



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Modelo de Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación en Colombia**

**Hjalmar Arturo Melo Román**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial  
Bogotá, Colombia  
2022

# **Modelo de Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación en Colombia**

**Hjalmar Arturo Melo Román**

Tesis de presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones**

Director:

PhD. José Ismael Peña Reyes

Línea de Investigación:

Sistemas y Gestión de la Tecnología, la Información, el Conocimiento, la Innovación Tecnológica en  
la Industria y las Organizaciones

Grupo de Investigación en Sistemas y Tecnologías de la Información  
y de la Comunicación en las Organizaciones- GISTIC

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2022

*A Alejandra, José y Martina, los tres mecanismos causales que mueven mi realidad; a Ruby mi factor determinante, quien estaría muy feliz con esta dedicatoria; pero en especial, a quienes trabajan por transformar a Colombia en un país que cierra sus brechas regionales con base en la CTeI.*

# Agradecimientos

Agradezco a mi familia, mi esposa y mis hijos, quienes me han acompañado en este recorrido y han sido mi apoyo incondicional. Al Profesor Ismael Peña por su ayuda, su paciencia, confianza y empoderamiento que me ha brindado como director de esta tesis. A la Profesora Carolyn Beck, quien nos recibió, a mí y a mi familia, durante un año y medio en el Cordinated Science Laboratory de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign como investigador visitante. A Philip Paré quien me compartió sus desarrollos matemáticos y aprendí que el conocimiento se puede explicar como un contagio. También extendo mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, mi universidad de hoy y de siempre, que me ha permitido participar como docente, así como investigador en proyectos alternos y realizar aplicaciones que han sido resultado de esta tesis doctoral. Al Ministerio de Educación Nacional, fuente de información y de trabajo. A Minciencias por permitirme participar en la evaluación de proyectos del Fondo de CTeI, así como en el seguimiento del Programa Colombia Científica, motivos que dieron origen esta tesis doctoral. Finalmente, agradezco el apoyo financiero de Colciencias-Minciencias como beneficiario del programa de formación doctoral en el país.

# Resumen

## **Modelo de Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación en Colombia**

Colombia como un país en desarrollo se ha propuesto mejorar la Ciencia Tecnología e Innovación (CTI) en sus regiones. Por lo tanto, una de las apuestas en términos de política pública es el desarrollo y fortalecimiento de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) para incrementar las capacidades de CTI a nivel de región y mejorar así su desarrollo tecnológico, científico y socioeconómico. En este contexto, la Transferencia de Conocimiento (TC), desde las instituciones de educación superior hacia la estructura productiva y a la comunidad de estas regiones, tiene una estrecha relación con el desempeño de estos SRI. Por tanto, en este tipo de países es necesario entender cómo se desarrolla esta transferencia de conocimiento, específicamente vía capital humano, ya que está TC es un factor esencial que explica las capacidades de innovación y sus desarrollos socioeconómicos regionales. Esta investigación propone dos modelos, el primer modelo explica la Transferencia de Conocimiento por medio de la difusión de capital humano desde los nodos denominados universidades hacia los nodos conformada por las organizaciones de la base productiva en 7 regiones de Colombia. Este modelo también explica cómo la proporción de graduados absorbidos por cada región genera nuevos productos de conocimiento. La explicación del fenómeno es basada en el proceso epidémico susceptible-infectado-susceptible (SIS) sobre redes complejas, donde los parámetros de dispersión están relacionados con la capacidad de absorción y la inefectividad del proceso de difusión en la región. Adicionalmente, el modelo intenta explicar la dependencia de la generación de productos de conocimiento con la concentración de graduados en programas STEM (de sus siglas en inglés: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) y la complejidad de la estructura productiva del territorio. El segundo modelo explica la correlación positiva existente entre la alineación de la oferta educativa e investigativa de las IES con las necesidades y oportunidades de las regiones, alineación que contribuye con el desempeño de las innovación y competitividad de estos territorios. Para verificar los modelos, la investigación uso datos de 13 años consecutivos obtenidos de los sistemas de información del Ministerio de Educación, del Observatorio Ciencia y Tecnología de Colombia, así como los datos del Índice Departamental de Innovación y Competitividad de los años 2019 a 2021. Los hallazgos muestran que el modelo propuesto explica el fenómeno de transferencia de conocimiento, donde cada región es un nodo heterogéneo, porque cada región tiene diferentes parámetros de absorción y de inefectividad, así como diferentes configuraciones de la estructura productiva.

**Palabras clave:** sistema regional de innovación (SRI), modelo de transferencia de conocimiento, proceso de difusión, red compleja, susceptible-infectado-susceptible (SIS), capacidad de absorción, multimetodología

# Abstract

## **Knowledge Transfer Model from Universities to Regional Innovation Systems in Colombia**

Colombia as a developing country has decided to improve Science Technology and Innovation (STI) in its geopolitical regions. Therefore, the public policy has included the fostering and development of Regional Innovation Systems (RIS) to generate qualifications at regional levels. In this context, The Knowledge Transfer (KT) from universities to productive base, and community of those regions has a strength relationship with the effectiveness of the RIS. In these countries it is necessary to understand how the KT works, specifically via human capital, from universities to regions. This transfer is an essential factor to explain regional capabilities of innovation and their socioeconomic developments. This research proposes two models, the first one is a KT model of human capital from university nodes to productive organization nodes of seven Colombian regions, and how the proportion of graduates absorbed by each region generates new knowledge products. The phenomenon explanation is based on the susceptible-infected-susceptible (SIS) epidemic process over networks, where the spread parameters are related to the knowledge absorption capacity and the ineffectiveness of the spreading process in the region. In addition, the model tries to explain the dependence of knowledge products with Science, Technology, Engineering and Math (STEM) graduates and the productive structure complexity. The second model explains the positive correlation between the alignment of the educational and research offer of universities with regional needs and opportunities, where this alignment contributes to the innovation and competitiveness performance of these territories. To verify-validate the models, this research used the data of 13 consecutive years obtained from the information systems of the Education Ministry, as well as from the Science and Technology Observatory of Colombia. In addition, this study used data of the Innovation and Competitive Departmental Index from 2019 to 2021. Findings reflect that the proposed model explains the KT phenomenon, where each node or region is a heterogeneous node, because they have different absorption and ineffectiveness parameters, as well as diverse productive structure configurations.

**Keywords: regional innovation system (RIS), knowledge transfer model, spread process, complex network, susceptible-infected-susceptible (SIS), absorption capability, SIS, Multimethodology**

Esta tesis de doctorado se sustentó el 10 de noviembre de 2023 a las 9:00 a.m. y fue evaluada por los siguientes jurados:

*Luz Alexandra Montoya Restrepo (Phd.)*  
Profesora Facultad de Minas  
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

*Felipe Montes Jiménez (Phd.)*  
Profesor Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad de los Andes, Bogotá

*Diego Alejandro Torres Galindo (Phd.)*  
Profesor Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

La calificación de la tesis fue: “aprobada”, sin observaciones



# Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>IV</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VI</b>
<b>Contenido</b> .....	<b>IX</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Parte I: Marco Teórico</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Sistemas de Innovación</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Sistemas Nacionales de Innovación</b> .....	<b>8</b>
<b>1.2 Sistemas Regionales de Innovación</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 Modelos de Innovación</b> .....	<b>15</b>
1.3.1 El Modelo Lineal de Innovación (Modo 1) .....	15
1.3.2 Modelo de Innovación No Lineal (Modo 2).....	16
1.3.3 El Triángulo de Sábato .....	18
1.3.4 El Modelo de la Triple Hélice .....	18
1.3.5 Modelo de Cuádruple, Quintuple y N-hélices .....	19
<b>1.4 Sistema Nacional de CTeI Colombiano</b> .....	<b>21</b>
1.4.1 Desarrollo Institucional y Político del Sistema Nacional de Innovación Colombiano .....	21
1.4.2 Estructura y actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Colombiano –SNCTeI-.....	27
<b>1.5 Sistemas Regionales de Innovación en Colombia</b> .....	<b>36</b>
1.5.1 Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá (zona metropolitana).....	39
1.5.2 Santander y Norte de Santander .....	40
1.5.3 Diamante Caribe y Santanderes.....	41
<b>1.6 Sistema Educativo Superior Colombiano</b> .....	<b>42</b>
<b>2. Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación</b> .....	<b>45</b>
<b>2.1 ¿Qué es el Conocimiento?</b> .....	<b>46</b>
2.1.1 Perspectivas Acerca del Conocimiento.....	46
2.1.2 Tipos de Conocimiento .....	47
<b>2.2 El Proceso de la Transferencia de Conocimiento</b> .....	<b>49</b>
<b>2.3 La Transferencia de Conocimiento Universidad-Empresa-Sociedad</b> .....	<b>51</b>

2.4	La Transferencia de Tecnología .....	53
2.5	Los Sistemas Regionales de Innovación como Sistemas Complejos .....	54
2.6	La Transferencia de Conocimiento como un Proceso Epidémico sobre Redes Complejas .....	56
2.7	Encuadre de Teorías y Conceptos .....	57
3.	<b>Ontología, Epistemología y Metodología de la Investigación.....</b>	<b>59</b>
3.1	<b>El Punto de Vista del Realismo Crítico (RC).....</b>	<b>62</b>
3.1.1	La Ontología del Realismo Crítico. ....	63
3.1.2	El Rol de la Teoría en el Realismo Crítico. ....	65
3.1.3	El Rol de los Valores en el Realismo Crítico .....	65
3.2	<b>La Aproximación Multimetodológica.....</b>	<b>66</b>
3.2.1	Los Tres Mundos de Habermas.....	67
3.2.2	Las Fases del Proceso Investigativo .....	68
3.2.2	La Matriz Multimetodológica .....	70
3.2	<b>Diseño Multimetodológico .....</b>	<b>71</b>
3.3	<b>Diseño de la Matriz Multimetodológica de la Investigación.....</b>	<b>74</b>
	<b>Parte II: Desarrollo del Diseño y la Metodología de Investigación.....</b>	<b>79</b>
4.	<b>Identificación del Problema. ....</b>	<b>79</b>
4.1	<b>Identificación No Estructurada .....</b>	<b>79</b>
4.2	<b>Identificación Estructurada .....</b>	<b>82</b>
4.2.1	La TC Universidades-SRI como Situación Problemática Social.....	82
4.2.2	La Insuficiente TC Universidades-SRI desde la Formación de Alto Nivel .....	87
4.2.3	La TC Universidades-SRI como un Problema Científico.....	91
4.3	<b>Definición de Objetivos .....</b>	<b>95</b>
4.3.1	Objetivo General.....	96
4.3.2	Objetivos Específicos .....	96
4.3.4	Alcance de la Investigación.....	96
5.	<b>La Apreciación del Fenómeno TC U-R.....</b>	<b>97</b>
5.1	<b>Revisión Sistemática de la Literatura en la TC U-R.....</b>	<b>99</b>
5.1.1	Formulación de Preguntas de Investigación .....	99
5.1.2	Diseño y Análisis Descriptivo de la Búsqueda de Información.....	100
5.1.3	Proceso de Selección de los Artículos con Información Relevante y Lectura. ....	104
5.1.4	Análisis del Cuerpo de la Literatura.....	106
5.2	<b>La Resolución del Fenómeno de TC .....</b>	<b>109</b>
5.2.1	El Contexto y Alcance.....	109
5.2.2	Los Principales Agentes/Actores y sus propiedades.....	110
5.2.3	El Comportamiento de los Agentes .....	111
5.2.4	El Medioambiente de la TC U-R .....	112

5.2.5	Entradas y Salidas Presentes en la TC U-R.....	112
<b>5.3</b>	<b>La Resolución de la Falta de Alineación en TC U-R.....</b>	<b>114</b>
5.3.1	El Análisis de Texto para Determinar la Alineación U-R.....	114
<b>5.4.</b>	<b>La Re-descripción del Fenómeno de TC U-R .....</b>	<b>120</b>
5.4.1	La Transferencia de Conocimiento U-R Como Concepto.....	120
5.4.2	Los Canales de Transferencia de Conocimiento U-R .....	121
5.4.3	Factores Determinantes de la TC Universidad-Región.....	123
<b>6.</b>	<b>La Etapa de Análisis de la TC U-R .....</b>	<b>125</b>
<b>6.1</b>	<b>Las Estructuras y Mecanismos Causales Hipotéticos en la TC U-R .....</b>	<b>127</b>
<b>6.2</b>	<b>La Identificación del Sistema de TC U-R.....</b>	<b>128</b>
<b>6.3</b>	<b>La TC U-R Como un Proceso de Difusión Sobre Redes Complejas –Primer Modelo- 130</b>	
6.3.1	Trabajos Relacionados en Torno a la TC como un Proceso de Difusión .....	132
6.3.2	Desarrollo del Modelo Epidémico de TC U-R sobre una Red Compleja.....	134
6.3.3	Proceso y Resultados de la Identificación y Simulación de la TC .....	141
<b>6.4</b>	<b>La Alineación de la TC entre las Universidades y las Necesidades Regionales – Segundo Modelo-.....</b>	<b>150</b>
6.4.1	Trabajos Relacionados a la Alineación de la TC U-R.....	151
6.4.2	La Alineación en la TC U-R como Modelo Conceptual.....	152
6.4.3	La Identificación y Resultados del Índice de Alineación U-R.....	153
<b>6.5</b>	<b>Análisis de los Mecanismos Causales de la TC U-R y el Cumplimiento de Objetivos de la Investigación.....</b>	<b>158</b>
6.5.2	Verificación de los Mecanismos Hipotéticos.....	159
6.5.3	Cumplimiento en Torno a los Objetivos Específicos. ....	160
6.5.2	Cumplimiento en Torno al Objetivo General. ....	162
<b>7.</b>	<b>Etapas de Evaluación y Acción .....</b>	<b>163</b>
<b>7.1</b>	<b>Mejorar la TC U-R Afectando los Mecanismos Causales –Evaluación- .....</b>	<b>165</b>
7.1.1	Respecto a la Alineación.....	165
7.1.2	Respecto a la Absorción .....	168
7.1.3	Respecto a la Inefectividad o Pérdida de Conocimiento .....	171
7.1.4	Respecto a la Complejidad de la Estructura Productiva .....	171
7.1.5	Respuestas y Propuestas de la Sesión de Expertos .....	174
<b>7.2</b>	<b>La Etapa de Acción.....</b>	<b>176</b>
7.2.1	Acciones Para Mejorar la TC U-R.....	176
7.2.2	Eventos Académicos.....	180
<b>8.</b>	<b>Conclusiones y Observaciones .....</b>	<b>181</b>
<b>8.1</b>	<b>Conclusiones Generales .....</b>	<b>181</b>
<b>8.2</b>	<b>Desde el Marco Teórico y el Contexto.....</b>	<b>183</b>
<b>8.3</b>	<b>Desde el Realismo Crítico como Paradigma de Investigación.....</b>	<b>187</b>

---

8.4	Desde la Identificación y Apreciación .....	188
8.5	Desde los Modelos Explicativos y el Análisis.....	190
8.6	Desde la Evaluación y la Acción.....	192
8.7	Recomendaciones e Investigaciones Futuras.....	193
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>195</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>207</b>
A1.	Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	207
A2.	Relatoría Mesa Técnica de Expertos en Formación de Alto Nivel .....	227
A3.	Metodología de Identificación de Sistemas.....	237

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1-1: Sistema Nacional de Innovación. Adaptado de en Soete (2010).....	10
Figura 1-2: Interacciones entre los elementos del SIN OECD (1999, página 23).....	11
Figura 1-3: Sistema Regional de Innovación. Adaptado de P Cooke (2004); David Doloreux & Parto (2004); Schrempf et al. (2013, p. 11).....	14
Figura 1-4: Perspectiva Sistémica de los SRI. Perspectiva Sistémica de los SRI. Adaptado de Trippl y Tödtling, 2007; Llisterri, & Pietrobelli, 2011).....	15
Figura 1-5: Modelo Lineal de Innovación. Adaptado de Godin (2005). .....	16
Figura 1-6: Modelo No Lineal de Innovación – Modo 2. Adaptado de Nowotny et al. (2003).....	17
Figura 1-7: Modelo de la Triple Hélice. Etzkowitz & Leydesdorff (2000).....	19
Figura 1-8: Modelos de Innovación. Basado en Carayannis & Campbell, 2010, p. 62; Lew & Park, 2021).....	20
Figura 1-9: Componentes del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (Monroy, 2005, p. 21) .....	28
Figura 1-10: Clasificación de los Actores del SNCTeI según su actividad principal (adaptado de Colombia-Colciencias (2016a, p. 11, 13). .....	35
Figura 1-11: SRI como subsistemas de SNI construcción en base a S. Monroy (2012) .....	36
Figura 1-12: Ciudades principales de Colombia donde se ubican los SRI de Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá, Santander, Atlántico y otros (Fuente: IGAC, DANE). .....	39
Figura 1-13: IES y Sedes distribuidas en los departamentos de Colombia. Elaborado en base a datos de SNIES (Colombia-MEN, 2021b).....	43
Figura 2-1: Continuum de tácito a explícito (A. T. Alexander & Childe, 2012, p. 537).....	49
Figura 2-2: Proceso de Transferencia de Conocimiento entre IES y Organizaciones(A. T. Alexander & Childe, 2012, p. 539) .....	50
Figura 2-3: Dinámica y evolución de una red compleja (Wang & Sun, 2016, p. 4) .....	57
Figura 2-4: Secuencia de teorías que explican la transferencia de conocimiento universidad-región.. .....	58
Figura 3-1: Paradigmas de investigación, (construcción propia).....	59
Figura 3-2: Visión estratificada y causal del realismo crítico. Construcción basada en (Bhaskar, 2008; Sayer, 2000). .....	63
Figura 3-3: Los tres mundos de Habermas (Mingers & Brocklesby, 1997; Mingers, 2006). .....	68
Figura 3-4: Proceso de Investigación en el Realismo Crítico. Peña-Reyes (2010). .....	69
Figura 4-1: Comparativo de la tasa de vinculación laboral de los recién graduados en educación superior por departamento. Fuente OLE (2022) con corte a diciembre de 2021.....	84

Figura 4-2: Comparativo entre el número de las sedes activas y registradas de las IES en los departamentos y el desempeño del Índice Departamental de Innovación y Competitividad en Colombia. Fuentes: MEN-SNIES(2022) e IDIC en DNP(2022) con corte a diciembre de 2021.....	85
Figura 4-3: Graduados en formación de alto nivel e investigadores en Colombia. Fuentes: Estadísticas de Educación Superior MEN (corte a mayo 31 de 2022) e Investigadores Reconocidos Miniciencias (2019). Los datos con * de la serie Investigadores son proyectados.....	88
Figura 4-4: Graduados en formación de alto nivel en Colombia 2001-2018 por foco Misión de Sabios. Fuente: Bases de datos graduados SNIES corte a diciembre de 2018 (cálculos propios) (Colombia-MEN, 2022).....	89
Figura 5-1: Proceso de revisión de literatura adaptado de Achimugu et al. (2014).....	100
Figura 5-2: Documentos Publicados por año. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1 (consulta, 2 de agosto de 2022) .....	102
Figura 5-3: Tipos y Áreas de los Documentos Publicados de TC. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1 .....	102
Figura 5-4: Documentos Publicados por Patrocinador. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1 ... ..	103
Figura 5-5: Proceso de selección de los documentos relevantes en torno a los canales de TC (construcción propia) .....	105
Figura 5-6: Red de coautorías de los documentos del marco referencial en torno a la TC U-SRI. (construcción propia en VOSviewer en base a Ecuación 5.1).....	107
Figura 5-7: Dinámica de Transferencia de Conocimiento, (construcción propia).....	111
Figura 5-8: Modelo de Transferencia de Conocimiento, (construcción propia basada en Jaeger & Kopper (2014); Lau & Lo (2015); Miguelez & Moreno (2015)) .....	121
Figura 6-1: Esquema general entrada-salida de un sistema afectado por un disturbio externo o ruido. ....	128
Figura 6-2: Dinámica del modelo susceptible-infectado-susceptible (SIS) de dos estados. Adaptado de (Nowzari et al., 2016, p. 32). ....	136
Figura 6-3: Productos de conocimiento como una función de la proporción de graduados y el índice de complejidad de la estructura productiva.....	140
Figura 6-4: Transferencia de conocimiento de los nodos universitarios a los nodos de organización .....	141
Figura 6-5: Evolución del proceso de difusión de conocimiento en las regiones (contrasta los datos simulados VS los datos reales) .....	145
Figura 6-6: Evolución de la generación productos de conocimiento por región (contrasta los datos simulados VS los datos reales) .....	149
Figura 6-7: Proceso de alineación en la TC U-R , (construcción propia basada en A. T. Alexander & Miller, 2017; A. Alexander et al., 2020; Plantinga et al., 2020).....	153
Figura 6-8: Comparación Índice de Alineación Deptal. (IAD) VS Índice Deptal. de Innovación y Competitividad IDIC 2019 .....	157

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1:	Caracterización de los Actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Adaptado de Colombia-Colciencias (2016a); Monroy, (2005, 2006)..... 29
Tabla 1.2:	Estudios sobre SRI en Colombia (elaboración propia) ..... 37
Tabla 1.3:	Clasificación de las IES en Colombia (en base a Colombia-MEN, 2021a) ..... 43
Tabla 2.1:	Clasificación de los de Conocimiento, adaptado de Alavi, Maryam, E. Leidner (2001) 47
Tabla 2.2:	Aproximaciones al concepto de Transferencia de Conocimiento (TC) ..... 52
Tabla 2.3:	Contenido de los flujos de conocimiento transmitido (Dalmarco et al., 2019, p. 4). ... 54
Tabla 3.1:	Resumen de los paradigmas de investigación, tomado de Peña-Reyes (2010, pág 129) .. ..... 61
Tabla 3.2:	Estructura para mapear los métodos en la matriz de la multi-metodológica. Adaptado de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010) ..... 71
Tabla 3.3:	Matriz de la multi-metodológica. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010) ..... 75
Tabla 4.1:	Matriz de la multi-metodológica. Etapa de identificación. Adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010) ..... 80
Tabla 5.1:	Matriz de la multi-metodológica etapa de apreciación. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; José Ismael Peña-Reyes, 2010) ..... 98
Tabla 5.2:	Fuentes de Información y Herramientas (Elaboración propia) ..... 103
Tabla 5.3:	Variables de entrada y salida en el desempeño de un SRI. Elaborada con base en: (Colombia-Colciencias, 2016; Colombia-OCyT, 2015; Lau & Lo, 2015; Miguelez & Moreno, 2015; Ricyt et al., 2001)..... 113
Tabla 5.4:	Alineación Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación, Planes y Acuerdos Departamentales de CTel, Focos de la Misión de Sabios y Graduados de Maestrías y Doctorados 2001-2018..... 116
Tabla 6.1:	Matriz de la multi-metodológica etapa de análisis. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010) ..... 126
Tabla 6.2:	Estructura del GRAFO o Matriz de Adyacencia (Matriz “A”) del fenómeno de TC como proceso de difusión sobre una red compleja ..... 143
Tabla 6.3:	Parámetros de difusión del fenómeno de TC (Teoremas 3 y 4) y errores ..... 144
Tabla 6.4:	Parámetros y errores de la expresión que modela los productos de conocimiento ..... 147
Tabla 6.5:	Pesos ponderados por variable del <i>IAD</i> ..... 155
Tabla 6.6:	Resultados regresión <i>IAD</i> VS IDIC 2019..... 158
Tabla 7.1:	Matriz de la multi-metodológica etapas de evaluación y acción. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010) ..... 164



# Introducción

En el contexto de los sistemas de innovación; los cuales han sido definidos como territorios geopolíticamente autónomos, sistemas en sus diferentes niveles (nacional, regional, sectorial y local) y en sus diferentes configuraciones (triple, cuádruple, quíntuple y n-hélice) (Carayannis & Campbell, 2010; Etzkowitz et al., 2007; Lew & Park, 2021); se tiene que las universidades son uno de los actores fundamentales que soportan estos sistemas de innovación en los procesos de evolución científica y tecnológica. Adicionalmente, existe evidencia empírica para Colombia de que la presencia de sedes universitarias en las regiones tiene una relación positiva y no lineal ( $\alpha X^{\frac{1}{4}}$ ) con el desempeño en innovación y competitividad de los departamentos. A mayor presencia de las IES, mayor es el desempeño según el Índice Departamental de Innovación y Competitividad (IDIC-2021) (ver aparte 4.2.1).

Adicionalmente, el país le ha apostado a la innovación como motor de desarrollo tecnológico, científico, económico y social, de tal manera que Colombia en sus últimos tres planes de desarrollo (PND) 2010-2014; 2014-2018; 2018-2022, al igual que en su Política Nacional ha intentado promover a la Ciencia la Tecnología y la Innovación (CTeI) como uno de sus pilares (Colombia-DNP, 2015, 2021). Lo anterior, con el fin de generar capacidades que ayuden al crecimiento sostenible de la nación y de sus regiones. De manera paralela, en el 2012 se promulgó la ley del Sistema General de Regalías (SGR)<sup>1</sup> y se constituyó el Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación (FCTeI) con el fin de *“incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones”* (Colombia-Ley\_1530, 2012, p. 11; Colombia-Ley 2056, 2020), por medio de la estructuración e implementación de proyectos financiados por el SGR. Asimismo, en los documentos CONPES de política de CTeI 2015-2025, 2022-2031 (Colombia-DNP, 2015, 2021) el gobierno decidió profundizar la CTeI a nivel regional, por medio del fortalecimiento de los SRI. Esto con el propósito de dinamizar la innovación en las regiones y resolver las fallas del modelo centralizado que existía anteriormente.

