguimiento/
56. OCDE. (2006). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación.* OCDE y Euroestat. http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf
57. OCDE. (2015). *Manual de Frascati 2015.* OCDE.
58. OECD. (2022). OECD Main Science and Technology Indicators. R&D Highlights in the March 2022 Publication. https://www.oecd.org/sti/msti-highlights-march-2022.pdf
59. Olaya Dávila, Alejandro. (2008). Economía de la innovación y del cambio tecnológico: una aproximación teórica desde el pensamiento schumpeteriano. *Revista Ciencias Estratégicas,* 16 (20), pp. 237-246.
60. Ordóñez-Matamoros, Gonzalo; Bortagaray, Isabel; Sierra-González, Jaime Humberto; García-Estévez, Javier & Orozco, Luis Antonio. (2021). Policy and Governance of Science, Technology and Innovation for Sustainable and Inclusive Development in Latin America. In: Ordóñez-Matamoros, Gonzalo; Orozco, Luis Antonio; Sierra-González, Jaime Humberto; Bortagaray, Isabel & García-Estévez, Javier (Eds.). *Policy and Governance of Science, Technology, and Innovation: Social Inclusion and Sustainable Development in Latin América* (pp. 1-11). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80832-7_1
61. Peña Daniel. (2002). *Análisis de datos multivariados.* Madrid: McGraw Hill.

62. Pierson, Paul. (2000). Increasing Returns, Path Dependence, and The Study of Politics. *American Political Science Review,* 94 (2), pp. 251-267.
63. Pinzón-Camargo, Mario A.; Ordoñez-Matamoros, Gonzalo & Kuhlmann, Stefan. (2020). Towards a Path-Transformative Heuristic in Inclusive Innovation Initiatives: An Exploratory Case in Rural Communities in Colombia. *Innovation and Development,* 12 (1), 135-154. https://doi.org/10.1080/2157930X.2020.1832029
64. Pla, Laura. (1986). *Análisis multivariado: método de componentes principales.* Washington: Secretaría General de la OEA.
65. Reina-Bermúdez, Luis; Alejo-Barrera, Didier y Devia-Merchan, Neider. (2018). Análisis regional de Colombia y su maldición de recursos naturales: cambios institucionales tardíos. *EURE,* 44 (131), pp. 125-150.
66. Restrepo, Juan Camilo. (2014). *Derecho presupuestal colombiano.* Bogotá, D. C.: Legis.
67. Ríos Hurtado, Alicia. (20 de septiembre de 2013). La financiación de la investigación en Colombia: desafíos y posibilidades. *XII Congreso «La Investigación en la Pontificia Universidad Javeriana».* Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D. C. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/15179/Rios.pdf?sequence=1
68. Robayo Castro, Beatriz Helena. (2021). El cambio de política en el sistema de la sociedad: evolución de la política de ciencia y tecnología en Colombia (tesis inédita de maestría). Universidad Externado de Colombia, Bogotá, D. C.
69. Romer, Paul M. (1991). El cambio tecnológico endógeno. *El Trimestre Económico,* 58 (231), pp. 441-480. http://www.jstor.org/stable/23397462
70. Romero García de Paredes, María José. (2014). *El impacto económico de la innovación: 10 razones por las que innovar.* Clarke, Modet y Cía.
71. Rubio, Carolina H. (2002). La teoría del crecimiento endógeno y el comercio internacional. *Cuadernos de Estudios Empresariales,* 12, pp. 95-112.
72. Salguero Cubides, Jorge. (2006). Enfoques sobre algunas teorías referentes al desarrollo regional. *Universidad Nacional Autónoma de México.* http://www.economia.unam.mx/academia/inae/pdf/inae5/515.pdf
73. Schot, Johan *et al.* (2020). *Transformando Nuestro Mundo: Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* TIPC. https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2020/03/Informe-Extendido-para-la-Misi%C3%B3n-de-Sabios_TIPC_March-2020.pdf
74. Smithson, Michael; Merkle, Edgar C. & Verkuilen, Jay. (2011). Beta Regression Finite Mixture Models of Polarization and Priming. *Journal of Educational and Behavioral Statistics,* 36 (6), pp. 804-831. https://doi.org/10.3102/1076998610396893
75. Stiglitz, Joseph E. & Greenwald, Bruce C. (2015). *La creación de una sociedad del aprendizaje: Una nueva aproximación al crecimiento, el desarrollo y el progreso social.* Crítica.
76. Scientific American. (2017, March 31). The World's Best Countries in Science. https://www.scientificamerican.com/article/the-worlds-best-countries-science/

77. Thomas, Hernán. (2010). Los estudios sociales de la tecnología en América Latina. *Íconos,* 37, pp. 35-53.
78. Valencia Agudelo, Germán Darío. (2022). Lineamientos conceptuales y programáticos para una política pública en capacidades para la divulgación científica en CTeI en Colombia. Manuscrito inédito.
79. Villamañan Alba, Maylen. (2016). The Conceptual Approaches from Vigotskian School to Social Representations Theory. *Psicologia em Estudo,* 21 (1), pp. 17-28. http://dx.doi.org/10.4025/psicolestud.v21i1.29663
80. Zurbriggen, Cristina y Darscht, Pablo. (2004). Más allá del Estado y el mercado: innovación y redes. En: Massera, Emma (coord.). *Trabajo e innovación en Uruguay. Problemas básicos de nuestra cultura productiva.* Montevideo: Trilce.