Según los documentos de política nacional, la implementación de SRI tiene como objetivo corregir las fallas en torno a: talento humano, emprendimiento, investigación aplicada y local, transferencia de conocimiento y tecnología, y cultura de innovación (Colombia-DNP, 2015, 2016, 2021). Objetivos que tienen concordancia con lo planteado por los autores Hamm et al., (2012); Jaeger & Kopper, (2014);

---

<sup>1</sup> El SGR es el sistema que tiene la responsabilidad de determinar la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de los territorios colombianos como sus beneficiarios. En: <https://www.sgr.gov.co/Qui%C3%A9nesSomos/SobreelSGR.aspx>

Alexander & Childe (2012, 2013), quienes han argumentado que la TC U-R se da en una dinámica colaborativa, lo cual fortalece las relaciones entre las universidades y las organizaciones productivas y sociales externas a las IES. De manera paralela, se dice que un SRI es efectivo si: 1) el conocimiento, que transfieren las universidades es absorbido por las organizaciones públicas, privadas y sociales del territorio, de tal manera que los graduados locales sean absorbidos por el mercado laboral y 2) los proyectos colaborativos de investigación y aplicación son pertinentes con las apuestas productivas de la región, lo cual implica que debería existir una alineación entre el conocimiento transferido y las necesidades y oportunidades de desarrollo de los territorios donde se localizan estas universidades (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Göransson & Brundenius, 2011; Jaeger & Kopper, 2014). En ese sentido, la TC-UR determina la evolución y el grado de desarrollo de los SRI, de ahí la importancia de estudiar, entender y modelar el fenómeno de TC, de tal manera que, desde un punto de vista explicativo se determinen los mecanismos causales con el fin de intervenir y modificar las condiciones que permitan una mayor y mejor TC U-R.

La TC U-R tiene cinco canales o flujos que son: 1) las publicaciones y eventos académicos, 2) el capital humano representado por los graduados de las IES, 3) las iniciativas de emprendimiento, de las cuales se deriva el licenciamiento de patentes, certificados de explotación, las spin-off, las start-up, etc., 4) la investigación colaborativa universidad-empresa que usa grandes recursos y promueve la capacidad instalada, y 5) la movilidad y colaboración-cooperación que implica la gestión de relaciones y redes entre las IES y las organizaciones externas. Donde ese conocimiento es regulado por los intereses de las IES y por la capacidad de absorción de las regiones (Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014).

Es necesario decir que el alcance de esta investigación es estudiar la TC U-R vía capital humano, considerando el aporte de investigaciones previas, las que relacionan empíricamente el desarrollo de los SRI con la educación superior y las iniciativas de innovación aplicadas (Bulut & Kayakutlu, 2011; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Lau & Lo, 2015; Miguelez & Moreno, 2015). Adicionalmente, se consideró el interés de la política del país en desarrollar la CTeI a nivel regional, lo cual se lleva a cabo por medio de la educación superior de alto nivel para impulsar la innovación y la competitividad. Por ese motivo, se realiza el análisis y la explicación causal de la TC por medio de los graduados de maestrías y doctorados STEM. Capital humano que se mueve desde las universidades a las regiones o SRI, transmitiendo conocimiento a las organizaciones. Además, se ha dicho que ese conocimiento acumulado en las personas y organizaciones aumenta las capacidades de CTeI de los territorios y, en consecuencia, se dinamiza la producción de activos de conocimiento, nuevos procesos, nuevos productos, nuevas empresas, que al final del ejercicio contribuyen con el desarrollo económico, social y ambiental.

Colombia tiene tres problemas estructurales en torno a la transferencia de conocimiento vía capital humano de alto nivel. El primer problema es la escasez de graduados, ya que estos individuos son la base de los investigadores. A 2019 Colombia tenía registrados 335 investigadores por millón de habitantes, lo cual es bajo, ya que el promedio de Latinoamérica y el Caribe es de 935 y el de la OECD es de 4336 investigadores por millón de habitantes. El segundo problema es la falta de alineación entre la oferta educativa, investigativa y de extensión de las IES con respecto a las necesidades y oportunidades de las regiones. La falta de alineación hace que se formen maestros o doctores en campos donde el país o las regiones no los necesitan; por tanto, tienen poca probabilidad de ser absorbidos por la estructura productiva y esos individuos lleguen a ser una pérdida del sistema. El tercer problema es la falta de

articulación o colaboración-cooperación entre las IES y el sector productivo, lo cual limita la identificación de oportunidades en los dos lados del fenómeno, por lo que se limita la posibilidad de realizar investigaciones y emprendimientos conjuntos, iniciativas que al ser aplicadas a problemas reales generan capacidades, crean nuevas empresas, nuevos productos, de tal modo que contribuyen a la complejización de la estructura productiva, y por tanto al mejoramiento de capacidad de absorción de los territorios (UNAL-CID, 2020). En ese orden de ideas, se refuerza la necesidad de estudiar la TC U-R vía capital humano, ya que se requiere focalizar y hacer más eficiente dicha transferencia, dado que es un recurso valioso y escaso.

De acuerdo a los argumentos anteriores, esta investigación brinda dos aportes al conocimiento: el primero es la explicación científica de la TC Universidades-SRI vía capital humano, su dinámica y evolución, la cual es aplicada en las regiones de Colombia considerando un modelo matemático-estadístico que visualiza la secuencia causal del fenómeno. El modelo explica la movilidad de graduados hacia las regiones como un proceso epidémico S-I-S (susceptible- infectado-susceptible) sobre una red compleja, así como la identificación de los diferentes parámetros y mecanismos dinámicos que explican la heterogeneidad de la TC U-R. Dicha heterogeneidad es dada por la capacidad de absorción y de olvido o de ineffectividad de conocimiento recibido previamente, lo cual a su vez explica las diferencias en el desarrollo de las capacidades de CTeI de las regiones. El segundo aporte es la conceptualización y explicación teórico-empírica; desde un punto de vista sistémico y organizacional, y la construcción de un Índice Departamental de Alineación ( $I_{AD}$ ); de la alineación universidad-región entre la oferta educativa, investigativa y de extensión, y las necesidades y oportunidades de las regiones (Ackroyd, 2004; Bhaskar, 2008, 2010; S. Fleetwood & Ackroyd, 2004; Melo et al., 2018; Peña-Reyes, 2010)

En referencia a la metodología, el autor abordó la investigación desde el paradigma del Realismo Crítico (RC), tomando un enfoque práctico con el fin de dar un orden y una secuencia lógica al proceso. El paradigma supone que la TC U-R es una realidad independiente del investigador, pero que es susceptible de la interpretación de este. Lo práctico ha sido la habilitación para usar la combinación de diferentes métodos, metodologías y partes de estas (de acuerdo a la matriz multimetodológica ver Tabla 3.3) a medida que se avanzó en el proceso investigativo. Se superpusieron las dos primeras etapas de la metodología de Sistemas Suaves de Checkland, la revisión sistemática de literatura a lo largo del proceso, el análisis de texto para verificar las categorías de las apuestas productivas y de los proyectos de CTeI en planes y agendas departamentales, la metodología de construcción de modelos complejos del Instituto Santa Fe, y la metodología de identificación de sistemas, con la cual se construyeron los modelos matemáticos-estadísticos que explicaron el fenómeno.

El resultado más relevante de la investigación fue la identificación y verificación de los tres mecanismos causales de la TC U-R vía capital humano: 1) *La alineación* de la oferta educativa, investigativa y de extensión de las IES con las necesidades y oportunidades de las regiones, de la cual se puede decir que existe una correlación lineal positiva entre el grado de alineación con el desempeño de los SRI, medido por el Índice Departamental de Innovación y Competitividad. 2) *La capacidad de absorción* de las regiones, que es la posibilidad que tienen las regiones de usar el nuevo conocimiento que han recibido, el cual en teoría depende de la complejidad de la estructura productiva. Y 3) *La ineffectividad o pérdida de conocimiento del lado región*, que representa el no uso de conocimiento transmitido previamente, por ejemplo, el graduado que no está trabajando o está haciendo algo completamente diferente para lo que estudió.

Estos tres mecanismos causales pueden ser intervenidos y modificados para acelerar la TC desde estrategias y actividades de las IES, así como desde la política pública dando los incentivos requeridos para crear más empresas, para que las universidades movilicen su oferta, para que las empresas vean en los formados en alto nivel, una oportunidad de mejorar sus capacidades de innovación y competitividad.

## Esquema del Documento

La parte I del documento define el marco teórico y el contexto de la investigación, de tal manera que: en el capítulo 1 se presentan los conceptos y definiciones de los Sistemas de Innovación, tanto de nivel nacional, como regional y sus diferentes configuraciones, desde el Modo 1 hasta llegar a los modelos N-hélice especializados. También se caracteriza el SNI colombiano y los estudios realizados a los más importantes SRI del país. El capítulo 2 habla de las aproximaciones acerca del conocimiento, pero da un énfasis a la TC U-R. El capítulo 3 presenta el paradigma del Realismo Crítico y justifica porqué el autor aborda la investigación desde este paradigma, seguido del diseño metodológico que rige el desarrollo del proceso investigativo.

La parte II del documento es la aplicación y desarrollo del diseño metodológico, como sigue: El capítulo 4 hace la identificación del problema, tanto desde el contexto no estructurado, como también de las fuentes estructuradas en los datos empíricos y en la literatura científica, de donde se ve la pertinencia social, al detectar tres problemas estructurales del fenómeno de TC U-R vía capital humano, pero también la pertinencia de explicar científicamente el fenómeno con base a los mecanismos causales que lo están generando (la alineación U-R, la absorción de la regiones y la pérdida de conocimiento por falta de pertinencia de formación). El capítulo 5 o etapa de apreciación utiliza la revisión de la literatura y redescubre el fenómeno de la TC U-R a la luz de los autores estudiados y propone un modelo conceptual que describe cómo sucede el fenómeno de TC-UR. Adicionalmente, desde datos empíricos tomados de las ADCI<sup>2</sup> de MinCIT<sup>3</sup> y de las apuestas de desarrollo científico y tecnológico consignados en los PAED<sup>4</sup> de Minciencias resuelve la existencia del problema de falta de alineación entre la oferta de las IES y las necesidades de las regiones. El capítulo 6 o etapa de análisis desarrolla los dos modelos que explican y develan los tres mecanismos causales de los problemas en la TC U-R. Adicionalmente, desde un proceso de simulación, se verifica la coherencia de los modelos al contrastarlos con lo que sucede en la realidad. El capítulo 7, correspondiente a las etapas de evaluación y acción, propone algunas estrategias y acciones que se deben realizar y se han realizado para corregir los tres problemas detectados en la investigación. Finalmente, el capítulo 8 es la recopilación de las conclusiones generales y específicas, tanto del marco teórico como del proceso investigativo; sumado a ello se presentan las recomendaciones y líneas futuras de investigación.

---

<sup>2</sup> Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación

<sup>3</sup> MinCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

<sup>4</sup> Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales de CTeI

## **Parte I: Marco Teórico**

Este apartado de documento presenta las categorías conceptuales que serán usadas para presentar el contexto, definir el problema, así como mostrar el desarrollo del proceso investigativo y finalmente formular las conclusiones basadas en los datos empíricos usados al contrastarse con la teoría propuesta.



# 1. Sistemas de Innovación

El concepto de los sistemas de innovación (SI) surgió como un marco teórico que ha permitido explicar cómo la innovación, o la “*destrucción-creativa*” en términos de Schumpeter, ha contribuido en el desarrollo científico, económico y social en los diferentes países alrededor del mundo. El estudio sistémico de cómo la innovación ha generado trayectorias de evolución tecnológica en las empresas se puede observar a mediados de los años 70, pero el origen de este concepto de Sistema de Innovación (SI) es propuesto en los años 80 por Christian Freeman (1995), quien toma como base el trabajo del economista alemán Frederick List de 1841 denominado “Sistemas nacionales de economía política” en (List, 1997). Ello con el fin de argumentar que es necesario generar políticas públicas que promuevan el progreso tecnológico, económico y social; políticas que deben estar ajustadas a las particularidades de los países, considerando los diferentes niveles de desarrollo. Adicionalmente, propone que los gobiernos deben promover la construcción de infraestructura tecnológica y fortalecer la competitividad económica para alcanzar considerables niveles de progreso (Warnke et al., 2016).

Continuando con la misma línea de Freeman, Edquist (2001) propone que un sistema de innovación está definido como toda la serie de elementos económicos, políticos, sociales, organizacionales e institucionales, así como los demás factores que contribuyen en el desarrollo, la difusión y el uso de la innovación, para lo cual caracteriza este tipo de sistemas en los siguientes elementos: 1) las instituciones y organizaciones públicas y privadas, universidades, firmas innovadoras, productores de tecnología, intermediadores, financiadores y todos los actores que promueven la innovación; 2) las interacciones entre los actores, ya que de manera aislada no se produce innovación; 3) la demanda como una perspectiva no lineal de la innovación, que considera el aprendizaje, en la transferencia de conocimiento, como un proceso sistémico; 4) los niveles de desarrollo tecnológico que es proporcional a la capacidad de la región y de los actores de aprender y generar innovación; 5) las diferencias y ventajas comparativas, ya que cada territorio donde se desarrolla un sistema de innovación tiene sus particularidades y oportunidades; y 6) la relevancia que los gobiernos nacionales o regionales le dan a la innovación como política de desarrollo (Warnke et al., 2016).

Desde un punto de vista no instrumental, en los trabajos de B.-Å. Lundvall, (1992) y B.-A. Lundvall, Joseph, Chamonade, & Vang, (2009) se plantea que un Sistema de Innovación en primera instancia es un sistema social, en el cual su principal actividad es aprender, que a su vez, es una actividad social que involucra la interacción entre las personas, por tanto posee características de reproducción de conocimiento, tanto individual como colectivo. Además, los elementos del sistema se fortalecen uno a otro promoviendo los procesos de aprendizaje e innovación y generando ciclos evolutivos en todos los subsistemas y sus actores.

El presente trabajo se enmarca en los sistemas regionales de innovación (SRI), que desde la perspectiva de la economía geográfica, son subsistemas que conforman el sistema nacional de innovación (SNI). Los

cuales, aunque están en diferentes niveles poseen estructuras similares. A continuación, se describen los sistemas nacionales y los sistemas regionales de innovación.

## 1.1 Sistemas Nacionales de Innovación

Los sistemas nacionales de innovación (SNI) han sido conceptualizados por tres autores seminales, Freeman (1995), B.-Å. Lundvall (1992) y Nelson (1992) quienes ubican la promoción y el desarrollo de la innovación a nivel de estado o nación y convergen en decir que un sistema nacional de innovación se constituye por elementos tales como personas, organizaciones, leyes y sus relaciones; elementos que interactúan en la producción, difusión y uso de nuevo conocimiento que pueda generar réditos económicos. Lo anterior enmarcado y localizado al interior de una nación. También se argumenta que el conocimiento es el recurso esencial de la innovación donde el aprendizaje es el proceso de mayor relevancia, ya que estos elementos favorecen la transformación del conocimiento en aplicaciones o actividades económicas, las cuales contribuyen al desarrollo socioeconómico de los países. El concepto de SNI hace énfasis en analizar las interacciones de los actores que hacen parte de los procesos de innovación, de cómo se generan y se potencian esas relaciones a la luz de los factores sociales, institucionales y políticos (Carayannis, Barth, & Campbell, 2012; B. Lundvall, 2007; Schrempf, Kaplan, & Schroeder, 2013).

La literatura reconoce que el concepto de los SNI propuesto por Freeman y Lundvall a finales de los años 80 e inicios de los 90 proviene de la idea desarrollada por Frederich List en 1841 en su trabajo llamado “Sistemas Nacionales de Economía Política” donde los gobiernos de los países deben intervenir con política pública y con recursos en aquellas iniciativas necesarias para el desarrollo que nos son movidas por el libre mercado. Si se extrapola eso al contexto actual de nuestros países, el concepto aplica en la necesidad de desplegar las políticas y proyectos de Ciencia la Tecnología e Innovación (CTeI).

El concepto de SNI es inicialmente aplicado en 1987 por Freeman para explicar el desempeño histórico de la innovación en Japón, así como la influencia de los sistemas de educación, las relaciones industriales, las instituciones científicas, las políticas de gobierno, la cultura en el desarrollo tecnológico y económico de países como Alemania, la antigua Unión Soviética, países de Este Asiático y Latinoamérica (Freeman, 1995; Groenewegen & Van der Steen, 2006). El estudio realizado para estos países, pero en especial para Japón, se centró en observar las interacciones entre tecnología, el involucramiento social, el crecimiento económico y el fortalecimiento del sistema por medio de los lazos de realimentación o de relacionamiento en doble vía.

Este análisis tomó en consideración los siguientes cuatro aspectos: a) El rol de la política pública, en especial el del ministerio industria y de comercio internacional. b) El rol de la investigación y el desarrollo (I+D) en la industria y su acumulación de conocimiento para producir ventajas de desarrollo. c) El rol del capital humano y las capacidades de innovación, así como la organización de trabajo. Y, d) el rol de los conglomerados como fuentes de innovación a lo largo de las cadenas de valor de las industrias.

De manera paralela, B.-Å. Lundvall (1992) se preocupó por el papel que tiene la producción y difusión de conocimiento con el potencial de generar innovación, el cual se puede gestionar desde lo institucional

y resalta el papel que debe asumir el gobierno nacional en los procesos que aceleran el aprendizaje y de gestión de conocimiento. El argumento principal de este autor es que la llave del progreso es el aprendizaje como la base de la innovación, donde es necesario entender cómo los diferentes modos de innovación se complementan y se fortalecen en el contexto nacional. Inicialmente, Lundvall propone cuatro módulos o dimensiones generales de los SNI: a) Las fuentes de innovación como las organizaciones industriales y empresas que es donde sucede la innovación. Es aquí donde suceden las acciones de los actores que lideran la innovación, considerando también los procesos de aprendizaje y exploración. b) La infraestructura que genera conocimiento como las universidades e institutos tecnológicos. c) Los tipos o modos de innovación donde reconoce la innovación radical y la innovación incremental que se aplican a diferentes contextos. d) Las interacciones entre las organizaciones productivas de los diferentes sectores que se ajustan a la forma de innovar de cada organización. (B.-Å. Lundvall, 1992; B. Lundvall, 2007).

En ese mismo sentido, Nelson (1992), considerando el estudio de 15 países, se concentra en aquellas organizaciones que determinan el desempeño en innovación tecnológica, especialmente en las interacciones que dinamizan la innovación y sus posteriores efectos. En otras palabras, estudia el cómo y el por qué las diferentes organizaciones y actores del sistema colaboran. Su interés ha sido en estudiar la dinámica de las instituciones que trabajan en el sector de la Ciencia y Tecnología (CT), así como aquellas que les brindan soporte, entre ellas las universidades e instituciones que realizan investigación y desarrollo (ID) (Groenewegen & Van der Steen, 2006; Nelson, 1992).

Es importante decir que los conceptos y modelos descritos inicialmente han evolucionado, pero han sido el fundamento de las propuestas actuales porque conservan todos los elementos de estos tres autores paradigmáticos que han sido usados ampliamente en el campo de los estudios de innovación o para la innovación, aceptados y aplicados en la construcción de políticas públicas y estrategias, tanto en países desarrollados, como en países en desarrollo con el fin de fomentar y promover la innovación como elemento de desarrollo tecnológico, económico y social. Propuestas que han considerado la idea de intervención del estado de Freeman, la interacción de las instituciones de Nelson, y la creación de conocimiento social como el recurso más importante y el aprendizaje de Lundvall como mecanismo principal para la innovación (Schrepf et al., 2013; Soete, Verspagen, & Weel, 2010).

Estos elementos se observan desarrollados en la propuesta conceptual acerca de los SNI de Soete et al. (2010) quienes proponen 5 dimensiones o elementos principales (Figura 1.1).

El primer elemento es constituido por las fuentes de innovación, desde la perspectiva económica se enfoca en los análisis de la investigación y el desarrollo (ID) que proviene de las instituciones generadoras de conocimiento como las IES, los centros de investigación. Además, se reconoce que la innovación emerge también de las relaciones entre los productores y consumidores, así como del uso de nuevas herramientas tecnológicas. En otras palabras, las fuentes de innovación se presentan igualmente en la industria a lo largo de la producción, distribución y consumo (B.-Å. Lundvall, 1992; Soete et al., 2010).

El segundo elemento involucra a las instituciones públicas y privadas, comerciales y no comerciales, pero en especial, cómo estas organizaciones conforman sus relaciones. Instituciones que son parte del SNI para crear la base e implementar las políticas de innovación. Adicionalmente, se hace necesaria la

existencia de estructuras de gobierno confiables y robustas para implementar políticas de innovación a nivel nacional y de largo plazo (B.-Å. Lundvall, 1992; Soete et al., 2010).

**Figura 1-1:** Sistema Nacional de Innovación. Adaptado de en Soete (2010)



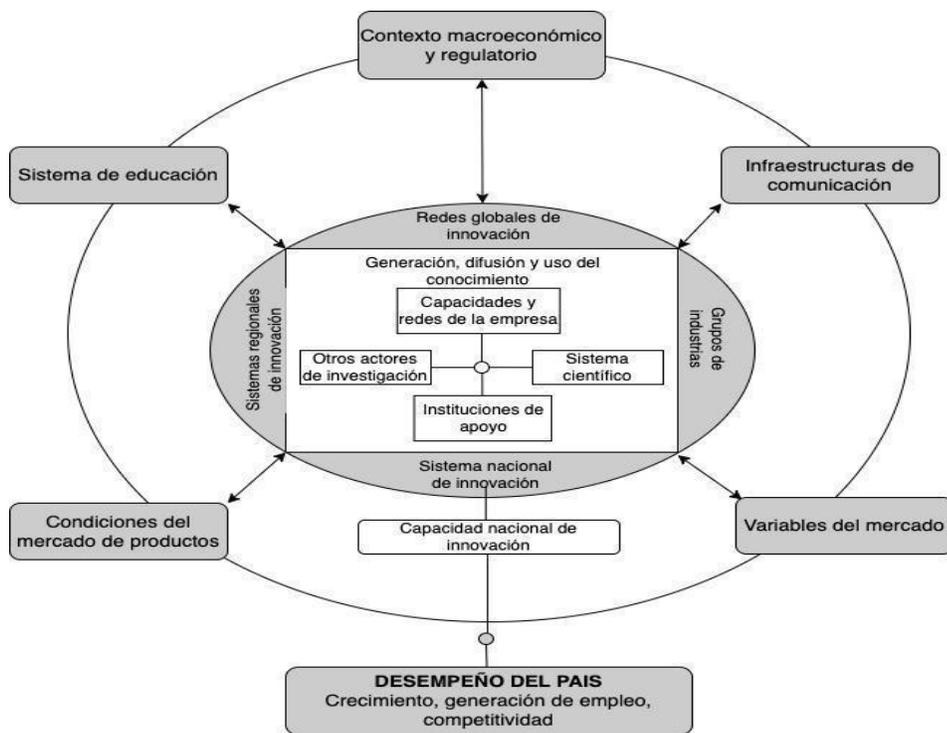
El tercer elemento es el aprendizaje interactivo, el cual está conectado con la cuarta dimensión denominada interacción. Se dice que la interacción produce innovación, en ese orden de ideas, los SNI son capaces de generar un entorno de producción continua de conocimiento, uso e innovación. Además, dichas interacciones son mayormente gestionadas por las instituciones, por tal motivo, es necesario garantizar un manejo eficiente de aquellas interacciones en beneficio de lograr un correcto desempeño del SNI en su conjunto (B.-Å. Lundvall, 1992; Soete et al., 2010).

Como quinto elemento, se considera el capital social asociado a la confianza entre actores e instituciones del SNI. Se tiene que en los SI de madurez avanzada existe un mayor grado de confianza; por lo tanto, un mayor capital social ya que los actores están dispuestos a colaborar con las nuevas iniciativas de innovación y contribuyen a disminuir los riesgos que conlleva este ejercicio por naturaleza. Se argumenta que la confianza entre los actores del sistema influye positivamente en la tasa de innovaciones, y reduce el riesgo de financiación de la actividad innovadora (Schremppf et al., 2013; Soete et al., 2010).

La OECD (1997) toma los elementos descritos anteriormente y propone que el concepto de SNI está fundamentado en el entendimiento de los enlaces o relaciones existentes entre los actores que hacen parte de los procesos de innovación, los cuales son la clave para mejorar el desempeño tecnológico de una nación. En consecuencia, la innovación y el desarrollo tecnológico son el resultado del relacionamiento complejo entre los actores que producen, distribuyen y aplican la diversidad de conocimiento. Es así como el desempeño innovativo de una nación depende de cómo los actores se relacionan entre sí, los cuales son parte de un sistema colectivo de creación y uso del conocimiento y la tecnología. Los actores principales de ese sistema son las empresas, las universidades, los centros de investigación y las personas que apoyan y facilitan los procesos de innovación e investigación.

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación en Colombia (Minciencias) ha definido el Sistema Nacional de Innovación<sup>5</sup> (SNI), como “un sistema abierto que involucra las políticas, programas, estrategias, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación y divulgación de la investigación científica y la innovación tecnológica, donde se encuentran actores como organizaciones públicas, privadas o mixtas que realicen o promuevan el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas y de innovación”.

**Figura 1-2:** Interacciones entre los elementos del SIN OECD (1999, página 23)



La figura 1.2 muestra una aproximación a las relaciones de los diferentes elementos de un SNI propuesto por la OECD (1999) así como la interacción con otros SI. Este modelo ha sido ajustado a diferentes propuestas nuevas y ha servido de base para la generación de políticas públicas en torno a la innovación nacional de países desarrollados y en desarrollo. Esta visión sistémica ha ayudado a justificar ampliamente el desarrollo de las relaciones de colaboración entre la universidad y la industria, así como promover la democratización del conocimiento tanto a las personas como a las organizaciones para aumentar las capacidades de innovación. Adicionalmente, el modelo ha promovido que se genere una preferencia de construcción de política pública en innovación “bottom-up” de abajo hacia arriba contemplando las necesidades de las personas, las organizaciones y las regiones (Schrempf et al., 2013; Soete et al., 2010).

<sup>5</sup> Tomado de: <https://sba.minciencias.gov.co/preguntasfrecuentes/show/question/52/> consultado febrero 19 de 2022.

## 1.2 Sistemas Regionales de Innovación

El punto de vista de los SNI supone que existen características y capacidades homogéneas, tales como desempeño económico, pobreza, inversión en CT&I, en todas las regiones que conforman un país, lo cual no refleja la realidad de los territorios. Esto ha llevado a la creación del concepto de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI), en donde una “región” es un área geográfica determinada dentro de un país, de tal manera que el concepto de SRI se enmarca en la serie de relaciones y las dinámicas que existen entre tecnología, innovación, desarrollo científico-tecnológico, económico y social en dicha región. En otras palabras, la perspectiva de los SRI hace énfasis en la dimensión regional-local acerca de la producción, transferencia, explotación y uso del nuevo conocimiento.

Las contribuciones para conceptualizar los SRI, en su gran mayoría, emergen de la geografía económica para explicar el papel que tienen las instituciones y organizaciones respecto a la concentración de las actividades de innovación; asociados también a conceptos como clústeres regionales, distritos industriales, tecno-parques, regiones de aprendizaje y demás conceptos y aportes; que al final, contribuyen en la explicación de las diferencias entre las regiones en capacidades tecnológicas, de innovación, de competitividad y desarrollo socioeconómico (P Cooke, 2004; Philip Cooke, 2012; Philip Cooke, Gomez Uranga, & Etxebarria, 1997; D Doloreux & Parto, 2004).

Doloreux & Parto (2004) proponen que los SRI están constituidos por 3 dimensiones: 1) el intercambio de conocimiento por medio de la interacción de los actores; 2) la relevancia de las instituciones para la innovación regional y; 3) la política de innovación regional.

La primera dimensión se encarga de la generación e intercambio de conocimiento en la región, donde la innovación se da de manera creciente debido a ese intercambio y a las interacciones entre los diferentes actores que participan en los procesos de innovación, entre ellos están las empresas, los clientes, las universidades, los centros de investigación, las organizaciones públicas, y los centros y oficinas de transferencia tecnológica. Lo anterior en un contexto de cercanía geográfica donde la difusión tácita de conocimiento se beneficia por la cercanía y las interacciones persona a persona entre los diferentes actores del sistema, lo cual acelera los procesos de colaboración y aprendizaje (David Doloreux & Parto, 2004; B.-A. Lundvall et al., 2009; Schrepf et al., 2013).

En el contexto regional, la interacción entre las organizaciones genera las redes de innovación y entre más intensivas sean esas interacciones, mayor es el grado de interdependencia, de tal manera que se difunde rápido y fácilmente el conocimiento, creando las condiciones de concentración regional (clusters) de actores especializados. Por lo tanto, se generan las mejores condiciones para el desarrollo de una economía basada en el conocimiento y potenciada por la innovación (David Doloreux & Parto, 2004; B.-A. Lundvall et al., 2009; Schrepf et al., 2013).

La segunda dimensión acerca de la importancia de las instituciones en el contexto de la innovación regional hace referencia al soporte institucional para la creación y difusión del conocimiento, de tal manera que este llegue a ser usado y explotado. Cuando se habla de instituciones se toma el sentido amplio de este concepto, lo cual incluye organizaciones del gobierno, las leyes, regulaciones, incluso

hasta aquellas organizaciones que mueven la cultura de la innovación. Estas instituciones deben promover las relaciones e interacciones, estableciendo redes, entre las organizaciones y los diferentes actores que hacen parte de la estructura del SRI (David Doloreux & Parto, 2004; B.-A. Lundvall et al., 2009; Schrempf et al., 2013).

La tercera dimensión se asocia con el rol de la política de innovación a nivel regional: cómo la política de nivel nacional influye en los SRI. El cómo tiene que considerar que las capacidades y oportunidades de las diferentes regiones, así como sus actividades de innovación se distribuyen geográficamente a lo largo de estas, por lo cual se deben aplicar políticas diferenciales para los territorios, fortaleciendo el interactuar y el aprendizaje entre estas regiones, y tomando en cuenta las experiencias de cada una de ellas. Estas políticas deben acercar al ciudadano a la innovación y cerrar brechas entre las capacidades y oportunidades de las regiones (David Doloreux & Parto, 2004; B.-A. Lundvall et al., 2009; Schrempf et al., 2013).

Una aproximación a un SRI se muestra en la Figura 1.3, la cual condensa gran parte de los elementos que se han tocado en los párrafos anteriores, en ella se destacan actores como el gobierno regional, las universidades, las empresas y sus concentraciones o clusters en torno a capacidades específicas, los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología, así como las interacciones con los sistemas externos.

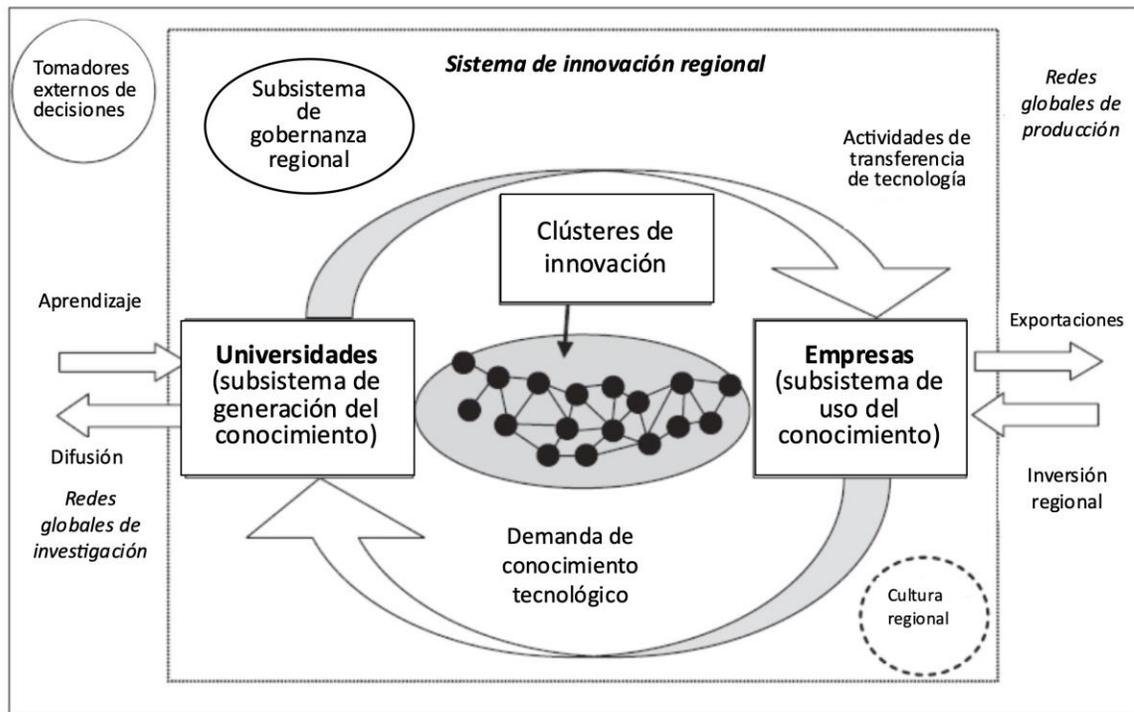
Según la literatura revisada, se pueden observar cinco aproximaciones al concepto de Sistema Regional de Innovación (SRI), las cuales están fundamentadas en: 1) el desarrollo regional de la ciencia; 2) en la política económica; 3) el enfoque sistémico de la economía evolucionista; 4) la visión desde los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI); y 5) la perspectiva sistémica con sus respectivos subsistemas.

En primera instancia, (Braczyk, Cooke, & Heidenreich, 2004; P Cooke, 2004; Philip Cooke et al., 1997), plantean que los SRI tienen su origen en el postulado del desarrollo regional de la ciencia. El cual es considerado como una nueva visión de la geografía económica. Esta perspectiva hace énfasis en la localización y los efectos socioeconómicos de la industria de la tecnología en los territorios, como también el estudio de las relaciones entre los agentes y las políticas de innovación (Kim & Margo, 2004).

En segunda instancia está la definición de los SRI, en términos de política económica de los países (Freeman, 1995; List, 1997) aplicada a las regiones. Cualquier territorio definido geográfica y políticamente que posea alguna capacidad de gobierno autónomo y comparta sus valores culturales, presenta condiciones que vinculen la gobernanza y el sistema económico, de modo que es posible el desarrollo de políticas regionales de innovación (Bilbao-Osorio, 2009; Philip Cooke & Memedovic, 2003).

El tercer planteamiento proviene de la economía evolucionista. Concepto que analiza el proceso de innovación desde un enfoque sistémico e interactivo entre agentes, que además plantea que el proceso es no-lineal, e inserta el aprendizaje como el principal elemento dinamizador de los SRI (Audretsch & Feldman, 2004; Braczyk et al., 2004; Philip Cooke et al., 1997; Groenewegen & Van der Steen, 2006).

**Figura 1-3:** Sistema Regional de Innovación. Adaptado de P Cooke (2004); David Doloreux & Parto (2004); Schrempf et al. (2013, p. 11)



En cuarto lugar, se tiene el concepto derivado de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) (Freeman, 1995; List, 1997; B.-Å. Lundvall, 1992). Este planteamiento hace énfasis en la relevancia de los sistemas locales de innovación. Además, propone al SRI como la unidad de análisis adecuada para el establecimiento de las competencias de una economía. En otras palabras, el concepto de los SRI emerge de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI), el cual concibe las competencias de los países de forma global, para trasladarlo a una perspectiva multinivel y regional, donde el SRI es la unidad dinamizadora territorial (Philip Cooke et al., 1997; Philip Cooke & Memedovic, 2003; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Yam, Lo, Tang, & Lau, 2011).

En los SRI también funcionan los distintos agentes económicos, sociales y políticos, por lo tanto, deben articularse los elementos como instituciones, políticas y redes, de tal forma que contribuyan a la generación de conocimiento y a su aplicación para que exista innovación. Articulación necesaria para garantizar el bienestar y el crecimiento socio-económico de una región (P Cooke, 2004; Philip Cooke et al., 1997; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Yam et al., 2011).

El quinto concepto proviene del enfoque sistémico (Figura 1.4). Esta perspectiva plantea que los SRI se conforman por cinco subsistemas, donde se involucran actores y redes conjugados en un proceso de aprendizaje colectivo. El primer subsistema es el responsable de la generación de conocimiento, el que incluye a las universidades y los demás centros públicos y privados de investigación. El segundo subsistema es el que usa ese conocimiento y lo hace productivo en las empresas. El tercer subsistema lo conforman los agentes que apoyan la innovación, tales como los centros tecnológicos y las empresas

que producen y hacen uso de alta tecnología. El cuarto subsistema es el que financia las actividades de innovación. Todo lo anterior regulado por el quinto subsistema, formado por las organizaciones del gobierno y las agencias de desarrollo (Carayannis & Campbell, 2012; Llisterri, & Pietrobelli, 2013; Trippel & Tödtling, 2007)

**Figura 1-4:** Perspectiva Sistémica de los SRI. Perspectiva Sistémica de los SRI. Adaptado de Trippel y Tödtling, 2007; Llisterri, & Pietrobelli, 2011).



En síntesis, un SRI es el resultado de un proceso de creación y evolución de instituciones, normas, agentes, políticas y redes que se generan entre los elementos del sistema, con el objetivo de ayudar a la formación, conservación y multiplicación de las dinámicas de los procesos de innovación en un territorio determinado (Philip Cooke et al., 1997; Landabaso, Oughton, & Morgan, 1999; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Yam et al., 2011)

### 1.3 Modelos de Innovación.

En la necesidad de organizar y entender el relacionamiento de los actores que forman parte los sistemas de innovación se han construido diferentes modelos conceptuales. Si se hace un repaso en la historia reciente de las políticas públicas de ciencia y tecnología que se expandieron en el mundo, incluida América Latina, después de la Segunda Guerra Mundial, se pueden identificar los siguientes modelos:

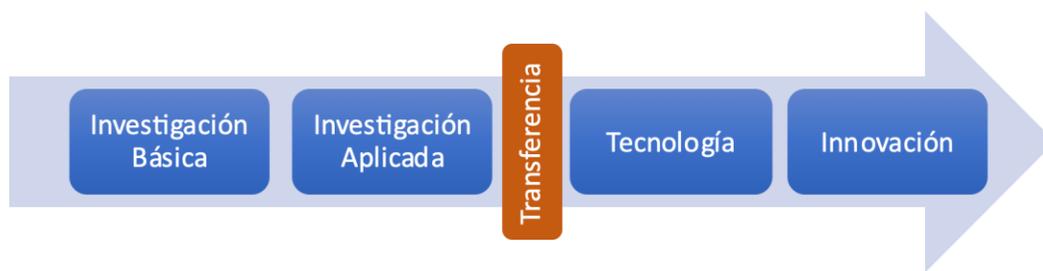
#### 1.3.1 El Modelo Lineal de Innovación (Modo 1)

El inicio del modelo lineal de innovación o paradigma tecno-económico, está implícito en el informe de Vannevar Bush: *Ciencia, la frontera sin fin*, documento que es considerado uno de los primeros

referentes teóricos que explican la relación de la ciencia y la tecnología con la economía. Vannevar Bush en 1945 presentó el informe *Ciencia, la última frontera* al presidente de los Estados Unidos y se considera que este trabajo es el primer documento que describe el modelo lineal de innovación. Bush aportó en su producción el concepto de la ciencia como el motor que empuja el desarrollo económico y el bienestar de una sociedad, de ahí la necesidad de impulsarla por mecanismos de política pública, en términos de una política nacional de investigación, que históricamente en ese periodo del gobierno en la planeación estratégica de Estados Unidos no estaba declarada de manera explícita como parte del desarrollo de largo plazo del país. El informe no presenta de manera formal el modelo lineal de innovación, pero lo describe con claridad, ya que muestra en su contenido las etapas de: investigación básica; posteriormente, la investigación aplicada y desarrollo; seguido de la producción y el despliegue del conocimiento al sector empresarial por medio de publicaciones (Godin, 2005; Vannevar Bush, 1999)

El modelo que considera el proceso de innovación como una sucesión de distintas etapas (Figura 1.5), estuvo presente alrededor de cuarenta años, y aún forma parte de los indicadores de ciencia y tecnología. Se argumenta que la larga existencia del modelo lineal de Bush se explica por la fortaleza de los estadísticos generados en torno al modelo, ya que con base en este modelo se construyeron indicadores y categorías para cuantificar la inversión de los países en ciencia y tecnología (Godin, 2005; Sanz Merino, 2008)

**Figura 1-5:** Modelo Lineal de Innovación. Adaptado de Godin (2005).



En la última década del siglo XX, el modelo lineal fue criticado, argumentando la desigualdad económica entre los países y su población. El modelo producía déficit del bienestar de la sociedad para algunos y riqueza para otros pocos. El hecho de manejar la ciencia y la tecnología desde un punto esencialmente disciplinar científico, sin tener en cuenta la participación de la sociedad, produjo una movilización en torno a la imperante necesidad de un cambio en la forma de producir ciencia, motivando la aparición de modelos alternativos no lineales, aplicados y aquellos creados de manera participativa (Gibbons et al., 1994; Sanz Merino, 2008)

### 1.3.2 Modelo de Innovación No Lineal (Modo 2)

En contraste al modelo lineal, para el modo 2, la forma de producción de conocimiento científico se genera en un entorno de transdisciplinariedad, en un ambiente económico y social donde se da respuesta a los problemas existentes en un contexto de aplicación (Figura 1.6). En el modelo no lineal

existen realimentaciones inmediatas que permiten dar respuesta a las necesidades emergentes a lo largo de todo el proceso de operación del sistema. La literatura plantea que se ha generado una transformación en la forma de producir conocimiento, desde la basada en el modelo lineal de innovación hacia el modelo de innovación no lineal. En el modelo no lineal se toma en cuenta la interactividad y la recursividad, entonces la comunicación, las redes y las relaciones toman un rol protagonista en el desarrollo de la ciencia en doble vía entre los científicos y la sociedad en general (Etzkowitz, Asplund, & Nordman, 2001; Etzkowitz & Leydesdorff, 1998; Nowotny, Scott, & Gibbons, 2003).

**Figura 1-6:** Modelo No Lineal de Innovación – Modo 2. Adaptado de Nowotny et al. (2003)



De esta manera, la perspectiva y las unidades de análisis de los sistemas no lineales se enfocan hacia la reflexividad cambiando el paradigma de la causalidad y la teoría clásica de las fuerzas del mercado, por nuevos elementos conceptuales como metáforas biológicas, geométricas, teoría de redes y demás, que ayuden explicar la complejidad de los fenómenos que suceden en estos sistemas (Carayannis & Campbell, 2010; Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

### 1.3.3 El Triángulo de Sábato

Sábato y Botana en 1968 propusieron el modelo aún existente de la generación de políticas científico-tecnológicas basadas en la articulación de los tres vértices o agentes: I) El estado como diseñador y ejecutor de la política que promueve el marco institucional; II) la infraestructura científico-tecnológica como productor de conocimiento científico, práctico y de tecnología centrado en las universidades y III) el sector productivo demandante de esa tecnología conformado por las firmas y organizaciones que usan ese conocimiento para generar desarrollo y mejorar su producción. El mayor logro de la conformación de un sistema científico-tecnológico basado en este modelo de tres vértices, es la capacidad de transferir y movilizar los desarrollos científicos hacia los actores demandantes de innovación (sector productivo) que capitalizan estos conocimientos para el beneficio de la sociedad (Arocena & Sutz, 2002; Etzkowitz, Webster, Gebhardt, & Terra, 2000; Lucca, 2014).

Se tiene entonces que el éxito de esta alineación está dado por la fortaleza e intensidad de las relaciones entre los tres actores. El débil relacionamiento de uno de estos actores hace ineficiente el modelo y se generarían dificultades para el desarrollo sostenible de una región o país que hubiese definido aplicar por este modelo de innovación y desarrollo (Arocena & Sutz, 2002; Etzkowitz et al., 2000; Lucca, 2014).

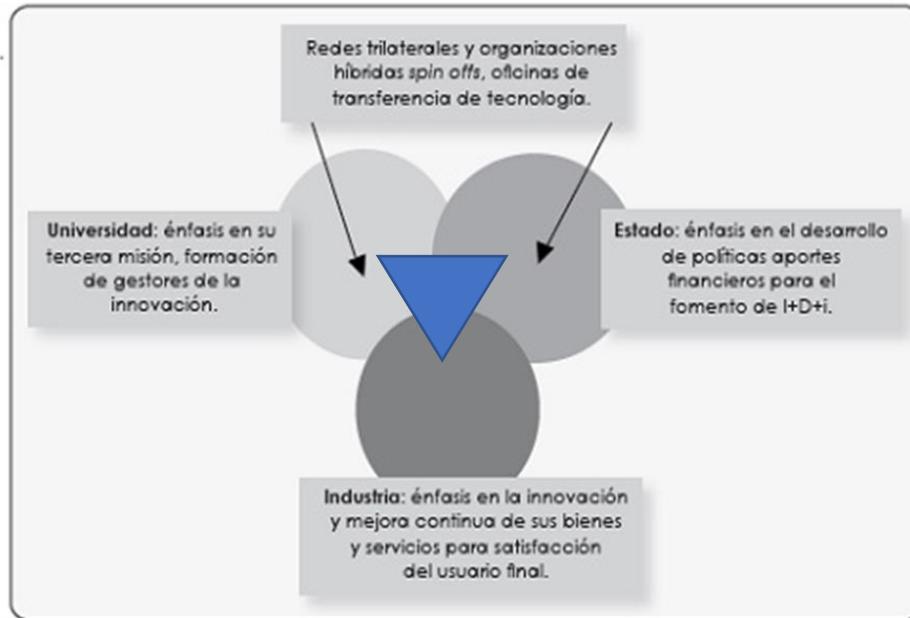
### 1.3.4 El Modelo de la Triple Hélice

En la evolución de los modelos de innovación aparece el Modelo Triple Hélice (Universidad-Estado-Empresa)(Figura 1.7), que usa los mismos elementos centrales del Triángulo de Sábato y de los SNI. También Incorpora la evolución de las redes y relaciones entre universidades, empresas y estado, visualizando los nuevos roles que cada una de las hélices institucionales vienen desarrollando en la sociedad, en especial la universidad como espacio neutral de conciliación. El modelo reafirma la importancia de las redes y relaciones de complementariedad entre las instituciones que conforman cada una de las hélices. Las universidades con la responsabilidad de la producción del conocimiento científico y tecnológico; las empresas son también responsables del desarrollo de la innovación y de nuevas tecnologías y el gobierno se encarga de la regulación y el fortalecimiento de estas redes y relaciones, así como el apoyo a la financiación de la investigación. (Etzkowitz, 2011; Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). El modelo Triple Hélice enfatiza que la universidad está presentando una segunda revolución académica denominada la universidad emprendedora. La primera Revolución académica le asignaba a la universidad la enseñanza y la investigación; ahora, la segunda revolución le agrega como tercera misión el emprendimiento empresarial para el desarrollo social y económico de una región, en donde las interacciones y las redes entre Universidad-Estado-Empresa son la clave para optimizar las condiciones para generar innovación en nuestra sociedad actual del conocimiento.

En ese sentido, la universidad emprendedora se muestra como un espacio para la generación de conocimiento, que a su vez permite la incubación de empresas de base tecnológica, además es un punto de conciliación de intereses en las relaciones entre universidad y empresa. De esta manera la universidad, o para el caso la educación superior, se hace protagonista en las sociedades basadas en el conocimiento,

tomando la iniciativa en el desarrollo regional de su influencia (Etzkowitz, 2001, 2011, 2016; Etzkowitz et al., 2001)

**Figura 1-7:** Modelo de la Triple Hélice. Etzkowitz & Leydesdorff (2000)



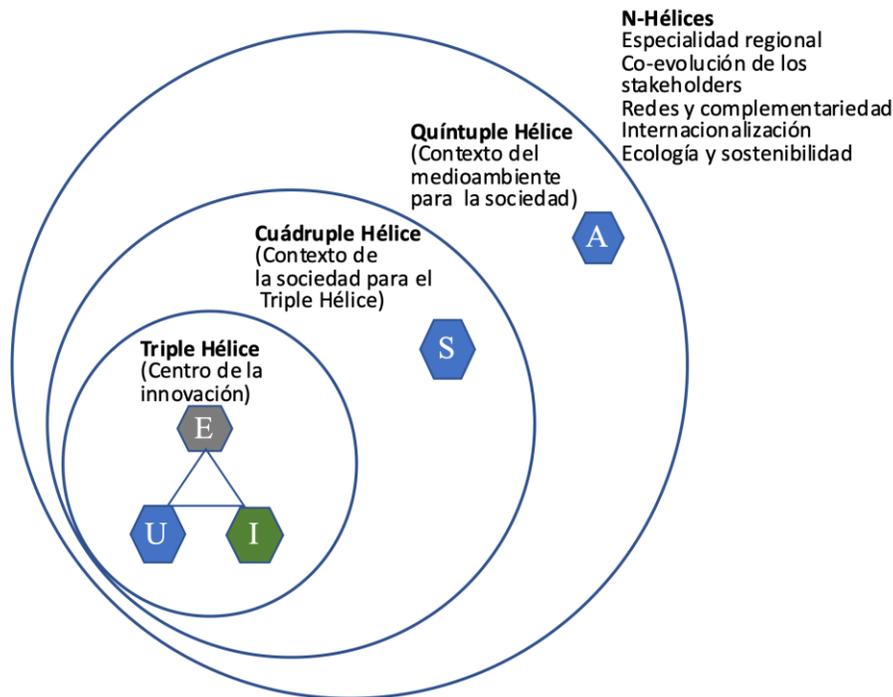
### 1.3.5 Modelo de Cuádruple, Quintuple y N-hélices

Los modelos Cuádruple y Quintuple Hélice son variaciones del modelo Triple Hélice (Figura 1.8) que se han escalado en dimensiones y en grados de complejidad, moviéndose de tres a cuatro y a cinco y más dimensiones (gobierno-universidad-industria, adicionando la sociedad civil, el medio ambiente o el entorno, la especialidad regional y otros más). En la conceptualización de los modelos de cuádruple y quintuple hélice, aparece el modo 3 de producción de conocimiento; que a diferencia del modo 1 (lineal y disciplinar) y el modo 2 (no lineal y aplicado); se acerca a la idea de un sistema avanzado, donde la co-evolución, el co-desarrollo y la co-especialización de los diferentes modos de producción de conocimiento emergen como elemento esencial de sociedades y economías basadas en el conocimiento (Carayannis et al., 2012; Carayannis & Campbell, 2010, 2011).

El modelo Cuádruple Hélice refiere en sus hélices: al gobierno, la academia, la industria, y a la sociedad civil; vistos como los actores que promueven una aproximación democrática hacia la innovación por medio de exponer a la comunidad y a los actores interesados el desarrollo y la toma de decisiones del sistema, transformándose en prácticas y políticas socialmente responsables. La cuarta hélice del modelo tiene una doble connotación, representado lo público basado en los medios y en la cultura; entendido de tal forma que la producción de conocimiento y la innovación aplicada también llegue a ser usada por la sociedad

civil, movilizándose ese conocimiento para construir esa “realidad pública” a través de discursos transmitidos e interpretados por los medios de comunicación (Carayannis & Campbell, 2010, 2011, 2012)

Figura 1-8: Modelos de Innovación. Basado en Carayannis & Campbell, 2010, p. 62; Lew & Park, 2021)



En el contexto del modelo de las cuatro hélices, las actividades de investigación en las ciencias son fundamentales para la producción de conocimiento, pero también se plantea que la investigación en las artes (de hacer) y en el arte de la práctica representan una nueva forma de creación de conocimiento. De ese modo la investigación en las artes puede encajar en arreglos de redes interdisciplinarias y transdisciplinarias, fortaleciendo así los sistemas multiniveles de innovación y su creatividad (Carayannis & Campbell, 2011)

El modelo de Quíntuple Hélice trae adicionalmente el medio ambiente o entorno natural, el entorno de la sociedad y el de la economía, relacionados en la producción de conocimiento. Entornos que forman parte del sistema de innovación. Este modelo es propuesto como la base estructural para los análisis transdisciplinarios e interdisciplinarios de desarrollo sostenible y de ecología social. Pretende dirigir el balance sostenible de las vías de desarrollo de la sociedad, la economía y el medio ambiente; dimensiones esenciales para el futuro de la humanidad. El modelo de Quíntuple Hélice pretende construir un desarrollo de la sociedad sostenible a mediano y largo plazo en donde la economía y la democracia determinen una ecología socialmente amigable (Carayannis & Campbell, 2010, 2011, 2012).

El Modelo de N-Hélices conceptualmente propone que el número de hélices o dimensiones del modelo

(más de 3) que se usa para entender las interacciones de un sistema de innovación depende de la complejidad con la que el investigador o el individuo, quien lo estudia o lo diseña, necesite asumir. Considerando el gran potencial explicativo que tienen este tipo de modelos. Por ejemplo en los años 90, con el propósito de explicar el éxito de los SI de países como Japón, China y el deterioro de la Unión Soviética, al modelo triple hélice se le adicionó una cuarta hélice para explicar la internacionalización y la globalización apalancadas por el uso extensivo de internet (Leydesdorff, 2012).

Desarrollos más recientes, en torno a la inclusión de más hélices o dimensiones en los modelos de innovación de cuádruple y quíntuple hélice, se han dado como resultado de la evolución de los SRI. Especialmente en estudios de desarrollo de la economía regional basados en la CTeI, las cuales proponen que para las intervenciones políticas y económicas en contextos de innovación tecnológica, se requieren nuevas hélices como lo son la sostenibilidad social, sostenibilidad de los negocios por medio de la internacionalización, la ecología, la especialización regional, así como el bienestar de los stakeholders de la región y demás (Carayannis & Campbell, 2012; Lew & Park, 2021).

## **1.4 Sistema Nacional de CTeI Colombiano**

### **1.4.1 Desarrollo Institucional y Político del Sistema Nacional de Innovación Colombiano**

En el contexto de los Sistemas de Innovación en Colombia, es importante revisar la historia de la política de CTI, la cual está ligada a la evolución del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, hoy MINCIENCIAS (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación). Ahora bien, en el proceso de consolidación institucional, en su objetivo de desarrollar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación se pueden identificar seis etapas. Estos tiempos obedecieron a movimientos económicos, políticos y sociales, tanto a nivel interno como externo, que sufrió el país. Dichos periodos de desarrollo histórico de la política de CTI en el Colombia, se pueden diferenciar de la siguiente manera: el primer periodo, comprendido entre 1940 y 1967; el segundo, entre los años 1968 y 1989; el tercero entre 1990 y 1999; el cuarto establecido desde el 2000 hasta el 2008; el quinto desde el 2009 hasta 2019 y el sexto desde diciembre de 2019 hasta hoy (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-DNP, 2019; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009)

**El primer periodo (1940-1967)** se caracteriza por la influencia de organizaciones internacionales, entre ellas la OEA<sup>6</sup>, BID<sup>7</sup>, AID<sup>8</sup>, UNESCO<sup>9</sup>, ONU<sup>10</sup> y el Banco Mundial, que hicieron parte del *“movimiento internacional para la aplicación de la ciencia y la tecnología a los problemas de desarrollo”* (Jaramillo, 2009, p. 4). Época que Easterly (2014), a manera de crítica, la denomina como la transición de los años del olvido del desarrollo hacia la práctica moderna, en donde el Banco Mundial en su necesidad de establecerse en el país (finales de los años 1940s e inicios de los 1950s), adopta un enfoque tecnocrático, sin considerar los derechos de la población, para implementar el plan de desarrollo diseñado para Colombia, por ser un país aliado de Estados Unidos en Latinoamérica, ello en el contexto internacional de la Guerra Fría.

Fue en este periodo cuando se diseñaron y se implementaron políticas de desarrollo, entre ellas, reforma agraria, desarrollo fiscal, la política educativa y de Estado. También en esta época, se inició con la creación de la infraestructura institucional; además, aparecieron los primeros institutos estatales descentralizados de investigación, tales como: Instituto de Investigaciones Tecnológicas, ICA<sup>11</sup>, INCORA<sup>12</sup>, Instituto de Asuntos Nucleares; y otros como el SENA<sup>13</sup>; el ICETEX<sup>14</sup> y el convenio Colombia con la Comisión Fulbright para el fomento a la educación superior y de posgrados en el exterior (Colombia-Colciencias, 2016b; Jaramillo, 2009).

**En el segundo periodo (1968-1989)**, como consecuencia de las intervenciones exteriores, se crearon las bases para que en 1968 apareciera Colciencias y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT), el cual tenía funciones de asesor del Gobierno Nacional en torno a la política científica y tecnológica. La particularidad de ese tiempo es la poca relación de la ciencia y la tecnología con las políticas nacionales y los planes de desarrollo. En esta etapa se institucionaliza la investigación tras la reestructuración de las universidades y algunos institutos. También en 1970 se inicia con la formación de recursos humanos para la investigación; por lo tanto, se crean en Colombia los programas de maestría y se realizan una serie de convenios de cooperación internacional que llevaron a muchos colombianos a obtener formación de alto nivel en el exterior (Colombia-Colciencias, 2016b; Jaramillo, 2009).

Además, en esta etapa se creó la ley 80 de 1980 de educación, la cual regulaba los programas de postgrado (especializaciones, maestrías y doctorados). A lo que le siguió, la ejecución de la primera etapa del Crédito BID - Icfes<sup>15</sup>-Colciencias en 1983. Estos recursos ayudaron a la consolidación de la relación entre los investigadores y Colciencias entre los años 1984-1990. Ello debido a que este crédito permitió financiar la formación de capital humano por medio de becas para maestrías. Además, promovió el desarrollo de infraestructura, actividades científicas y tecnológicas en Colombia. Posteriormente se dio el inicio de los

---

<sup>6</sup> OEA: Organización de Estados Americanos

<sup>7</sup> BID: Banco Interamericano de Desarrollo

<sup>8</sup> AID: Asociación Internacional para el Desarrollo

<sup>9</sup> UNESCO de sus siglas en inglés: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

<sup>10</sup> ONU: Organización de las Naciones Unidas

<sup>11</sup> ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

<sup>12</sup> INCORA: Instituto Colombiano de la Reforma Agraria

<sup>13</sup> SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

<sup>14</sup> ICETEX: Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior

<sup>15</sup> ICFES: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior

programas de doctorado en el país, así como la puesta en marcha de la Misión de Ciencia y Tecnología de 1988 que ayudó a diseñar una política de CyT influenciada por el ejemplo de los países del suroriente de Asia (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

**El tercer periodo (1990-1999)**, se identifica por la aparición de nuevas ideas y los cambios estructurales de las instituciones, fue aquí donde aparecieron los conceptos de los sistemas de innovación y trajo consigo el diseño de políticas de CTI enfocadas en las relaciones de los actores que forman parte de este tipo de sistemas. Otro factor importante es que Colombia entró en la apertura económica, por lo cual tales políticas buscaban la articulación de la ciencia y tecnología y sus instituciones con el desarrollo social y la economía abierta al mundo (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

En esta etapa se definió y se implementó la Política Nacional de Ciencia y Tecnología (CyT), teniendo en cuenta los resultados y recomendaciones de la Misión de Ciencia y Tecnología de finales del periodo anterior. Ello se realizó por medio de la Ley 29 de 1990 que estableció los nuevos lineamientos de la época para la investigación y el desarrollo tecnológico. También fue en este tiempo, cuando Colciencias pasó de ser parte del Ministerio de Educación y se adscribió al Departamento Nacional de Planeación. De esa manera se dio origen al Sistema Nacional de Ciencia Tecnología (SNCyT) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT), así como la creación de las Comisiones Regionales de Ciencia y Tecnología. Todas estas reformas de inicios de la década fueron amparadas bajo los decretos 393, 591, 584 y 585 de 1991 (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

En este momento de la historia, se ejecutó la segunda etapa del Crédito BID – Colciencias (1990-1994) y en 1991 apareció COLFUTURO para administrar el financiamiento de becas crédito de formación de alto nivel, las cuales en su mayoría de maestrías y en una menor proporción de doctorados en el exterior. Esta segunda entrega del Crédito BID se caracterizó porque involucró el financiamiento del sector productivo. Adicionalmente, se realizó la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, cuyos resultados dieron pie para la formulación e implementación de la Ley 30 de 1992. Esta ley hasta hoy en día regula la Educación Superior y dio los fundamentos para la creación del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) para evaluar a universidades, programas de pregrado y de postgrado. Institución que hasta hoy califica si las IES y sus programas cumplen con las condiciones y con el grado de alta calidad. También fue en esta época que apareció la Comisión Nacional de Doctorados y Maestrías (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-Colfuturo, 2022; Jaramillo, 2009).

Más aún, en este periodo se realizó la aprobación del primer documento CONPES<sup>16</sup> 2739 de 1994, en el cual se planteó la Política de CyT para los años 1994-1998, ello en términos de desarrollo científico y tecnológico para la internacionalización de la economía. Se ejecutó la tercera etapa del Crédito BID - Colciencias (1994-1998) que al igual que los dos anteriores se invirtió en formación de recursos humanos de alto nivel, dedicando la mayor cantidad de becas - crédito a la formación doctoral en el exterior, así como en el programa de movilidad internacional de investigadores. El crédito también financió el programa de apoyo a la infraestructura de programas de doctorado nacionales y sus estudiantes, como

---

<sup>16</sup> CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social

también el programa de jóvenes investigadores (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-DNP, 1994; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009)

En esta época se dio un mayor enfoque a la innovación y al desarrollo tecnológico, de tal modo que se realizó la institucionalización del Sistema Nacional de Innovación (SNI), así como de los Sistemas Regionales en 1995. Además, se establecieron los planes estrategias nacionales de CyT. Ello condujo al fortalecimiento de la capacidad para realizar investigaciones científicas y tecnológicas, así como aplicar sus resultados en los diferentes sectores del país. Paralelamente se vincularon las universidades y centros de investigación con el sector productivo, ello con el objetivo de aumentar la capacidad innovadora (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

Fue un periodo en el que se consolidaron las capacidades institucionales por medio del fortalecimiento de grupos de investigación y centros de desarrollo tecnológico. Además, en el ámbito técnico se realizó la expedición de la Ley\_344, 1996, la que destinó recursos de los aportes de nómina recaudados por la nación, para Programas de Competitividad y Desarrollo Tecnológico Productivo ejecutados por el SENA. Llegando así al final del periodo con la creación del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) en 1999 (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

**El cuarto periodo (2000-2008)** se identificó porque en él se promovió, tanto la articulación entre los actores del SNCyT, así como la articulación de los recursos financieros de las diferentes instituciones del gobierno, además se dio continuidad a las políticas, de tal forma que se consolidó institucionalmente la ciencia y la tecnología en el país (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

En ese sentido se definió la Política de Ciencia y Tecnología 2000-2002 a través del documento CONPES 3080 de 2000. También se creó el Programa de Prospectiva Tecnológica en el 2001 y se conformaron las Agendas Regionales de Ciencia y Tecnología. Adicionalmente por medio del documento CONPES 3179 de 2002 de se dio apoyo a los programas de doctorado nacionales, ello incluía financiación a los estudiantes, infraestructura y equipos en las universidades, y movilidad internacional (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-DNP, 2000, 2002; Jaramillo, 2009).

Otro momento importante de esta época fue la implementación de la plataforma tecnológica ScienTI en 2002, plataforma adoptada para el apoyo a la información y colaboración científica. Iniciativa que trajo recursos para la financiación de grupos de investigación y de desarrollo tecnológico, así como la medición de los mismos. Posteriormente en 2004, se apoyaron económicamente los centros de investigación de excelencia, con el fin de promover la colaboración entre grupos de investigación, así como el fomento para la creación de revistas y de publicaciones científicas (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-OCyT, 2015; Jaramillo, 2009).

Paralelamente, sucedieron dos avances importantes en la institucionalidad nacional que fueron: la creación del Viceministerio de Educación Superior en el 2003; y que COLCIENCIAS entró a formar parte del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) en 2004. Seguido a esto, Colciencias en 2005 presentó la reforma a los Programas Nacionales de CTI, ello con el fin de transformar los 11 programas en una estructura de 6 áreas para la generación y gestión de conocimiento. Fue en este mismo periodo, cuando se inició la promoción para la transición de programas de maestrías a doctorados bajo el convenio MEN-Colciencias (Colombia-Colciencias, 2005, 2016b; Jaramillo, 2009).

Llegando a 2008, la institución realizó la reevaluación del sistema, así como de la estrategia del CNCyT y se encontró que la efectividad no había sido la mejor, dando pie a la formulación de propuestas para la integración del país a la era del conocimiento. Esos lineamientos están consignados en el documento “Colombia Construye y Siembra Futuro. Política Nacional de Fomento a la investigación y la innovación”. Este mismo año por medio del documento CONPES 3527 liderado por el Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MinCIT) se presentó la Política Nacional de Competitividad y Productividad. El documento planteaba la necesidad de desarrollar los sectores de clase mundial del país, soportados en 5 pilares, entre los cuales estaba el fomento de la CTI para *“fortalecer las capacidades de generación, uso y transferencia de conocimiento pertinente para la competitividad”* (Colombia-DNP, 2008, p. 41). Objetivo que se realizaría apoyando la formación de alto nivel, la investigación y con la articulación de los actores de los sistemas de innovación (Colombia-Colciencias, 2005, 2008, 2016b; Jaramillo, 2009).

**El quinto periodo (2009- hasta 2019)** tiene su hito principal en la promulgación de la Ley 1286 de Ciencia Tecnología e Innovación en 2009. Esta ley transformó a Colciencias en el Departamento Administrativo de CTI. Esta Ley le designó la responsabilidad de formular e implementar las políticas nacionales en el tema; y dio pie a la transformación del SNCyT en el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTI). Por tal razón se generaron las bases para la construcción de una política de estado en CTI. La Ley dicta en sus funciones y objetivos la necesidad de promover con recursos públicos y privados la investigación y la formación de capital humano para CTI. Agregado a lo anterior, la norma también propone el desarrollo de las relaciones y alianzas entre los actores del sistema, especialmente entre las universidades y las empresas (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-DNP, 2015a; Colombia-Ley\_1286, 2009; Llisterri & Pietrobelli, 2011).

En este mismo año, dando desarrollo al SNCTI, el documento CONPES 3582 Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, con el propósito de generar desarrollo económico y social basado en el conocimiento, propuso 6 estrategias para realizarlo: 1) fomentar la innovación en las empresas por adopción de tecnología; 2) estructurar la financiación a largo plazo las actividades de CTI; 3) aumentar el número de doctores; 4) difusión del conocimiento con personas y organizaciones mediadoras; 5) focalizarse en los sectores estratégicos de alto contenido de CTI; y 6) la cooperación entre los SRI (Colombia-DNP, 2009).

Seguidamente en el marco de promover el desarrollo de la educación superior, en especial con la necesidad de articular el sistema nacional de competitividad con la educación surge el CONPES 3674 de 2010 de Lineamientos de Política para el Fortalecimiento del Sistema de Formación de Capital Humano, el cual en su momento definió la estrategia nacional para articular la educación con el sector productivo generando movilidad entre los niveles educativos. Esta política estuvo enfocada en la educación técnica y tecnológica y la educación para el trabajo (Colombia-DNP, 2010, 2015a).

Sin dejar de lado el apoyo a la excelencia para la educación superior, surge la Ley 1678 de 2013, con el objetivo de mejorar la investigación y la calidad de la educación. Esta ley garantiza el estudio de posgrado (especializaciones, maestrías y doctorados), ya sea en el país o en el exterior, al 0.1% de los mejores profesionales graduados de las IES públicas y privadas (Colombia-Ley\_1678, 2013).

Simultáneamente en este periodo, en el PND 2010-2014 se puso de manifiesto en la política pública principal del país, a la innovación como uno de sus pilares estratégicos. Por lo tanto, se creó el Sistema

General de Regalías (SGR). Sistema que asignó el 10% de los recursos de regalías, recibidos por la explotación de los recursos no renovables del país, al Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación (FCTeI). Estos recursos fueron distribuidos en proyectos de CTI para los 32 departamentos y Bogotá. La Ley 1530 de 2012 definió como propósito del FCTeI incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general. (Colombia-DNP, 2015c; Colombia-Ley\_1530, 2012)

Para el PND 2014-2018 y la política de CTI 2015-2025, retomando las experiencias del modelo centralizado y con la necesidad de mejorar los resultados del país, se propone profundizar a nivel territorial la CTI, la competitividad y la productividad. Lo cual se llevará a cabo por medio del fortalecimiento de los SRI. De manera complementaria, mediante el documento CONPES 3835 de 2015 se hace la declaración de importancia estratégica el proyecto de apoyo a la formación de capital humano altamente calificado en el exterior. Ello con el objetivo de aumentar la presencia de doctores en la industria, gobierno y academia, generando incentivos para que se ubiquen en las regiones con menor desarrollo (Colombia-DNP, 2015a, 2015b).

Otro cambio político-administrativo en torno a la CTI se llevó a cabo en 2015 por medio de la (Colombia-Ley\_1753, 2015) que expidió el PND 2014-2018, donde el Sistema de Competitividad e Innovación (SNCeI) y el SNCTI se integraron para dar origen al nuevo Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI), de tal manera que en octubre del mismo año, en la sesión de la Comisión Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación se estableció la nueva estructura de gobernanza del nuevo sistema (Anzola, 2015; Colombia-Ley\_1753, 2015; Colombia-MinCIT, 2016).

Finalmente, para **el sexto periodo (de 2019 - en adelante)** se promulga la Ley 1951 de 2019 que transforma a Colciencias y crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual tiene como uno de sus objetivos fomentar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, mediante la definición de instrumentos administrativos y financieros, siendo la formación de investigadores un elemento esencial para el mejoramiento de la competitividad del país. Adicionalmente, La Ley 1955 de 2019 del PND 2018-2022 dice que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, impulsará el desarrollo científico y tecnológico del país, de acuerdo con las orientaciones trazadas por el Gobierno nacional e incorporará doctores a proyectos de I+D+i financiados por el SNCTeI<sup>17</sup>, así como también enganchará a personas con formación doctoral a entidades del sector productivo vía beneficios tributarios (Colombia-DNP, 2019).

---

<sup>17</sup> SNCTeI: Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación.

## 1.4.2 Estructura y actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Colombiano –SNCTeI<sup>18</sup>-

Cada país, de acuerdo a su orientaciones y particularidades, tiene diferentes disposiciones para clasificar los actores, instituciones y organizaciones de los SNI para responder a los diferentes modelos (Universidad-Estado-Empresa-Sociedad). Una forma de clasificación es la visión sistémica por componente o subsistema, donde los actores se agrupan por su función o rol dentro del SNI (Figura 1.9). Una segunda manera de agrupar las organizaciones y actores es como estos participan en el proceso de innovación dentro del SNI: a) producción de conocimiento: IES<sup>19</sup>, institutos y centros de investigación; b) transferencia de conocimiento: parques tecnológicos, oficinas de transferencia de resultados y de investigación, incubadoras y aceleradoras de innovación etc.; c) aplicación y explotación del conocimiento, que normalmente hacen las organizaciones empresariales, industriales y sociales externas a las universidades.

Considerando la visión sistémica para Colombia, Monroy (2005, 2006), al igual que en este trabajo, organiza los actores del SNCTeI del país en una estructura de cinco componentes o subsistemas como sigue: **1) Subsistema productivo:** conformado por las organizaciones que usan ese conocimiento, entre ellas las empresas de bienes y servicios, incluye la industria, los gremios productivos, asociaciones de empresas, cámaras de comercio, y organizaciones sociales no gubernamentales; **2) Subsistema Tecnológico:** constituidos por las organizaciones que aceleran los procesos de innovación, tales como centros de desarrollo tecnológico, parques tecnológicos, incubadoras de empresas de base tecnológica, institutos tecnológicos, centros de formación de técnica y tecnológica, y centros de productividad regional; **3) Subsistema Científico Académico** como aquel que genera nuevo conocimiento, especialmente formado por las universidades e IES, centros e institutos de investigación, grupos de investigación; **4) Subsistema Financiero** el cual está constituido por la banca de primer y segundo piso, fondos de capital de riesgo, fondos nacionales e internacionales, recursos parafiscales, recursos que soporten económicamente actividades de investigación, transferencia e innovación y; **5) el Subsistema Facilitador** que normalmente son las entidades de gobierno y agencias de desarrollo que impulsan y despliegan las política de CTeI, así como su regulación. En Colombia hacen parte de este subsistema organizaciones como el Departamento de Planeación Nacional (DNP), Minciencias, el Ministerio de Educación, el Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación, el Observatorio de Ciencia y Tecnología.

En esa misma línea, se caracterizan los actores del SNCTeI para el contexto colombiano con sus respectivos roles o funciones. Esta caracterización se puede observar en la Tabla 1.1, la cual es

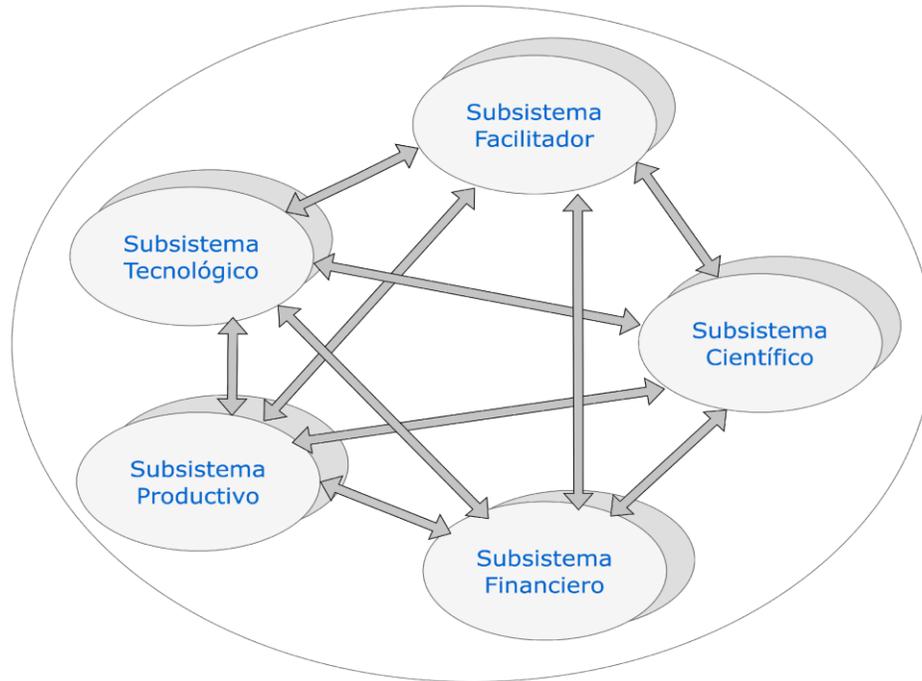
---

<sup>18</sup> Colombia en la Ley 1651 de 2019 (Colombia-DNP, 2022) propuso una macroestructura denominada el Sistema de Nacional de Competitividad e Innovación SNCI, dentro del cual está definido el SNCTeI, según la Ley 1286 de 2009, sistema que se ha sido objeto de estudio y caracterización de esta investigación.

<sup>19</sup> IES o Instituciones de Educación Superior o Terciaria, este término es ampliamente usado a lo largo de todo el documento para referirse también a las universidades.

complementada con observaciones sobre las entidades y datos sobre el volumen aproximado de actores que hacen parte del sistema en la actualidad.

**Figura 1-9:** Componentes del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (Monroy, 2005, p. 21)



**Tabla 1.1:** Caracterización de los Actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Adaptado de Colombia-Colciencias (2016a); Monroy, (2005, 2006).

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Subsistema Facilitador		
Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES-	Asesor para la definición y desarrollo institucional de políticas coordinadas entre los diferentes sectores y entidades del gobierno, para el caso las políticas de CTeI.	Creado por la Ley 19 de 1958. Los miembros participantes del consejo son el Vicepresidente, Ministros, Director del Departamento Administrativo de la Presidencia, Director del DNP (Colombia-DNP, 2022a).
Departamento Nacional de Planeación -DNP-	Secretaría técnica del CONPES, prepara las políticas, programas, planes y proyectos para su posterior ejecución.	Encargado de coordinar la formulación del Plan Nacional de Desarrollo -PND-, los planes programas y proyectos de inversión a nivel nacional, el apoyo y seguimiento a su implementación (Colombia-DNP, 2022b).
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - Minciencias-	Es la entidad rectora del SNCTI.	Minciencias antes Colciencias, desde su creación en 1968, formula, orienta, dirige, coordina, implementa, ejecuta y controla la política de estado en torno a CTeI. (Colombia-Colciencias, 2016b; Colombia-Minciencias, 2022c; Jaramillo, 2009).
Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).	Entidad que hace gestión de la información, análisis y producción de indicadores de CTeI para el país y las regiones.	Genera información estadística de ciencia, tecnología e innovación de los diferentes actores de SNCTeI para orientar las políticas nacionales y regionales (Colombia-OCyT, 2022).
Ministerios	Entidades Nacionales que hacen la formulación, coordinación e implementación de políticas sectoriales para que apoyen el SNCTI, entre ellas políticas de educación, comerciales, industriales, sociales, ambientales y demás.	Minciencias, Ministerio de Educación, Ministerio de Comercio Industria y Turismo, Ministerio Tecnologías de la Información y Comunicación, Ministerio de Trabajo y otros que formen parte de la política de CTeI que se implemente.
OCAD del FCTeI	Órgano encargado de priorizar, viabilizar y aprobar los proyectos a cargo del Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.	OCAD del FCTeI: Órgano Colegiado de Administración y Decisión, conformado por tres vértices, el Gobierno Nacional, el Gobierno Departamental y las Universidades. En el periodo bienal 2021-2022 está conformado por los representantes de: Ministerio de Educación Nacional (MEN), Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MINTIC), Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Minciencias (Secretaría Técnica), cuatro universidades públicas y dos privadas (Colombia-Ley_1530, 2012).

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-	Organización que hace promoción del desarrollo tecnológico y procesos de innovación en la industria y las empresas.	Entidad Adscrita al Ministerio de Trabajo que, por medio de la formación de corta y mediana duración (técnica, tecnológica y para el trabajo) da respuesta al aparato productivo.
Subsistema Científico-Académico		
Centros e Institutos Públicos de Investigación y Desarrollo <sup>20*</sup>	Actores de generación de conocimientos para el SNCTI.	Institutos adscritos o vinculados a ministerios o entidades descentralizadas de orden nacional, que apoyan la misión y el mejoramiento técnico de la entidad con conocimiento científico y absorción de tecnología. A corte de diciembre de 2021, Minciencias reporta 13 Institutos de 113 actores reconocidos (Colombia-Minciencias, 2022b).
Centros e Institutos de Investigación Privados *	Actores de Investigación en áreas específicas del conocimiento.	Institutos independientes, con autonomía administrativa y financiera constituidos legalmente y trabajan en líneas específicas de investigación, A corte de diciembre de 2021, Minciencias reporta 16 Institutos de investigación autónoma, de 113 actores reconocidos (Colombia-Minciencias, 2022b).
Centros de Investigación Gremiales	Centros de generación de ciencia y tecnología de interés gremial.	Centros que pueden ser públicos o privados y hacen parte de los dos anteriores, su foco investigativo es determinado por las actividades principales del gremio o la asociación industrial-empresarial.
Universidades <sup>21</sup>	Formación de recursos humanos profesional y posgrado.	El sistema educativo superior de Colombia tiene 223 instituciones que forman profesionalmente a nivel universitario y generan conocimiento vía investigación, que además tienen programas de extensión (Universidad e Institución Universitaria ) (Colombia-MEN, 2021a).
	Investigación científica y tecnológica.	
	Transferencia vía extensión tecnológica y solidaria.	

<sup>20</sup> Entre los Institutos de investigación más importantes del país están: Instituto Nacional de Salud; Instituto Nacional de Cancerología; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander Von Humboldt -; Instituto Amazónico de Investigaciones “SINCHI”; Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “John von Neumann” ; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”-INVEMAR; Instituto Nacional de Metrología; Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses; Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica Servicio Geológico Colombiano; Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-DIMAR; Centro Dermatológico “Federico Lleras Acosta” y otros por reconocerse.

<sup>21</sup> Según reporte del MEN, con corte a mayo de 2022 el país tiene en su sistema educativo superior 298 Instituciones de Educación Superior (IES) en 358 sedes. De las 298 IES 65 son públicas (incluye 33 Universidades Públicas, y 32 Instituciones Técnicas y Tecnológicas), 19 de régimen especial y 214 privadas, la matrícula total en educación superior para el 2020 es de 2.355.603 estudiantes (Colombia-MEN, 2021a).

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Investigadores**	Persona que trabaja en la creación de nuevo conocimiento, productos y proceso.	Minciencias a diciembre de 2019, el país tiene 16.796 investigadores, (335 investigadores por millón de habitantes). En las categorías Junior 9.921; Asociado 4.349 y Senior 2.473 investigadores (Colombia-Minciencias, 2022a). Es importante decir que el reporte a noviembre de 2022 actualiza el número de investigadores con corte a 2021 a 21.094 investigadores.
Grupos de Investigación **	Generación de conocimientos en nichos específicos.	Según la Ciencia en Cifras, a diciembre de 2019, Colombia tiene 5.772 grupos, de los cuales 1.740 (30%) se ubican en las categorías más altas A <sup>+</sup> y A <sup>22</sup> (Colombia-Minciencias, 2022a) .
Subsistema Tecnológico		
Laboratorios de Innovación *	Espacios colaborativos que fomentan la innovación tecnológica y social por medio de la participación ciudadana.	Se puede asociar a los Centros de Ciencia que tienen planta física abierta al público que aportan a la Apropiación Social del Conocimiento en CTI. Según el reconocimiento de actores a diciembre 31 de 2021, se tienen 10 Centros de Ciencia (Colombia-Minciencias, 2022b). También dentro los laboratorios se puede considerar Ruta N, UNInnova, Laboratorio de Innovación para la Paz, Programa ViveLab (37 labs), InnovaLab de la CCB, LabCapital, el Instituto de Emprendimiento de la EAN y otras más.
Centros de desarrollo tecnológico *	Transferencia de conocimientos vía investigación aplicada y desarrollo de tecnología propia, así como prestación de servicios tecnológicos.	Realizan desarrollo de proyectos de investigación aplicada y creación de tecnología acorde a la necesidad y oportunidades de desarrollo social y económico. Colombia registra a octubre de 2022 de 10 Centros de desarrollo Tecnológico y Transferencia de Tecnología (Colombia-Minciencias, 2022b).
Centros regionales de innovación y productividad *	Desarrollo de capacidades productivas regionales y articulación de las instancias de su entorno con el fin de mejorar la productividad y la competitividad de las regiones.	Apoyan el desarrollo regional según la demanda de conocimiento científico y desarrollo tecnológico. Colombia registra a diciembre 31 de 2021, 12 Centros Regionales de Innovación y Productividad (Colombia-Minciencias, 2022b).
Incubadoras de empresas de base tecnológica *	Apoyo a nuevos emprendedores de empresas de base tecnológica. Aceleran el crecimiento y viabilizan proyectos innovadores.	Ofrecen recursos de capital, espacios físicos, servicios de asesoría, redes de contactos. El sistema Colombiano según el reconocimiento de actores reporta 2 organizaciones de este tipo (Colombia-Minciencias, 2022b), pero también se puede considerar el programa Innpulsa Colombia, Créame, Incubar Colombia, Waira, Apps.co, Cámara de Comercio de Bogotá, Emprende, Valleempresa365 y otras, incluso de presencia internacional.

<sup>22</sup> Las categorías de clasificaciones de los grupos de investigación en Colombia de acuerdo a su reconocimiento por sus investigadores y producción científica, de mayor a menor son: A1, A, B, C y reconocidos

32 Modelo de Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación en Colombia

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación -OTRI- *	Estructuras que apoyan la transferencia de conocimiento y tecnología de manera formal vía patentes, modelos de utilidad, diseños industriales.	Minciencias (a octubre de 2022) tiene el registro de 8 OTRI, pertenecientes a la Universidad del Valle, EAFIT, Universidad de Medellín, Universidad de la Sabana, Universidad Javeriana, Universidad de Antioquia, TECNOVA UEE y REDI Colombia (Colombia-Minciencias, 2022b). En 2022 se han formalizado dos nuevas OTRI de la Universidad Nacional-UCaldas sedes Manizales y Unal-Bogotá. Existen otras como: Universidad Distrital, Del Atlántico, Estratégica de Oriente, Conect Bogotá y la OTRI de Defensa de la Fuerza Aérea (Vargas & Rivera, 2017).
Parques Científicos Tecnológicos *	Organizaciones espaciales que integran capacidades de investigación y prestación de servicios tecnológicos para impulsar la innovación, la productividad empresarial y la competitividad regional.	Se localizan en una región geográfica determinada, promueven la creación y aglomeración de empresas de base tecnológica y servicios complementarios, generan clusters. En la lista de parques tecnológicos se puede ver a Tecnicafé, aunque se conoce que existen 4 adicionales Biopacífico enfocado en la agroindustria, Guataquirá centrado en crear competitividad para Santander desde la UIS, Antioquia de la UdeA, Umbría de la Universidad San Buenaventura Cali, y dos en proceso de consolidación Caribe y Bogotá para el desarrollo de las TIC, Biotecnología, Agroindustria, Energía y Salud. (Colombia-Minciencias, 2022b; Herrera-Márquez, Salas-Navarro, Domínguez-Moré, & Torres-Saumeth, 2015).
Institutos Tecnológicos	Formación tecnológica de recursos humanos de nivel intermedio.	Según reporte del MEN, a mayo de 2021 el país tiene en su sistema educativo superior 76 Instituciones Técnicas y Tecnológicas, de las cuales 14 son públicas con una matrícula para 2020 de 650.382 estudiantes (Colombia-MEN, 2021a).
Centros de formación del Sena	Fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de las empresas por medio de la transferencia de tecnología vía capital humano (Técnica y Tecnológica).	El Sena tiene 117 centros de formación donde forma técnicos y tecnólogos con vocación emprendedora, promueve el crecimiento de pequeñas y medianas empresas y potencia las ideas de negocio. A 2020 reportó una matrícula de 480.991 estudiantes en formación Técnica y Tecnológica (Colombia-Sena, 2020).
Subsistema Productivo		
Empresas de bienes y servicios	Organizaciones privadas de producción de bienes y servicios económicos.	La estructura productiva de Colombia a enero de 2022 tiene 1.559.777 empresas activas. El sector comercio agrupó 649.516; el sector servicios con 626.147; manufactura con 166.336; construcción tiene 76.775; y las demás actividades económicas con 41.003 empresas. El tejido empresarial está compuesto por: las microempresas (95,4%), las pequeñas empresas (3,5%); las medianas y grandes empresas (0,8% y 0,3% respectivamente) (Colombia-MinCIT, 2022).

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Empresas altamente innovadoras	Empresas privadas que sistemáticamente lanzan al mercado productos, servicios y procesos innovadores.	Aunque Minciencias tiene en su reconocimiento de actores el registro de 7 empresas en esta clasificación, ellas son: Laboratorios Procaps, Grupo Nutresa, Alsec Alimentos Secos, Colcerámica Corona Industrial, Grupo Familia, Premex, Sumicol y ENEL. La ANDI en agosto de 2021 evaluó 340 empresas en el ranking de las empresas más innovadoras de Colombia, (entre las primeras 30 están las registradas por Minciencias) y se tiene que Antioquia representa el 56,6%; seguido por Bogotá con el 13,3%; Valle del Cauca con el 10%; Bolívar con el 6,7% y Atlántico, Cauca, Cundinamarca y Santander, cada uno con una participación del 3,3% de las 30 empresas más innovadoras (Colombia-ANDI, 2022).
Gremios de producción y asociaciones empresariales	Organizaciones gremiales de los productores que persiguen un interés de desarrollo común.	Según el directorio de agremiaciones y asociaciones de MinCIT con corte a noviembre de 2021 existen 37 asociaciones o gremios. Entre ellas ANDI, ACOPI, ASOPARTES y demás (Colombia-MinCIT, 2021).
Cámaras de Comercio	Promoción de la innovación y el emprendimiento, servicios y registro de empresas productivas y comerciales, así como procesos de incubación de primera etapa.	Según el directorio de Cámaras de Comercio, se tiene que en Colombia existen 55 de ellas distribuidas en las principales ciudades del país (Colombia-Confecámaras, 2022).
Subsistema Financiero		
Banca de primer piso	Bancos con operaciones directas con los clientes.	Según el reporte de las 413 entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera de Colombia, a febrero 23 de 2022; en el país existen 135 intermediarios financieros que pueden ser denominados banca de primer piso como Bancolombia, Banco de Bogotá, Davivienda y demás.
Banca de segundo piso	Financieras públicas o privadas, comerciales o de desarrollo con operaciones por medio de bancos de primer piso.	En el mismo reporte del punto anterior de las 413 entidades, dentro de los intermediarios financieros, se encuentran 9 entidades comprometidas con el desarrollo del país y de los territorios, considerados bancos de segundo piso, entre ellos están: Bancoldex, Findeter, Financiera de Desarrollo Nacional, Finagro, ENTerritorio, IDEA de Antioquia, InfiValle e InfiCaldas (Colombia-SFC, 2022).
Fondos de capital de riesgo	Capital de inversionistas privados de participación minoritaria y temporal para apoyar empresas o proyectos viables de rentabilidad proporcional a riesgos asumidos.	Según InvestinColombia, desde 1995 el número de fondos ha crecido a tasas aproximadas del 24% anual. En 2018 había 132 fondos de los cuales 122 estaban en funcionamiento. (InvestinColombia, 2020). En 2020 Colombia fue el segundo país en Latinoamérica después de Brasil con mayor capital de riesgo invertido 1.090 millones USD en 36 contratos (LAVCA, 2020).
Fomipyme	Promoción y cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico y de fomento de las Mipyme.	Uno de los mecanismos para acceder a financiar los proyectos de desarrollo tecnológico son los programas de beneficios o descuentos tributarios en CTeI de Minciencias y de MinCIT

Componentes y Actores	Funciones dentro de SNCTeI	Contexto, datos y fuentes
Fondos internacionales	Recursos externos para ciencia, tecnología e innovación.	Los fondos de cooperación internacional, entre el 2010 y 2019 en Colombia han cofinanciado 106 proyectos de I+D por un monto de USD 267.25 Millones <sup>23</sup> , en donde la mayor cantidad de recursos fueron de la Unión Europea de los programas Horizon 2020 y Seventh.
Fondos del Gobierno y Fondo de Recursos de Regalías para CTeI	Financiar proyectos de CTeI en todas las regiones y departamento de país por medio de convocatorias donde participan Universidades, entidades de gobierno regional, así como otros actores regionales.	En 2012 el Gobierno Nacional por medio de la ley 1530 designa la distribución de los recursos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables del país, el 10% de los recursos del Sistema General de Regalías al Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación (FCTeI) para estructurar e implementar proyectos que desarrollen la capacidad de innovación que necesita el país y sus regiones (Colombia-Ley_1530, 2012).

Nota 1: Las definiciones de los actores en la Tabla 1.1 son aplicables a los que se muestran en la Figura 1.10.

Nota 2: Por convención, las IES han sido clasificadas en el grupo de generación de conocimiento, pues en ellas está la investigación, pero en la actualidad han trascendido también hacia actividades de desarrollo tecnológico y transferencia.

Nota 3: Los actores marcados con \* tienen un mayor detalle en el ANEXO 1 de Actores Reconocidos de SNCTeI.

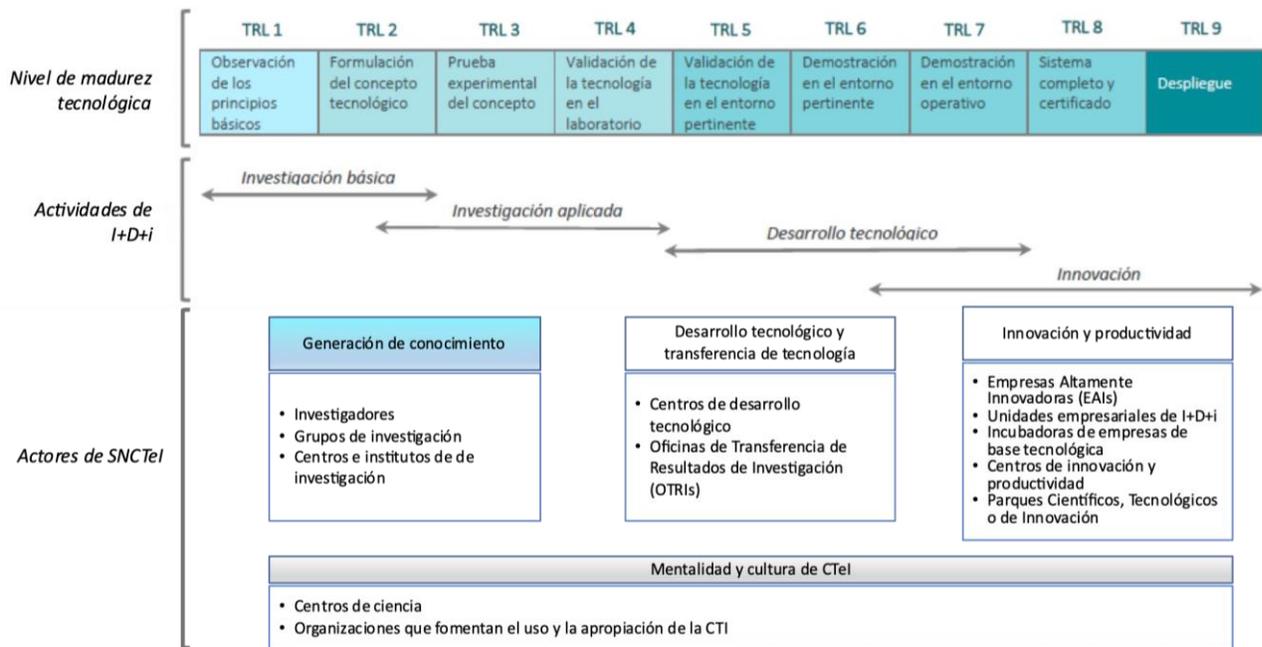
Nota 4: Los actores marcados con \*\* fueron tomados de las estadísticas publicadas por Minciencias en el portal de la “Ciencia en Cifras”

Nota 5: La anterior tabla fue construida con información de la fechas de corte planteadas en los tiempos de consulta, por tal motivo, las cifras pueden haberse actualizado a la fecha de la lectura de este documento, ya que las fuentes son registros dinámicos del Gobierno Nacional.

<sup>23</sup> Scopus <https://www.fundinginstitutional.com/> el 22 de julio de 2021

Adicionalmente, Minciencias bajo la política de reconocimiento de actores de 2016, (Colombia-Colciencias, 2016a), propone una clasificación apoyada en cómo las actividades principales de los actores aportan al proceso innovativo, bajo el marco conceptual de Niveles de Madurez Tecnológica (de sus siglas en inglés TRL<sup>24</sup>) SNCTeI (Figura 1.10).

**Figura 1-10:** Clasificación de los Actores del SNCTeI según su actividad principal (adaptado de Colombia-Colciencias (2016a, p. 11, 13).



El objetivo de superponer las actividades de los actores, sobre los niveles de los TRL, es identificar las actividades de los actores con las fases del desarrollo tecnológico. Ello permite delimitar el alcance de acción de estos, sus prioridades y crear estrategias de complementariedad entre actores. Lo anterior también permite identificar el grado de madurez y la pertinencia de los proyectos e iniciativas que se gestan y desarrollan en el sistema, por lo tanto es una forma de estimar los esfuerzos y recursos que se necesitaran para acelerar esos planes y proyectos de innovación (Colombia-Colciencias, 2016a).

<sup>24</sup> TRL: (Technology Readiness Level) es una escala de 1 a 9 creada por la NASA en los años 70, adoptada también por los programas de la Unión Europea para evaluar la madurez de ciertas tecnologías. El modelo brinda un entendimiento del estado de la tecnología al contrastarse con toda la cadena de valor en el proceso de innovación. Su uso se ha extendido a diferentes campos, incluso en la definición de políticas públicas para CTeI.

## 1.5 Sistemas Regionales de Innovación en Colombia.

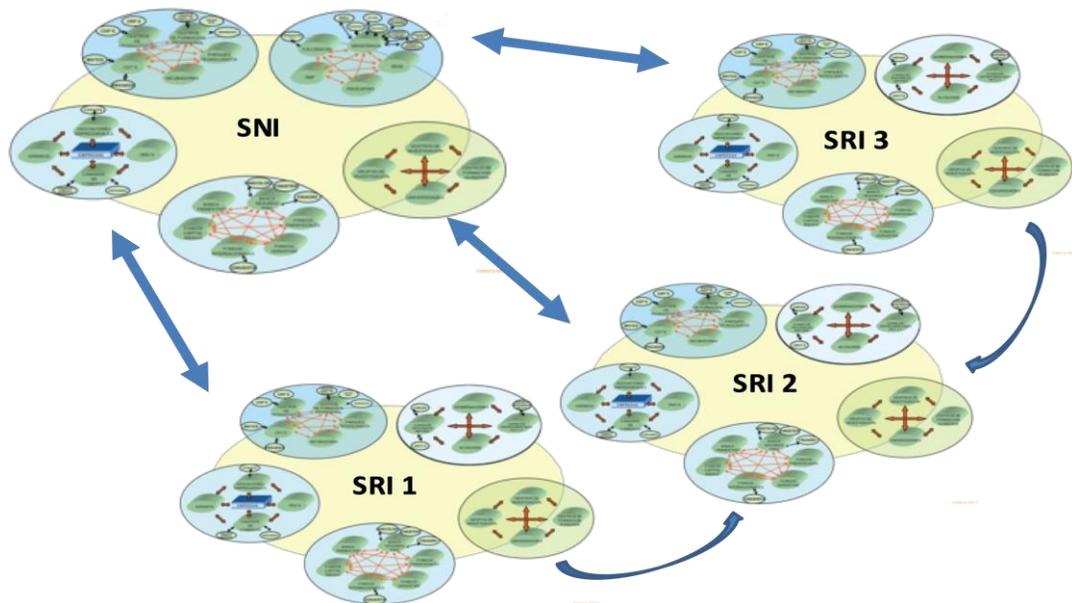
Los SRI han sido definidos como “el conjunto de organizaciones públicas, privadas que interactúan dentro de un marco institucional que soporta la generación, explotación y uso del conocimiento a nivel regional”<sup>25</sup> (Schrempf, Kaplan, & Schroeder, 2013, p,10) teniendo en cuenta los factores propios de la región en donde se implementará (P Cooke, 2004; Philip Cooke et al., 1997).

Otra definición de SRI adoptada en Medellín, capital del departamento de Antioquia es:

“La confluencia de varias instituciones públicas y privadas, que trabajan desde sus distintas capacidades para promover la innovación en ciertos sectores estratégicos de la ciudad es lo que se conoce hoy como sistema regional de innovación. El objetivo principal que tiene es fomentar las relaciones entre distintos agentes y distintos actores, por lo que en él pueden participar las universidades y sus grupos de investigación, los actores interfaz, los centros de desarrollo tecnológico, las instituciones públicas, las empresas grandes y pequeñas, ya que el SRI es la conjunción, la conversación inteligente entre estos actores, y es lo que se necesita para que la innovación se dé más rápidamente en esos diferentes sectores estratégicos” (Colombia-Ruta\_N\_Medellin, 2022).

Desde la perspectiva sistémica, los SRI pueden considerarse subsistemas derivados de SNI (Figura 1.11).

**Figura 1-11:** SRI como subsistemas de SNI construcción con base en Monroy (2012)



Este planteamiento hace énfasis en la relevancia de los sistemas de innovación localizados territorialmente, además, propone al SRI como la unidad de intervención adecuada para el establecimiento de las competencias, capacidades, y oportunidades de una región. En otras palabras, se propone una perspectiva multinivel, donde el SRI es la unidad dinamizadora territorial, puesto que los

<sup>25</sup> Traducción propia

niveles, tanto nacional como regional, conservan la misma estructura en sus componentes y organizaciones que los conforman (subsistemas: científico, tecnológico, productivo, financiero, facilitador) (Philip Cooke et al., 1997; Philip Cooke & Memedovic, 2003; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Monroy, 2005; Yam et al., 2011). Ahora bien, desde la visión de política económica, un SRI es cualquier territorio definido geográfica y políticamente, el cual posee alguna capacidad de gobierno autónomo, donde existe gobernanza sobre el sistema social y económico, de tal manera que pueda desarrollarse políticas regionales de CTel (Bilbao-Osorio, 2009; Philip Cooke & Memedovic, 2003).

Bajo la definición de (Bilbao-Osorio, 2009), cualquier departamento<sup>26</sup> o ciudad del país se puede considerar como un SRI debido a sus características socioeconómicas y políticas. Colombia es una república descentralizada con autonomía de gobierno en sus diferentes entes territoriales, ello implica que sus 32 departamentos y 1102 municipios (Colombia-Dane, 2022) tienen la responsabilidad de planear y generar su política de desarrollo, así como el manejo de sus recursos. La experiencia plantea que el direccionamiento de las políticas públicas regionales, se han dado en torno a los 32 departamentos y a la ciudad de Bogotá, de tal manera que el desarrollo de los SRI del país, se encuentran atados a la política de CTI de cada departamento o ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali, y algunas ciudades de la región Caribe y Santander (Colombia-DNP, 2015a, 2021; González, 2017; Llisterri & Pietrobelli, 2011).

La literatura revisada, acerca de los estudios sobre los SRI en Colombia se muestra en la Tabla 1.2 a continuación:

**Tabla 1.2:** Estudios sobre SRI en Colombia (elaboración propia)

Documento	Aporte	Autores y año
Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina	Hace un análisis cuantitativo, cualitativo y una caracterización de los SRI de Brasil, Chile, Colombia, México. En Colombia toma como unidad de análisis a los departamentos y verifica el efecto de las políticas de CTel para Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá como eje de mayor desarrollo.	(Llisterri & Pietrobelli, 2011)
Caicedo Asprilla, H. (2012). Análisis del sistema regional de ciencia, tecnología e innovación del Valle del Cauca. Estudios Gerenciales,	Desde un enfoque cuantitativo analiza y caracteriza las relaciones de los actores del SRI de CTel del Valle de Cauca usando teoría de redes. Concluye que es un sistema que se debe consolidar fortaleciendo la articulación de los actores.	(Caicedo Asprilla, 2012)
Diamante Caribe & Santanderes. Tomo 1. El Territorio: Punto de partida para un nuevo desarrollo; Diamante Caribe & Santanderes. Tomo 3. El Libro Blanco	Documenta el diseño de un programa de desarrollo que integra 11 departamentos de la zona norte de Colombia desde la perspectiva de territorios y ciudades inteligentes, el cual involucra como parte fundamental de desarrollo los SRI o ecosistemas de innovación.	(Colombia-Findeter, 2014, 2016)

<sup>26</sup> Colombia en su división geográfica o política tiene 32 departamentos, más el distrito capital de la ciudad de Bogotá, el uso de los términos región, territorio, local, para este documento hace referencia al departamento como unidad geográfica, administrativa, política y cultural, donde potencialmente existe un Sistema Regional de Innovación (SRI).

Documento	Aporte	Autores y año
Higuita Palacio, A. M. (2015). Medellín: Capital de la Innovación. Ingeniería Solidaria, 11(18),	Desde un enfoque sistémico cualitativo, hace una caracterización de las condiciones, acciones e interacciones de los actores del SRI de Medellín y su área metropolitana, como un caso de éxito de Latinoamérica	(Higuita Palacio, 2015)
Benchmarking entre sistemas regionales de innovación: el caso de Santander y Antioquia, Colombia	Realiza una comparación cuantitativa y cualitativa de los elementos de los SRI de los departamentos de Antioquia y Santander, identifica fortalezas y debilidades con el fin de corregir problemas de transferencia de conocimiento, articulación de los actores y financiación.	(Cote-Peña, Meneses-Amaya, Arenas-Morantes, & Caballero-Pérez, 2016)
Mapeo ecosistemas regionales del emprendimiento en Colombia	Desde el enfoque de sistemas y subsistemas, el documento identifica y caracteriza los nodos ciudades y actores de los ecosistemas de emprendimiento de 7 macro-regiones y 21 ecosistemas de emprendimiento en Colombia.	(UNAL, 2017)
Sistemas Regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia: componentes institucionales y organizacionales	Hace una caracterización del SNI de Colombia y de los SRI de Antioquia, Valle y Vichada, bajo la metodología de sistemas viables. Este trabajo detectó que existen los componentes mínimos para apalancar las organizaciones y componentes de los SRI como estrategia de desarrollo tecnológico, social y económico de las regiones.	(González, 2017)
Sistemas Regionales de Innovación de la Industria Agroalimentaria de Colombia	Analiza los departamentos de Colombia como SRI alimentaria desde un enfoque cuantitativo. Su hallazgo es que las innovaciones provienen de la articulación y colaboración empresarial y que la heterogeneidad en el desempeño de los SRI se puede corregir con políticas públicas diferenciales para las regiones.	(Arias-Robles, 2019)
Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes en Sistemas Regionales de Innovación	Desde la simulación basada en agentes, el trabajo analiza el SRI de Antioquia, especialmente la interacción entre los actores. El resultado relevante es que el número de publicaciones y patentes dependen de la inversión en investigación y desarrollo y de la cantidad de agentes exploradores (universidades).	(Uribe-Gómez, Giraldo-Ramírez, Gallón-Londoño, Fernández-Ledesma, & Quintero-Ramírez, 2019)

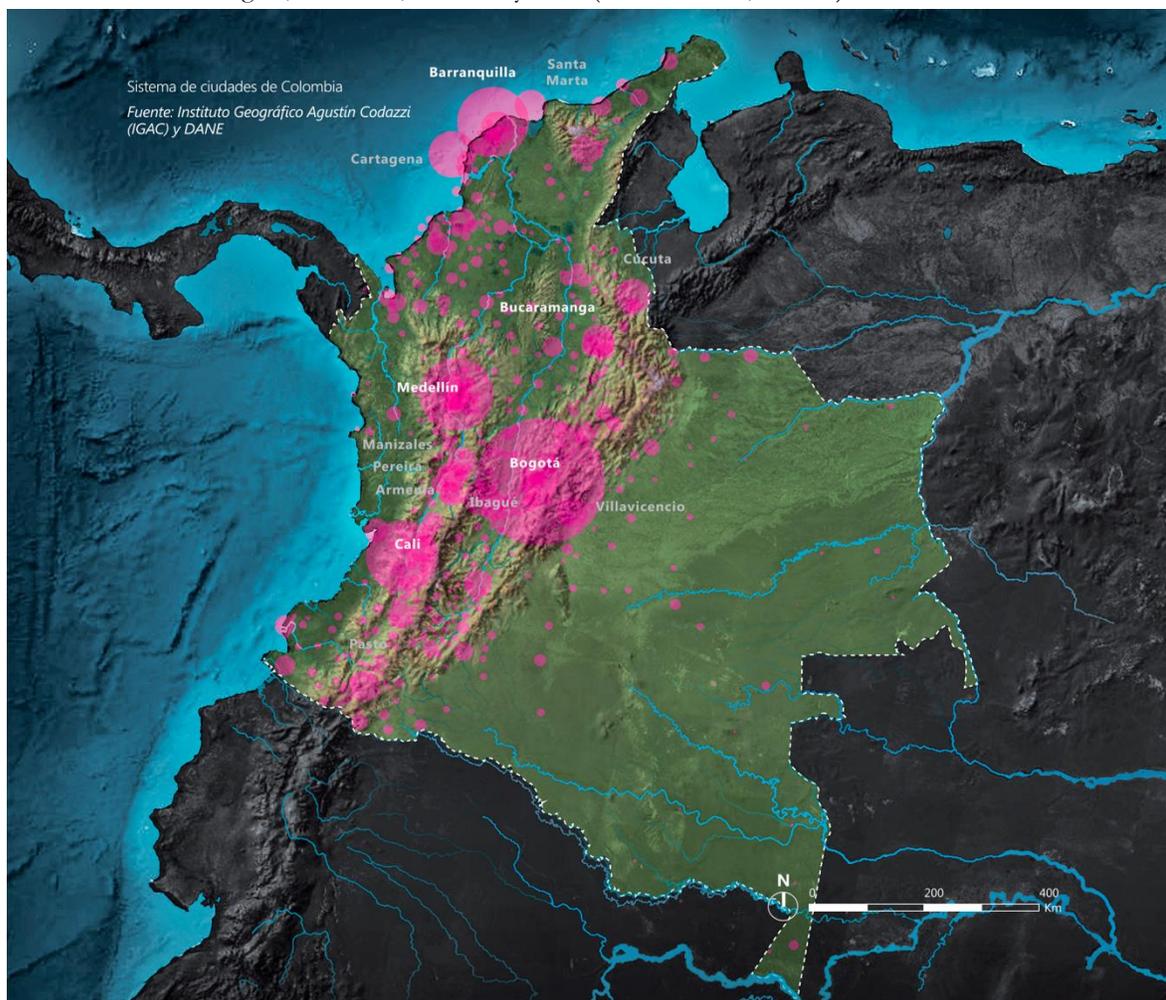
De la anterior revisión se puede decir que los SRI de mayor visibilidad en la literatura son Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá, Santander, y la apuesta de desarrollo de la región norte de Colombia denominada Dimanante Caribe, reconociendo también el trabajo realizado por la Universidad Nacional de Colombia en el 2017 para el MinCIT<sup>27</sup> e INNpuls, en cual se caracterizan los actores de 21 Ecosistemas de innovación y emprendimiento del país, llegando hasta las posibles fuentes de financiación.

<sup>27</sup> MinCIT: Ministerio de Comercio Industria y Turismo, para el cual uno de sus programas nacionales de incubación y aceleración de innovaciones y emprendimientos se realiza por medio de la agencia INNpuls (<https://innpulsacolombia.com>)

### 1.5.1 Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá (zona metropolitana)

En Colombia, los SRI de mayor preponderancia son los ubicados en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá zona metropolitana-Cundinamarca, representados por sus capitales Medellín, Cali y Bogotá (Ver Figura 1-12, en rosado las ciudades capitales de los departamentos. Ello es debido a que en estas tres regiones representan el 57% de la economía de Colombia según el PIB aportado, 14.9%, 10% y 32.1%<sup>28</sup> respectivamente (Colombia-Dane, 2021; Llisterri & Pietrobelli, 2011). De manera complementaria, en estas tres regiones se concentra el 63% de la oferta educativa superior colombiana, ello de acuerdo a la cantidad sedes de las IES localizadas en estas ciudades (Colombia-MEN, 2021a).

**Figura 1-12:** Ciudades principales de Colombia donde se ubican los SRI de Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá, Santander, Atlántico y otros (Fuente: IGAC, DANE).



<sup>28</sup> Según datos del Dane, Bogotá aporta el 26% y Cundinamarca el 6.1% del PIB de Colombia, en ese mismo orden, Santander (Bucaramanga) y Atlántico (Barranquilla) con el 6.2% y 4.5% respectivamente (Datos del 2020, con corte junio de 2021)

Los SRI de Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá, aunque poseen dinámicas empresariales y de relacionamiento distinto, guardan ciertas similitudes que han fomentado su desarrollo (Colombia-DNP, 2015a; Llisterra & Pietrobelli, 2011), entre ellas tenemos:

- Los tres fueron afectados de manera positiva con la (Colombia-Ley\_1286, 2009) que impulsó el avance del SNCTI, pero a la vez dio las condiciones para el desarrollo de los SRI.
- Organizaciones como los Consejos Departamentales de Ciencia Tecnología e Innovación (CODECTI) y los Comités Universidad Empresa Estado (CUEE), conformados por universidades, autoridades locales y el sector productivo, fueron actores importantes en la construcción de las relaciones entre las universidades, la región y su aparato productivo.
- En los tres SRI se presenta alta aglomeración productiva en las ciudades principales, de igual manera alta concentración de universidades, lo cual ha promovido la generación de conocimiento y la exploración para su aplicación en el desarrollo de nuevos productos de conocimiento como patentes, modelos de utilidad y diseños industriales, pero especialmente la provisión de servicios académicos como consultorías y ejecución de proyectos aplicados Universidad-Industria.

Los tres SRI descritos, poseen un amplio subsistema de generación de conocimiento, así como un subsistema productivo que lo absorbe, mediado por instituciones que promueven las interacciones entre las universidades y las empresas para su transferencia. A ello se suma el hecho que son las tres regiones con mayor desarrollo social, económico y tecnológico en Colombia, de ahí que su dinámica sea mayor que en el resto del país.

### 1.5.2 Santander y Norte de Santander

El desarrollo del nororiente de Colombia está atado a estos dos departamentos, cuyas capitales son Bucaramanga y Cúcuta (ver Figura 1.12). Desde el punto de vista macroeconómico, Santander y Norte de Santander aportan con el 6.2% y el 1.6%<sup>29</sup> del PIB del país. Adicionalmente, el estudio de la UNAL (2017), muestra que Bucaramanga y el área metropolitana conforman la quinta aglomeración urbana del país y es el eje de desarrollo de la industria, del comercio y los servicios de la región. Adicionalmente, Norte de Santander y su capital Cúcuta, desde el 2012, han involucrado de manera transversal en sus planes, programas y estrategias departamentales a la CTel como fuente de innovación, competitividad y productividad. Entre esas estrategias se pueden ver las agendas de innovación, los mapas y rutas competitivas, destacándose el turismo y el desarrollo de las TIC. De manera complementaria es necesario decir que la fortaleza de estas dos regiones es la presencia de importantes centros de investigación y de desarrollo tecnológico, así como un considerable número de universidades que sobresale del resto de los departamentos de Colombia (20 IES en Santander y 7 IES en Norte de Santander)<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> Según el reporte del Dane con datos del 2020, corte junio de 2021 (Colombia-Dane, 2021)

<sup>30</sup> Datos del SNIES- MEN, en (Colombia-MEN, 2021b)

Esta zona del país, tiene como ventaja comparativa su condición geográfica de frontera, por lo tanto se ha consolidado como un objetivo la internacionalización y la ampliación de los mercados a nivel región. En ese sentido, los dos departamentos han apostado por la sofisticación del aparato productivo en pro de la competitividad necesaria en los mercados internacionales, así como la creación de redes de comercialización para generar más exportaciones (UNAL, 2017).

### 1.5.3 Diamante Caribe y Santanderes

Según Colombia-Findeter (2016) el Diamante Caribe y Santanderes es un macro-proyecto de desarrollo que integra 11 departamentos de la zona norte de Colombia (ver Figura 1.12) desde la perspectiva de territorios y ciudades inteligentes. Este proyecto ha considerado el desarrollo de los SRI o ecosistemas de innovación como uno de sus ejes estructurantes para la implementación de territorios innovadores. Dichos sistemas regionales promoverán la consecución de equilibrios en competitividad, desarrollo social y sostenibilidad cultural y ambiental, por medio de iniciativas públicas y privadas. Se propone integrar aldeas, ciudades pequeñas, intermedias, llegando a las ciudades metropolitanas del norte de Colombia. Se pretende desarrollar proyectos de gran impacto cohesionados por una visión compartida, activando las redes de cooperación para crear un proyecto colectivo regional. Los departamentos o regiones involucradas en esta iniciativa diseñada por la Financiera de Desarrollo Territorial (Fideter) son: El Urabá antioqueño, Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Norte de Santander, Santander, Sucre, San Andrés Providencia y Santa Catalina, que en términos macroeconómicos es una región que aporta con el 22.4%<sup>31</sup> del PIB colombiano.

Los ejes estructurantes del Diamante Caribe son: la logística y el transporte, el turismo, la agro-economía, energía y el diamante digital. El eje diamante digital tiene como objetivo fortalecer y enlazar de manera colaborativa las áreas metropolitanas de Barranquilla, Bucaramanga y Cartagena, puesto que en estas ciudades está la masa crítica de capital humano, así como la centralidad y la conectividad para potenciar los ecosistemas de innovación de alcance regional, nacional e internacional. Estas capitales tienen las condiciones demográficas, económicas, la estructura productiva, la oferta universitaria, así como servicios e infraestructura de CTel, condiciones que asegura que los ecosistemas de innovación atraigan personas de alto nivel, generen actividades de innovación y transferencia tecnológica; por tanto, se mejore las capacidades en CTel y la competitividad de la región demarcada en el Diamante Caribe (Colombia-Findeter, 2014, 2016).

---

<sup>31</sup> Según el reporte del Dane con datos del 2020, corte junio de 2021 (Colombia-Dane, 2021)

## 1.6 Sistema Educativo Superior Colombiano

El Sistema Educativo Superior colombiano está formado por 298 Instituciones de Educación Superior (IES), que a su vez configuran 358 sedes<sup>32</sup> o campus distribuidos en el territorio colombiano (ver Figura 1.13). Estas instituciones cuentan con un reconocimiento oficial como prestadoras del servicio educativo a nivel terciario. Las IES son clasificadas según su carácter académico o campo de acción en: Instituciones Técnicas Profesionales, Instituciones Tecnológicas, Instituciones Universitarias o Escuelas Tecnológicas y Universidades (donde Universidad es el nivel más alto de las IES). De igual modo, según su naturaleza jurídica se clasifican en privadas y públicas. La clasificación y la cantidad de IES colombianas por categoría se puede ver en la Tabla 1.3 (Colombia-Ley 30, 1992; Colombia-MEN, 2019).

Según el carácter académico, las instituciones técnicas profesionales a nivel de pregrado ofrecen programas de formación como técnicos profesionales, los cuales están centrados en ocupaciones de carácter operativo e instrumental. Este tipo de IES en posgrado ofrecen especializaciones técnicas profesionales en su campo. Continuando con un nivel adelante, las instituciones tecnológicas para pregrado, además de estar capacitadas para impartir programas técnicos profesionales, ofrecen programas tecnológicos y en posgrado brindan especializaciones relacionadas. Es necesario decir que la duración de los programas técnicos profesionales está entre dos y tres semestres y que para los programas tecnológicos la duración es de 6 semestres en promedio.

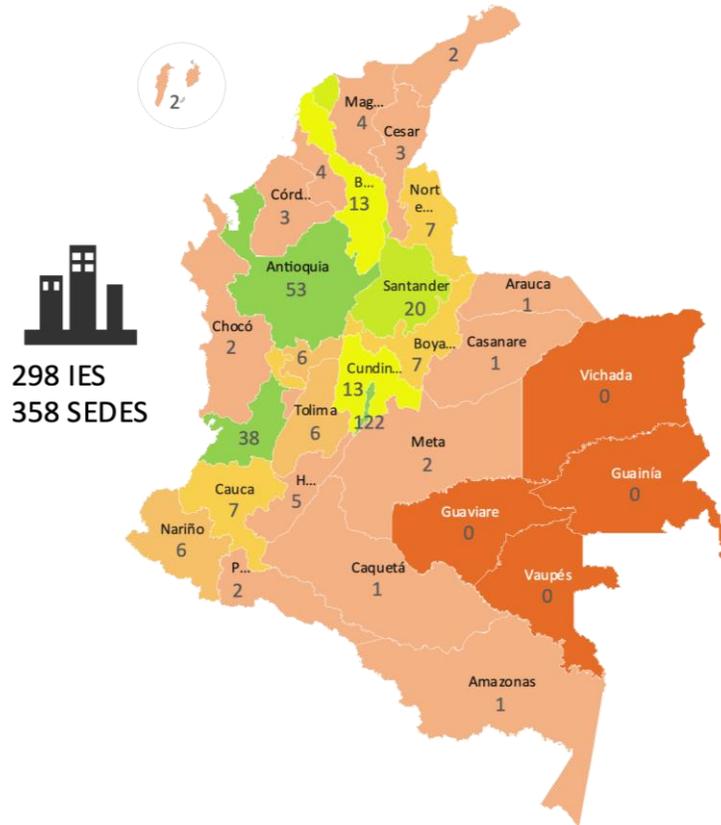
En el siguiente nivel están las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas, además de estar habilitadas para ofertar los programas vistos en las instituciones técnicas y tecnológicas (TyT), también contribuyen en la formación académica profesional o disciplinar a nivel de pregrado y programas de especialización profesional en posgrado. Este tipo de instituciones pueden optar por ofrecer programas de maestría y doctorado si cumplen con los requisitos de calidad exigidos por la regulación colombiana, entre ellos, experiencia en investigación de alto nivel, así como la consolidación de programas (especialmente en ciencias básicas) que brinden soporte a los programas de formación avanzada.

El más alto nivel de las IES son las universidades, ya que son instituciones que acreditan en su desempeño un criterio de universalidad, aparte de que realizan actividades de investigación científica y tecnológica. Además, brindan formación profesional disciplinar y producen, desarrollan y transmiten conocimiento de carácter universal y nacional. Estas universidades tienen la capacidad de ofertar cualquier tipo de programas de pregrado y en posgrado imparten programas académicos de especialización, maestría, doctorado y posdoctorado.

---

<sup>32</sup> Datos del SNIES- MEN, en (Colombia-MEN, 2021b)

**Figura 1-13:** IES y Sedes distribuidas en los departamentos de Colombia. Elaborado en base a datos de SNIES (Colombia-MEN, 2021b)



**Tabla 1.3:** Clasificación de las IES en Colombia (en base a Colombia-MEN, 2021a) con corte a mayo de 2022

Carácter	Público	Régimen Especial	Privado	Total
Universidad	33	1	55	89
Institución universitaria / escuela tecnológica	19	13	102	134
Institución tecnológica	4	5	36	45
Institución técnica profesional	9		21	30
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>19</b>	<b>214</b>	<b>298</b>

Considerando la clasificación de acuerdo a la naturaleza jurídica de las IES, en esencia de cómo fueron creadas se tiene lo siguiente:

Primero, se argumenta que las instituciones privadas deben tener una personería jurídica de utilidad común denominada “sin ánimo de lucro” y deben estar organizadas como corporaciones, fundaciones o instituciones de economía solidaria, de tal manera que prevalezca la misión educativa y si existen

utilidades en su ejercicio, estas deben ser reinvertidas en el desarrollo de su misión (Colombia-Ley 30, 1992).

Segundo, las IES públicas o del estado pueden ser catalogadas, o bien como establecimientos públicos o entes autónomos. Si son clasificados como establecimientos públicos, estas IES son regidas con las leyes generales y la normatividad de las entidades públicas del país. Ahora bien, si son entes universitarios autónomos, estos entes tienen una jurisprudencia propia desde el orden legal y constitucional, lo cual les brinda una autonomía especial en la manera de manejar su presupuesto, en la forma de contratar, además tienen su propio régimen salarial y reciben aportes especiales por parte del Gobierno Nacional (Colombia-Ley 30, 1992).

Finalmente, desde el punto de organizaciones conformadas por las diferentes IES, se tiene el Sistema de Universidades Estatales (SUE) constituido por las universidades públicas (Colombia-Ley 30, 1992); la REDTTU red Colombiana de instituciones Técnicas profesionales, Tecnológicas y Universitarias públicas que tiene como objetivo fortalecer la Educación Técnica Profesional y Tecnológica para contribuir con mejorar la competitividad y el desarrollo del país; ASCUN Asociación Colombiana de Universidades que agrupa a 90 IES públicas y privadas que tiene como proyecto país internacionalizar la educación superior colombiana, y otras organizaciones.

## 2. Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación

En el contexto de los sistemas de innovación y emprendimiento en sus diferentes niveles: nacionales, regionales, sectoriales, locales; así como en sus diferentes configuraciones, triple, cuádruple y quintuple hélice que explican las relaciones universidad, estado, empresa, sociedad y medio ambiente (Carayannis & Campbell, 2010; Etzkowitz et al., 2007), las universidades son uno de los actores fundamentales que contribuyen en el proceso de cambio científico y tecnológico. Las universidades como instituciones de educación superior (IES) son quienes generan y acumulan conocimiento por medio de la investigación. Además, producen graduados y proponen a la comunidad programas de extensión y proyección social, e iniciativas de emprendimiento como formas de transferir, difundir o democratizar ese conocimiento (Etzkowitz, 2001; Etzkowitz et al., 2001; Göransson & Brundenius, 2011).

La transferencia de conocimiento (TC) es un proceso fundamental que forma parte los sistemas de innovación, donde el desempeño del sistema se relaciona directamente con la efectividad de la TC, desde las fuentes generadoras como las IES<sup>33</sup>, centros de investigación y desarrollo tecnológico, hacia las organizaciones de las regiones que forman parte de los sistemas regionales de innovación. Los autores proponen que el éxito o efectividad de un sistema de innovación-emprendimiento se da si la transferencia de conocimiento responde con las necesidades locales, sectoriales, de tal modo que el conocimiento sea absorbido por las organizaciones productivas y sociales. Ello implica que los profesionales graduados por las IES sean vinculados en el mercado laboral, que los proyectos colaborativos de investigación ayuden al desarrollo de las apuestas productivas de la región, en otras palabras, que exista un relacionamiento activo entre los actores que forman parte de estos ecosistemas (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Galan-Muros & Davey, 2019; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014)

La transferencia de conocimiento universidad-empresa-sociedad ha sido abordada con diferentes denominaciones y enfoques tales como: transferencia de tecnología, relacionamiento universidad-industria, colaboración universidad-industria, ecosistema de colaboración universidad-empresa y otros. El presente capítulo es un marco de referencia teórico de los conceptos y elementos que explican la

---

<sup>33</sup> Se denominan IES a las instituciones de educación superior, para el desarrollo de este trabajo se usan los términos IES y universidades en el mismo sentido.

transferencia de conocimiento en un sistema de innovación, enfocado desde la perspectiva de la universidad que hace investigación básica y aplicada, genera conocimientos tecnologías y nuevas formas de resolver problemas o mejorar situaciones, donde el conocimiento es la fuente de esos nuevos desarrollos. El capítulo inicia tratando los conceptos sobre qué es el conocimiento, hace un recorrido sobre los tipos de conocimiento aplicado al contexto de la investigación, luego explica cómo sucede el fenómeno de transferencia de conocimiento y cuál es el contenido del conocimiento transferido

## 2.1 ¿Qué es el Conocimiento?

### 2.1.1 Perspectivas Acerca del Conocimiento.

Desde la antigua Grecia, el definir el concepto de conocimiento ha ocupado la vida de muchos filósofos, psicólogos y académicos. Nonaka & Takeuchi (1999, p. 22) citan a Platón y dicen que “el conocimiento es una creencia verdadera y justificada” que incrementa la capacidad de una persona u organización para realizar alguna acción efectiva. Dependiendo de la perspectiva desde la cual se aborde el conocimiento, este puede ser visto como: a) un estado de la mente, b) un objeto, c) un proceso, d) una condición de acceso a la información, o e) una capacidad; en donde dependiendo de la perspectiva abordada, se debe ajustar la forma de su gestión y tratamiento (Alavi & Leidner, 2001; Segarra & Bou., 2004).

a) Al tomar el conocimiento como un estado de la mente, se propone que el nivel de entendimiento que posee un individuo lo ha adquirido por medio de la experiencia y estudio, es un estado conseguido por un conjunto de cosas que ha percibido, descubierto o aprendido. Esta perspectiva supone que los individuos son capaces de extender las capacidades personales adquiridas y aplicarlas a las necesidades de las organizaciones. b) La segunda perspectiva propone al conocimiento como un objeto, el cual puede ser manejado, almacenado, administrado, transmitido. c) También el conocimiento puede verse como un proceso de aprender y actuar, que se enfoca en la aplicación de la experiencia para resolver problemas y plantear nuevos retos. d) Otro punto de vista sobre el conocimiento es bajo la condición de acceso a la información y al conocimiento ordenado de una organización, el cual es una extensión de la visión del conocimiento como un objeto. e) La quinta perspectiva del conocimiento es verlo como una capacidad, la cual tiene el potencial de influir en acciones futuras. Este punto de vista trasciende al razonamiento acerca de la información, lo cual a su vez habilita la resolución de problemas, la toma de decisiones, el aprendizaje y la enseñanza (Alavi, Leidner, 2001; A. T. Alexander & Childe, 2012).

Considerando los diferentes puntos de vista acerca del conocimiento, se plantean diferentes formas para su manejo. Si el conocimiento es visto como objeto o es equiparado como acceso a la información, entonces, la gestión de conocimiento se enfocaría en construir y manejar activos que se pueden almacenar, transferir, comercializar. Ahora bien, si se visualiza el conocimiento como un proceso, la gestión se focaliza en manejar los flujos de conocimiento y el proceso para crear, compartir y distribuir. Adicionalmente, si la perspectiva es considerar el conocimiento como capacidad, su gestión se debe centrar en crear competencias y habilidades basadas en el conocimiento tácito y empírico de cada individuo y la creación de capital intelectual. Lo anterior implica que, dependiendo de las diferentes perspectivas de entender el conocimiento, emergen las diferentes estrategias para su manejo y administración (Alavi & Leidner, 2001; A. T. Alexander & Childe, 2012). Cabe anotar que este escrito

retoma los puntos de vista del conocimiento como un proceso y una capacidad, puesto que ayudan a explicar el fenómeno de transferencia de conocimiento desde las IES a las organizaciones.

### 2.1.2 Tipos de Conocimiento

Los tipos de conocimiento se puede catalogar de acuerdo a sus atributos, la literatura académica propone diferentes clasificaciones, entre otras dice que el conocimiento puede ser: tácito, implícito, explícito, individual, social, declarativo, procedimental, causal, condicional, relacional, pragmático. La tabla 2.1 presenta la definición de cada uno de ellos, pero el desarrollo de este trabajo recurre a los conceptos de los tres primeros tipos de conocimiento, dado que contribuyen en el desarrollo teórico para explicar la TC universidad-organizaciones.

**Tabla 2.1:** Clasificación de los de Conocimiento, adaptado de Alavi & Leidner (2001)

Tipos de Conocimiento	Definiciones
Tácito <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cognitivo</li> <li>● Técnico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de conocimiento está fundamentado en la acción/aplicación, experiencia y su interacción en un contexto específico, el cual reside en el individuo o en la colectividad. El conocimiento tácito tiene dos componentes, el primero es el componente cognitivo que se refiere a los modelos mentales de cada individuo, sus creencias, conocimientos, puntos de vista. El segundo componente, denominado, técnico considera de manera concreta el saber hacer (know-how), las habilidades, el manejo de herramientas, conocimiento aplicado a un contexto o una tarea específica (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; A. T. Alexander &amp; Childe, 2012, 2013; Liebowitz &amp; Beckman, 1998; Nonaka &amp; Takeuchi, 1999).</li> </ul>
Explícito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el conocimiento generalizado, articulado, codificado y comunicado de manera escrita, de manera oral en un lenguaje natural, tales como libros, manuales, videos, etc. Este tipo de conocimiento reside en los documentos y dispositivos de almacenamiento como conocimiento formal y bien organizado (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; A. T. Alexander &amp; Childe, 2012, 2013; Liebowitz &amp; Beckman, 1998; Nonaka &amp; Takeuchi, 1999).</li> </ul>
Implícito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tipo de conocimiento se refiere al estado de transición entre el conocimiento tácito y explícito y viceversa, además propone que diferentes niveles de conocimiento tácito y explícito pueden existir en los procesos de transferencia según las situaciones. Adicionalmente, se dice que al igual que el conocimiento tácito, también reside en la mente del individuo y de la organización, y se puede acceder a él generando preguntas y discusiones. El conocimiento implícito existe entre las dos categorías y se considera como el espacio/proceso que da inicio a la codificación del conocimiento tácito, incluye la localización y la organización de ese conocimiento para que llegue a ser estructurado y comunicado (A. T. Alexander &amp; Childe, 2012, 2013; Liebowitz &amp; Beckman, 1998).</li> </ul>
Individual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede también ser visto como conocimiento creado por el individuo e inherente a la persona, a su mente, a su ser, como por ejemplo la generación de nuevos puntos de vista después de la realización de un proyecto, o después de haber terminado un proceso de formación (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Nonaka &amp; Takeuchi, 1999).</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se refiere al conocimiento creado e inherente a las acciones colectivas de un grupo, los valores y la cultura de una organización. El compartir experiencias, modelos mentales, habilidades y</li> </ul>

	técnicas que son aprendidos por medio de la observación. Por ejemplo, las normas de comunicación que pueden darse al interior de un equipo de trabajo, tanto de manera formal o informal, en el desarrollo diario de las actividades laborales (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Nonaka & Takeuchi, 1999).
Declarativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este tipo de conocimiento es descriptivo y facilita la comunicación, es conocer acerca de algo específico de manera compartida explícita, además es estático y concreto. De tal manera que este conocimiento depende del contexto y solo permite ser empleado cuando se reproducen las circunstancias precisas para su uso (know-about) (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Aparicio, 1995; Segarra &amp; Bou., 2004; Zack, 1999).</li> </ul>
Procedimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este conocimiento, en contraste al conocimiento declarativo, propone que el conocimiento no es solo para decirlo o declararlo, sino para hacer cosas. El objetivo del aprendizaje en las personas no es "el saber que", sino aplicar el conocimiento para resolver problemas "el saber cómo", aprender a hacer (know-how), el cual se manifiesta en la realización de los procedimientos y aplicación de las reglas. Este conocimiento se aprende y se manifiesta haciendo; por lo tanto, es un conocimiento tácito (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Aparicio, 1995; Segarra &amp; Bou., 2004; Zack, 1999).</li> </ul>
Causal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este conocimiento plantea el entendimiento del porqué suceden las cosas en un esquema de causa-efecto (know-why). A nivel de una organización, el conocimiento causal es explícito, compartido y posibilita la coordinación para alcanzar resultados colectivos (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Segarra &amp; Bou., 2004; Zack, 1999).</li> </ul>
Condicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este conocimiento contiene tanto al declarativo como al procedimental en un nivel teórico e influye en las decisiones de acuerdo a las circunstancias. Además, permite entender cuándo (know-when) y por qué aplicar los conocimientos declarativos o procedimentales (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Zack, 1999).</li> </ul>
Relacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es el conocimiento que puede ser organizado en estructuras complejas, análogas al mecanismo central de cómo funciona el razonamiento, por ejemplo, la planeación. También se propone como el entendimiento de los enlaces con los demás tipos de conocimiento (know-with). (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; Halford, 1996; Zack, 1999).</li> </ul>
Pragmático	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este enfoque identifica los conocimientos que son útiles para la organización, como ejemplo se tienen el conocimiento acerca procesos, productos, los clientes, los competidores, las buenas prácticas, modelos de negocio, experiencias de gestión de proyectos y demás. (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001)</li> </ul>

Como se describió anteriormente, existen diferentes puntos de vista y clasificación de los tipos de conocimiento. Para ese trabajo se hace necesario considerar los conceptos; especialmente los estados tácito, implícito y explícito; para entender el fenómeno de la TC entre las universidades y las diferentes organizaciones. La Figura 2.1 (denominada Continuum) muestra la interacción entre estos tres tipos de conocimiento, donde en la derecha se encuentran el tácito y en la izquierda el explícito mediados diagonalmente por un estado de transición o conocimiento implícito

**Figura 2-1:** Continuum de tácito a explícito (A. T. Alexander & Childe, 2012, p. 537)

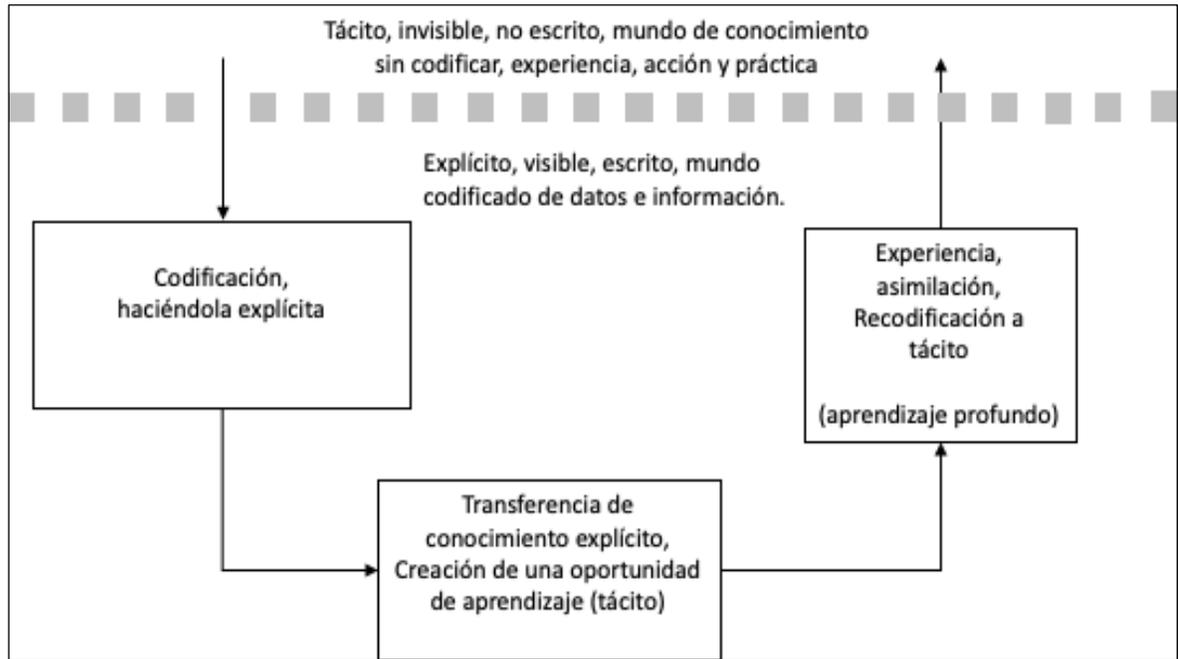
Esta representación ha considerado que en las personas y en las organizaciones existen diferentes niveles de conocimiento tácito y explícito, además propone que el conocimiento tácito se puede transferir en cualquier nivel, teniendo en cuenta que para ello se necesita un mayor esfuerzo. Este conocimiento se puede transferir, no solo en la concepción lineal que plantea que para compartirse se debe transformar primero en explícito por medio de la externalización (codificación); sino que también existe la posibilidad de la transferencia de conocimiento tácito a tácito, a través de la socialización o interacción continua entre los individuos y organizaciones que hacen parte de un sistema de innovación-emprendimiento (A. T. Alexander & Childe, 2012, 2013; Nonaka & Takeuchi, 1999).

## 2.2 El Proceso de la Transferencia de Conocimiento

El proceso de TC funciona en las dos vías, tanto desde las universidades a las organizaciones y viceversa. Esta transferencia es un fenómeno complejo y en el transcurrir del proceso de transferencia el conocimiento cambia de tipo o estado (tácito-implícito-explícito, explícito-implícito-tácito) al pasar por las etapas denominadas codificación, transferencia, y asimilación (Figura 2.2) (A. T. Alexander & Childe, 2012).

Para facilitar la explicación, en la Figura 2.2, se toma el lazo que inicia en las universidades. En ese sentido, suponemos la existencia de dos individuos, un profesor de una universidad (transmisor) y un estudiante, miembro de una organización comercial (receptor). El profesor va a transferir conocimiento por medio una clase, es decir, con sus habilidades intelectuales (conocimiento tácito); por lo tanto, en la primera etapa prepara su clase e inicia con el ensamble del conocimiento que él posee, haciendo el diseño de los contenidos de una materia y realizando la **codificación** para llevarlo a un estado explícito en lenguaje, información y textos para ser compartido con su estudiante. El estado intermedio de codificación donde el conocimiento es retenido, organizado en la mente del profesor y listo para transferirse, es el estado de transición del conocimiento denominado implícito (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; A. T. Alexander & Childe, 2013; Nonaka & Takeuchi, 1999).

**Figura 2-2:** Proceso de Transferencia de Conocimiento entre IES y Organizaciones (A. T. Alexander & Childe, 2012, p. 539)



Continuando con el proceso se llega a la segunda etapa denominada **transferencia**, en la cual el conocimiento explícito es compartido o transmitido de manera verbal y documentada, creando así una oportunidad de aprendizaje para el receptor. Este conocimiento explícito es recibido en la tercera etapa o de **asimilación o absorción**, donde sucede la conversión de conocimiento explícito a tácito. Esta etapa puede ser entendida como el proceso intelectual de cognición o interpretación, que sucede cuando el conocimiento explícito es recodificado por el receptor, quien le adiciona la habilidad de actuación o de aplicación.

Cada vez que sucede el proceso de transferencia, existe la posibilidad de pérdida de parte de ese conocimiento transferido en la etapa de asimilación o absorción cognitiva, puesto que esta absorción depende del conocimiento previo, de las habilidades, de la experiencia y la capacidad de interpretación que tiene el receptor. Nuevamente, en el proceso de recodificación de conocimiento explícito a tácito aparece también el estado implícito o de transición en la mente del receptor o de quien está absorbiendo ese nuevo conocimiento (Alavi, Maryam, E. Leidner, 2001; A. T. Alexander & Childe, 2013; Miguelez & Moreno, (2015); Nonaka & Takeuchi, 1999).

El ejemplo ha sido tomado para dos actores, y en una actividad específica de enseñanza, pero el modelo anterior que explica el proceso de TC se puede extrapolar a otras formas o canales de transferencia e interacción entre la universidad y las organizaciones productivas. Por ejemplo, la interacción de los graduados de las IES con los trabajadores de las empresas y organizaciones, debida especialmente a la formación, las publicaciones, la difusión de resultados de investigaciones, las iniciativas de emprendimiento, el licenciamiento de activos de conocimiento, el desarrollo colaborativo de proyectos de investigación, la movilidad de estudiantes y profesores, entre otras actividades. En todas ellas se están

presentes los elementos descritos el transmisor, la codificación, la transferencia, la asimilación y el receptor

### **2.3 La Transferencia de Conocimiento Universidad-Empresa-Sociedad**

Existe un consenso acerca de la relación causal que existe entre la transferencia de conocimiento; desde universidades, centros de investigación y otros generadores, hacia el aparato productivo y social; con el mejoramiento de las condiciones sociales y el crecimiento económico de las regiones donde este conocimiento es transferido, especialmente en la áreas de ciencia y tecnología, de ahí la importancia de conocer cómo se desarrolla la TC, sus conceptos, y sus modos de transferencia (Agrawal, 2001; Geuna & Muscio, 2009; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014)

La transferencia de conocimiento universidad-empresa-sociedad ha sido abordada con diferentes denominaciones y enfoques tales como: difusión de conocimiento, transferencia de tecnología, relacionamiento universidad-industria, colaboración universidad-industria, ecosistema de colaboración universidad-empresa y otros. La TC está enmarcada en la tercera misión de las universidades, entendida como un proceso de compromiso, de interacción y de colaboración que soporta los procesos de desarrollo social, económico a nivel regional, local, sectorial debido a las múltiples contribuciones entre la universidad y los ecosistemas de innovación (Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014). Se puede hacer trazabilidad del concepto y verificar que ya existían interacciones entre profesores universitarios y la industria desde la época medieval, pero en especial durante el siglo XIX cuando los gobiernos europeos (Francia y Alemania) y estadounidenses se dieron cuenta del círculo virtuoso entre la formación científica y la aplicación en la industria, aunque la conducta fue el fortalecimiento de la universidad en docencia e investigación, las universidades técnicas realizaban investigación aplicada orientada a la empresa, ello con el fin de impulsar la innovación y la aplicación de desarrollos científicos. (Geuna & Muscio, 2009; Peña-Reyes, 2015).

La institucionalización de la TC se puede atribuir a la creación de la primera Oficina de Licenciamiento Tecnológico (de sus siglas en inglés OTL) de la Universidad de Stanford en 1970 y la oficina de TC de la Universidad Católica de Leuven, Bélgica en 1973, las cuales gestionaban principalmente redes de contactos personales de investigadores y estudiantes para desarrollar proyectos de investigación con la industria. Posteriormente en 1975 la creación de los Centros de Investigación Cooperativa Universidad-Industria por parte de la Fundación Nacional de Ciencias (de sus siglas en inglés NSF) que ha financiado la investigación básica en las IES en Estados Unidos. De ahí en adelante han surgido los esfuerzos de las universidades del mundo para articularse con el sector productivo y formalizar estas interacciones por medio de la creación de las unidades de transferencia de conocimiento y tecnología (UTI) denominadas Oficinas de Transferencia Tecnológica, (OTT), Oficinas de Transferencia de Conocimiento (OTC), Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) y otras (Geuna & Muscio, 2009).

Autores como Brescia, Colombo, & Landoni (2014); Etkowitz & Leydesdorff (2000) no hacen diferencia entre transferencia de conocimiento (TC) y transferencia de tecnología (TI) y se usan los

términos en el mismo sentido y proponen que tanto la TC como la TT hacen referencia a toda la serie de actividades que involucran la movilidad de conocimiento respondiendo a los convenios sociales, los derechos legales, los intereses económicos, así como las actividades de transferencia de conocimiento implícito, explícito, tácito y la tecnología en uso. En la Tabla 2.2 se presentan las perspectivas acerca de la TC que los autores han abordado:

**Tabla 2.2:** Aproximaciones al concepto de Transferencia de Conocimiento (elaboración propia).

Concepto	Aproximación	Autores
Difusión de Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La difusión de conocimiento está estrechamente relacionada con el uso y aplicación de conocimiento a la práctica, más que con la formulación de marcos conceptuales para definir el proceso. Los programas de transferencia de conocimiento tienen como objetivo obtener resultados prácticos en la comunidad que se interviene.</li> <li>• La difusión de conocimiento, entendido como el proceso de libre movilidad de flujos de conocimiento entre los agentes que interactúan en un contexto o lugar determinado. Ese conocimiento puede ser explotado económicamente por los agentes que lo reciben; por lo tanto, tiene un efecto directo con la innovación y la producción regional que promueve el desarrollo económico y la cohesión.</li> </ul>	<p>(Martinez-Brawley, 1995)</p> <p>(Morone &amp; Taylor, 2009) (Migueluez &amp; Moreno, 2015)</p>
Transferencia de Conocimiento (TC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La TC está asociada con el intercambio de conocimientos entre los actores de un sistema o una red de individuos, que de manera probabilística pueden o no adoptar ese nuevo conocimiento.</li> <li>• La TC es el proceso por el cual el conocimiento, requerido para creación de cosas útiles se mueve de una organización a otra. Así, las prácticas de esa transferencia son definidas como las actividades que facilitan la movilidad de ese conocimiento de una organización a otra, tales como la enseñanza, la gestión de las interacciones y el compartir datos y tecnología.</li> <li>• La TC involucra dos acciones: la transmisión que envía o presenta el conocimiento al potencial receptor; y la absorción por las personas o grupo que recibe el conocimiento. Si el conocimiento no es absorbido, realmente no hubo transferencia. La TC promueve los cambios y la creación de nuevas ideas; por lo tanto, es el motor de la innovación.</li> </ul>	<p>(Klarl, 2014)</p> <p>(Bloedon &amp; Stokes, 1994)</p> <p>(Philip Cooke &amp; Schwartz, 2007; Migueluez &amp; Moreno, 2015)</p>
Transferencia de Tecnología (TT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La TT está relacionada estrechamente con las actividades de compromiso académico con la industria, el emprendimiento académico y la comercialización de la ciencia. Además, enfatiza sobre el patentamiento y el licenciamiento y propone a las oficinas de transferencia de tecnología (OTT) como primer agente para la comercialización de tecnología. Sus resultados han sido evidenciados con procesos de divulgación de nuevos conocimientos, patentes, licencias, ingresos por patente, spinoffs y otros.</li> </ul>	<p>(Hayter et al., 2020) (Gulbrandsen and Rasmussen 2012).</p>
Colaboración-Cooperación/Relaciones Universidad-Industria (CUI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La colaboración o el relacionamiento Universidad-Industria (CUI) dinamiza la transferencia de conocimiento y se entiende como el flujo en doble vía de conocimientos, habilidades, capacidades, buenas prácticas, entre colaboradores pares de la academia y de la industria. Desde el punto de vista de la universidad la CUI se realiza con el fin de generar impacto para la sociedad y financiar los proyectos de investigación. De</li> </ul>	<p>(A. Alexander et al., 2020; Ankrah &amp; AL-Tabbaa, 2015; Dalmarco et al., 2019; Guerrero et al., 2015)</p>

Concepto	Aproximación	Autores
	manera similar, desde el punto de la industria con la necesidad de nuevo conocimiento, nuevas habilidades y equipo, lo cual en conjunto fortalece la innovación y el desarrollo.	
Colaboración-Cooperación/Relaciones Universidad-Empresa (CUE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La colaboración o relacionamiento universidad-empresa (CUE) hace referencia a todo tipo de colaboraciones directas e indirectas entre las instituciones de educación superior y las organizaciones públicas y privadas para un beneficio mutuo. La CUE acerca y borra los límites entre la universidad tradicionalmente aislada y la industria autosuficiente porque crea y fortalece las redes entre ellos, además de crear ventaja competitiva y reputación.</li> </ul>	(Davey et al. 2011) (Galan-Muros & Davey, 2019)

Un aporte desde la revisión de los conceptos acerca de la TC es entenderla como el proceso constituido por toda la serie de actividades de intercambio de conocimiento, tecnología, experiencia y capacidades de colaboración entre los actores de los ecosistemas de innovación (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014). Para el caso en particular, la transferencia de conocimiento hace referencia a la movilidad de los activos de conocimiento desde y hacia las universidades para que sean aplicados más allá de sus límites y generen beneficios en la economía y en la sociedad (Galán-Muros & Plewa, 2016; Holi et al., 2008; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014). En pocas palabras, es un concepto amplio que cubre las definiciones planteadas en los párrafos anteriores.

## 2.4 La Transferencia de Tecnología

En el proceso de TC entre las universidades y las organizaciones (industriales, empresariales y sociales), el contenido del conocimiento transmitido, bajo el concepto de transferencia de tecnología (TT) dependen del nivel de desarrollo y de las capacidades científico-tecnológicas de los actores y de las políticas e intereses que dinamizan esa movilidad de conocimiento.

El contenido transmitido en forma de tecnología depende de la madurez tecnológica, tanto de la universidad como de la organización, el tipo de la investigación científica que se lleva a cabo y el tipo de innovación que se desea fortalecer. El grado de madurez tecnológico (readiness) indica el grado de madurez de una tecnología específica como también las capacidades de las organizaciones (Salazar & Russi-Vigoya, 2021); conocido como *Technology Readiness Level (TRL)*: esta es una escala de 1 a 9 creada por la NASA en los años 70, adaptada también por los programas de la Unión Europea para evaluar la madurez de ciertas tecnologías. El modelo brinda un entendimiento del estado de la tecnología al contrastarse con toda la cadena de valor en el proceso de innovación. Stokes (1997) divide el conocimiento en tres categorías: la investigación básica pura, la investigación básica inspirada en el uso y la investigación aplicada pura, las cuales son el resultado del proceso científico. Los autores Perkmann & Walsh (2009) dividen el impacto de la producción científica en cuatro tipos: resolución de problemas, desarrollo tecnológico, prueba de ideas, y generación de conocimiento. Con los elementos anteriores descritos, Dalmarco et al. (2019) propone la clasificación del contenido en forma de transferencia tecnológica en el fenómeno de transferencia de conocimiento (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3:** Contenido de los flujos de conocimiento transmitido (a partir de Dalmarco et al., 2019, p. 4).

Contenido del conocimiento o tecnología transmitida	Descripción
Tecnología básica	Refiere a la observación y el reporte de principios científicos que tienen origen en la investigación básica, en artículos, prototipos, patentes y en enlaces relacionales universidad-organización.
Tecnología estratégica	Es la aplicación práctica de la investigación básica, incluye la validación de protocolos y la prueba de nuevos conceptos. Especialmente se observa cuando se forman consorcios o uniones entre universidades e industrias para desarrollar proyectos de investigación.
Tecnología aplicada	Es el desarrollo de una tecnología aplicada a un mercado específico para realizar mejoras incrementales. Esto puede ser observado en los contratos de investigación, contratos de consultoría y contratos informales
Tecnología simple o existente	Corresponde a la tecnología basada en adaptación de conocimiento que se encuentra listo y disponible en la academia y en sus laboratorios. Es visible en soluciones que provienen de las actividades académicas rutinarias, donde se resuelven problemas de baja complejidad, los cuales tienen objetivos claros y realizables.

Del lado del contenido del conocimiento que se transmite, generalmente las universidades son las que establecen la relaciones con sus pares, cuando se trata de desarrollar tecnología básica. En contraste, las organizaciones son las que buscan el relacionamiento cuando se requiere desarrollar productos o resolver problemas que involucren tecnologías aplicadas o tecnologías existentes de acuerdo a la demanda del mercado. Es necesario decir que la dirección del flujo de conocimiento lo determina la universidad o la organización productiva que inicia la interacción de acuerdo a sus intereses. Por otro lado, donde se considera el nivel tecnológico, las universidades con desarrollo limitado establecen sus pares para desarrollar proyectos conjuntos de tecnología aplicada y existente con empresas de similar nivel tecnológico (Dalmarco et al., 2019).

## 2.5 Los Sistemas Regionales de Innovación como Sistemas Complejos

Las principios y características de los sistemas complejos pueden ser aplicados a los SRI, ya que son sistemas sociotécnicos donde convergen personas, leyes, objetos, formas de hacer o tecnologías, organizaciones, intereses y demás; lo cual hace que sean sistemas compuestos por actores heterogéneos quienes interactúan e intercambian información con el fin de dinamizar el desarrollo de la innovación. Estos sistemas están compuestos por agentes autónomos, quienes interactúan de manera no lineal. También se ha evidenciado que el resultado de los comportamientos individuales determina el comportamiento colectivo para generar resultados emergentes. Adicionalmente, este tipo de sistemas tienen la capacidad de aprendizaje y adaptación a las nuevas condiciones de funcionamiento, de tal manera que evolucionan, y en muchas oportunidades llegan a modificar su estructura (Durlauf, 1998; Holland, 2014; Page, 2015).

De un lado, según Holland (2014) las propiedades comunes de los sistemas complejos se pueden describir en lo siguiente:

- o Están conformados por un gran número de componentes o agentes simples, en comparación a la complejidad del sistema en su totalidad.
- o Tienen un gran número de interacciones no lineales entre los agentes, lo cual hace difícil entender cuál es la estructura que los relaciona; por tanto, es difícil predecir su comportamiento individual. También en ellos se presentan interacciones fuertes y débiles, donde es posible detectar el patrón de relacionamiento para su estudio.
- o No tienen un control central, los agentes tienen autonomía para comportarse de manera impredecible.
- o En ellos aparecen comportamientos emergentes, referentes a estructuras jerárquicas, a procesamiento de información, a las dinámicas del sistema, a la evolución y al aprendizaje.

De otro lado, un SRI es considerado un sistema complejo porque es el resultado de un proceso de creación y evolución de instituciones, normas, políticas o agentes y relaciones que se generan entre estos elementos del sistema, con el objetivo de ayudar a la formación, conservación y multiplicación de las dinámicas de los procesos de innovación en un territorio determinado (P Cooke, 2004; Philip Cooke et al., 1997; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Yam et al., 2011). Lo anterior guarda estrecha relación con características como: el gran número de elementos individuales que actúan y se relacionan; así como emergencias dinámicas colectivas que no están definidas por las características particulares de los componentes (Durlauf, 1998; Hjørland et al., 2015; Holland, 2014).

Agregando a lo anterior, la TC Universidad-Región es un fenómeno que forma parte de un SRI, de tal manera que se debe entender como un subsistema social complejo, dado que, la TC posee elementos interconectados e interrelacionados, conformando estructuras donde algunos actores tienen más preponderancia que otros, adicionalmente en este fenómeno se pueden visualizar dinámicas, tipologías y formas de adaptación, las cuales se pueden caracterizar como redes complejas (Carayannis & Campbell, 2012; Holland, 2014; Melo et al., 2018; Tripl & Tödting, 2007; Wang & Sun, 2016).

## 2.6 La Transferencia de Conocimiento como un Proceso Epidémico sobre Redes Complejas

La TC Universidad-Región<sup>34</sup> puede ser considerada una red compleja, sobre la cual sucede un proceso de difusión de conocimiento. En primera instancia el tipo de estructura en red está compuesta de muchos agentes que influyen (y son influenciados) de manera dinámica en (y por) los nodos adyacentes que están interconectados y localizados en la red de manera heterogénea. En adición, ellos interactúan y se comportan de manera autónoma tomando sus propias decisiones. También se afirma que, en las redes, los nodos o agentes aprenden y evolucionan porque son capaces de adaptarse a nuevas condiciones, de tal manera que ajustan su estructura a medida que aparecen y desaparecen nodos en la red (Figura 2.3). Entre esos nodos de la red tenemos universidades, graduados, entidades públicas y privadas que regulan y promueven la TC, así como las organizaciones que conforman la estructura productiva de las regiones. Otro aspecto es que en la red de TC fluye información y conocimiento entre los diferentes nodos, los cuales tienen actores con diferentes ideas, capacidades y conocimientos; por lo cual, la TC es mayor en unos nodos comparados con otros.

En síntesis, la red de TC es una red compleja donde los procesos de toma de decisiones son subjetivos en cada nodo, lo cual genera dinámicas de corto plazo. También se tiene que ciertos nodos y sus relaciones son más relevantes que otras, de tal manera que la superposición de las decisiones individuales produce comportamientos emergentes a toda la red, comportamientos que su vez producen factores incontrolables y sucedan eventos inesperados, presentando inestabilidad e incrementando la complejidad cuando la red evoluciona (Fløysand & Jakobsen, 2011; Gilbert et al., 2014; Holland, 2014; Long & Li, 2014; Wang & Sun, 2016).

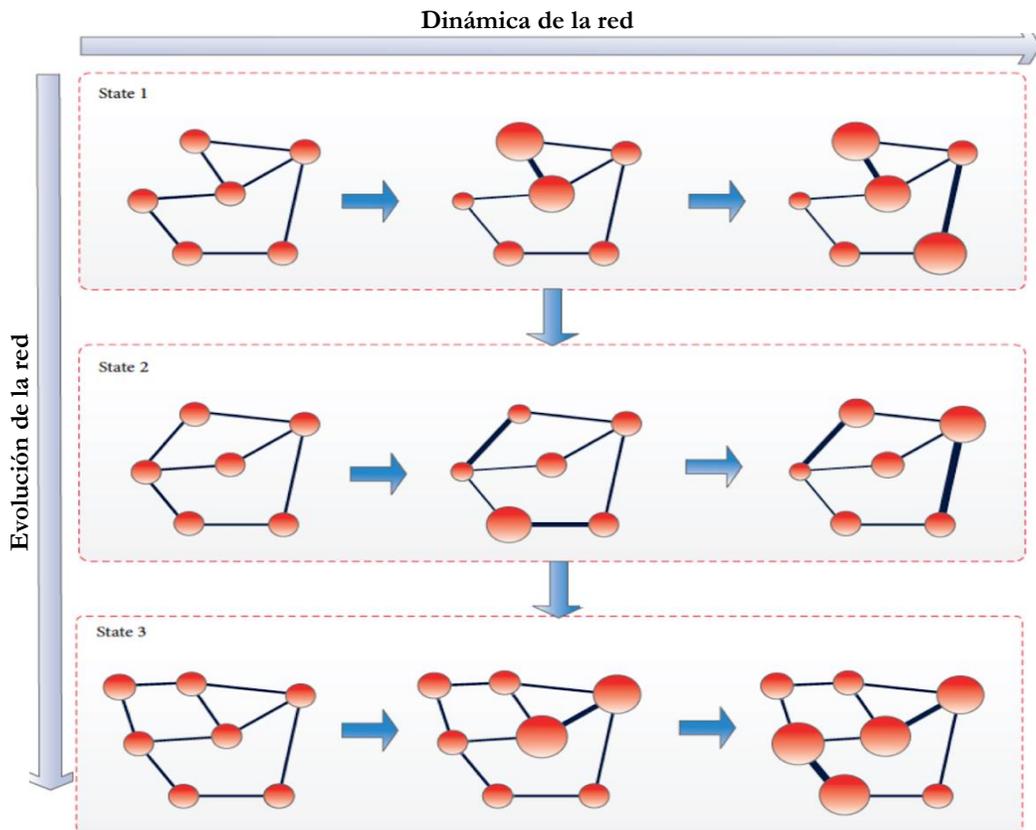
En segunda instancia, esta investigación ha considerado que la dinámica de la TC es un proceso epidémico que sucede sobre redes complejas y es tomado como un homomorfismo, puesto que conserva la misma estructura algebraica. Ello supone que el conocimiento se transfiere debido a la constante interacción de las personas y organizaciones que forman parte de la estructura de red. La teoría de los procesos epidémicos sobre redes ha sido desarrollada para explicar las dinámicas de la difusión de enfermedades y virus contagiosos tales como la varicela, VIH, influenza etc., entre los individuos o nodos que han tenido contactos o conexiones. Adicionalmente, la teoría de los procesos epidémicos ha sido usada para explicar fenómenos que suceden en las redes sociales (Twitter, Facebook), fenómenos como la difusión de rumores y noticias falsas que han generado cambios políticos y sociales en países y regiones. Para este estudio en particular se ha propuesto el modelo epidémico Susceptible-Infectado-Susceptible (SIS) donde existen dos tipos de agentes, los nodos infectados con conocimiento y los nodos susceptibles o no infectados. Cada nodo o individuo no infectado presenta la probabilidad de ser infectado, así como la probabilidad de sanarse o liberarse de la infección, lo anterior implica que el nodo que se sana puede ser contagiado nuevamente (Kermack & McKendrick, 1927; Newman, 2010; Paré et al., 2016).

---

<sup>34</sup> TC Universidad-Región es análogo al término general Transferencia de Conocimiento desde las Universidades hacia los Sistemas Regionales de Innovación para este documento.

La explicación del fenómeno de TC retoma la idea de la heterogeneidad de los nodos, (graduados, universidades, empresas e industrias, organizaciones dinamizadoras, organizaciones sociales, etc., localizadas en las regiones) en capacidades y oportunidades, condiciones que limitan o promueven el desarrollo y la eficiencia del fenómeno de TC entre las universidades y las organizaciones en las regiones

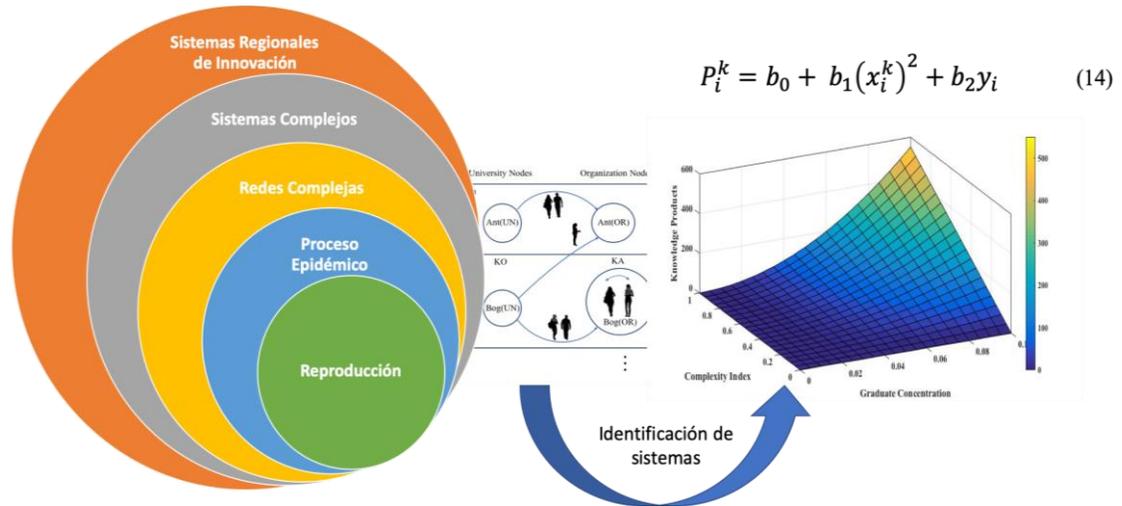
**Figura 2-3:** Dinámica y evolución de una red compleja (Wang & Sun, 2016, p. 4)



## 2.7 Encuadre de Teorías y Conceptos

La secuencia e interdependencia de teorías y conceptos utilizados que explican el fenómeno de transferencia de conocimiento universidad-región (Figura 2.4) se describe a continuación.

El fenómeno de TC se desarrolla en el contexto de los SRI con sus elementos y actores (P Cooke, 2004; Philip Cooke et al., 1997; Llisterri & Pietrobelli, 2011; Yam et al., 2011). Se tiene que un SRI puede ser abordado como un sistema complejo puesto que existen múltiples actores, asimetría en el flujo de información, así como en sus interacciones; también se observan comportamientos individuales entre sus elementos o actores, los cuales generan comportamientos emergentes inesperados (Durlauf, 1998; Holland, 2014; Page, 2015).

**Figura 2-4:** Secuencia de teorías que explican la transferencia de conocimiento universidad-región.

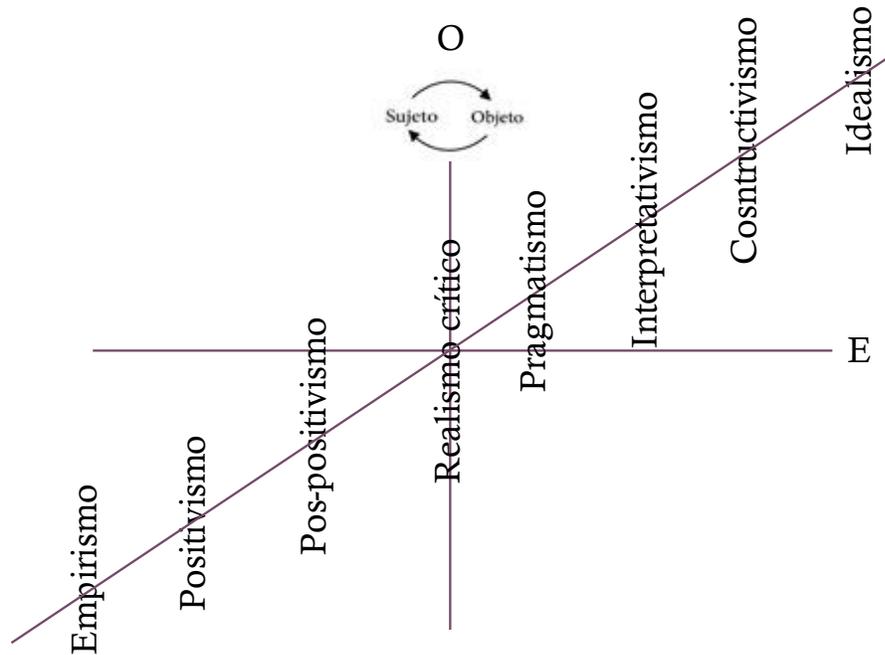
Adicionalmente, la movilidad de ese conocimiento; que para el caso de esta investigación se ha tomado el canal de TC vía capital humano, en otras palabras, estudiar el flujo de conocimiento que se difunde a través de los graduados STEM que van desde las universidades hacia las organizaciones localizadas en las regiones; es entendido como un homomorfismo del proceso epidémico de reinfección continua por la interacción entre nodos, el cual sucede en una estructura de redes complejas (Melo et al., 2018; Nowzari et al., 2016; Paré et al., 2016; Zhang et al., 2017). Además, se ha supuesto que esa infección de conocimiento se debe al continuo contacto entre las personas y organizaciones, lo que hace que el conocimiento sea heredado entre individuo cps (Bourdieu & Passeron, 1996).

Este proceso de movilidad de graduados STEM, desde las universidades, genera una concentración de individuos contagiados con conocimiento. Tal concentración a su vez tiene una relación positiva con la generación de productos de innovación en las regiones tales como nuevos productos y procesos, nuevas empresas, patentes, prototipos, modelos de utilidad y licencias industriales; en donde esta relación dinámica entre graduados y productos de innovación puede determinarse desde la teoría de identificación de sistemas si se conocen los flujos en las entradas y las salidas del fenómeno en estudio (Söderström & Stoica, 2001). Finalmente, es importante enfatizar que al final del día, la generación de productos de innovación produce desarrollo económico y bienestar para la comunidad de los territorios.

### 3. Ontología, Epistemología y Metodología de la Investigación

En el desarrollo de investigaciones académicas son abordadas desde diferentes paradigmas investigativos, de acuerdo al fenómeno que se desea estudiar. El abanico de posibilidades se puede dividir en dos grupos (Figura 3.1), en un lado están los paradigmas que se encargan de los problemas duros de las ciencias naturales y la mayor parte de los problemas de la ingeniería, los cuales normalmente son abordados desde el positivismo y el pos-positivismo, posiciones que son muy cercanos al empirismo, que suponen que lo real es lo que se puede observar, medir, sentir y cuantificar. En el otro lado, están los paradigmas como el constructivismo-posmodernismo, que suponen que la realidad se construye con discursos e historias, las cuales han sido aceptadas o consensuadas por las sociedades, por lo tanto, generan tendencias y estructuras sociales que soportan y replican esos fenómenos. Muchas veces, los fenómenos sociales que se pretenden estudiar tienen elementos y estructuras que se pueden interpretar desde las ciencias naturales, de tal manera que, el entender el mundo desde el realismo crítico supone a la realidad independiente del investigador, pero da la posibilidad que dicha realidad sea interpretada por el mismo, donde su educación, sus valores, su cultura son sesgos que hacen parte de esa interpretación.

Figura 3-1: Paradigmas de investigación, (construcción propia)



La Tabla 3.1 resume un compendio de 6 paradigmas que las comunidades académicas asumen para la investigación de problemas científico-sociales, destacando las posiciones que se aceptan desde la ontología, epistemología, metodología, axiología y el reconocimiento de la causalidad.

El autor para desarrollar esta investigación acerca del fenómeno de la TC Universidad-Región (U-R)<sup>35</sup> lo hace desde el paradigma del “*Realismo Crítico*” de Bhaskar (2008). Entre sus motivaciones está que parte del proceso investigativo involucra la observación y el análisis del comportamiento de las decisiones que toman las personas y organizaciones, de la dinámica y evolución de este sistema sociotécnico; todo lo anterior con el fin de explicar rigurosa y científicamente los mecanismos que mueven el fenómeno de TC entre las universidades y las organizaciones de la estructura productiva de los sistemas de innovación en las regiones colombianas. Adicionalmente, con el fin de explicar cómo TC ha influenciado la producción de activos de conocimiento, tales como: patentes, modelos de utilidad y diseños industriales, lo que al final del día se espera contribuyan en el desarrollo social y económico de estos territorios.

El estudio de la TC U-R como un fenómeno sociotécnico desde el paradigma del Realismo Crítico (RC), interpretando a Peña-Reyes (2010), propone que:

- Desde el punto de vista ontológico, la TC U-R es un fenómeno social que existe independientemente del observador y del conocimiento que el investigador pueda tener acerca del fenómeno.
- Desde el punto de vista epistemológico, la construcción del conocimiento está ligada a la interpretación que hace el sujeto acerca del fenómeno, lo cual depende de los conocimientos previos y los sesgos que el investigador pueda tener, de ahí que “la esencia del objeto no pueda ser alcanzada”.
- Continuando con el marco metodológico, el RC habilita la combinación de múltiples métodos (cuantitativos, cualitativos, mixtos) para identificar las situaciones problemáticas, apreciarlas o interpretarlas; analizarlas desde sus mecanismos hipotéticos que explican las tendencias emergentes, así como las estructuras que se legitiman a lo largo de tiempo. Posteriormente, evaluarlas y probar su validez, para finalmente intervenir el fenómeno estudiado.
- Desde el punto de vista axiológico, los valores personales, culturales, éticos y científicos influyen en la interpretación de los resultados y en las posteriores intervenciones que el sujeto pueda realizar sobre el fenómeno de la TC U-R
- Finalmente, el principio de causalidad supone que existen leyes estables en una ventana de tiempo relativamente largo para los fenómenos sociales, leyes parcialmente conocidas que son denominadas estructuras.

El desarrollo de este capítulo, después de la presentación resumida de las características de algunos paradigmas de investigación en la Tabla 3.1, continúa describiendo un marco referencial del Realismo Crítico y finalmente presenta el marco metodológico que rige esta investigación.

---

<sup>35</sup>Los términos Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación y TC Universidad-Región (U-R) tienen el mismo significado en el desarrollo de todo este texto académico.

**Tabla 3.1:** Resumen de los paradigmas de investigación, tomado de Peña-Reyes (2010, pág 129 )

Posición	Positivismo	Pos-Positivismo	Realismo Crítico	Pragmatismo	Interpretativismo	Constructivismo
Ontología	Realidad independiente del sujeto, es un realismo ingenuo, el mundo está hecho de necesidades	Realismo Trascendental	La realidad natural es independiente del sujeto (trascendental).	Realidad independiente. Elección de explicaciones que producen los resultados deseados	Dependencia de la realidad del sujeto y del objeto. Relativismo	Dependencia de la realidad del sujeto y del objeto. El mundo está hecho de muchas posibilidades. Relativismo
Epistemología	Objetivo	Dualismo modificado	La esencia del objeto no puede ser alcanzada. No se puede separar lo que se sabe de lo que no	Puede ser objetivo como subjetivo a conveniencia	La esencia del objeto no puede ser alcanzada. No se puede separar lo que se sabe de lo que no	La esencia del objeto no puede ser alcanzada o no existe. (Constructivismo Radical)
Metodología	Cuantitativo	Principalmente cuantitativo	Multi-metodología	Multi-metodología	Cualitativo	Cualitativo
Axiología (Valores)	Investigación libre de valores	La investigación aborda valores, pro no puede controlarlos	Los valores tienen un rol importante en la interpretación de los resultados	Los valores tienen un rol importante en la interpretación de los resultados	Empatía, revelando la experiencia vivida por los actores	Investigación íntimamente relacionada con los valores
Causalidad	Causas reales previas o simultáneas con efectos	Hay algunas leyes estables entre los fenómenos sociales. Pueden ser parcialmente conocidas	Hay algunas leyes estables entre los fenómenos sociales. Pueden ser parcialmente conocidas	Pueden tener relaciones causales, pero nunca se pueden conocer con precisión	Es imposible distinguir las causas de los efectos	Es imposible distinguir las causas de los efectos

### 3.1 El Punto de Vista del Realismo Crítico (RC)

El Realismo Crítico como paradigma de investigación concibe que el mundo, objeto o fenómeno de investigación, tiene principios causales y es independiente del observador. Propone que el conocimiento del objeto observado es dependiente de las interpretaciones de los investigadores. Además, el paradigma tiene una visión estratificada de la realidad, y permite la interacción de diferentes posturas metodológicas.

Cuando se habla de realismo, en el contexto del paradigma de investigación del *Realismo Crítico* (RC), no es aquel realismo empírico, que proviene de la ciencias naturales y exactas, donde las leyes físicas, químicas, biológicas, etc., se supone representan la verdad desde la perspectiva científica reduccionista; tampoco es la realidad relativa, creada desde las reflexividades que proponen los enfoques posmodernistas. Los investigadores que toman como enfoque investigativo el RC han llegado al consenso que el realismo es la creencia de la existencia de un mundo, y sus respectivos objetos; entre ellos, los fenómenos sociales, económicos, políticos, tales como, las relaciones entre clases sociales, la reproducción de la pobreza, la deserción en la educación y otros fenómenos; independientemente del conocimiento o no que el sujeto pueda tener de dicho fenómeno (Bhaskar, 2008). Según Sayer (2000), este supuesto de independencia entre la mente del observador y el objeto de estudio contrarresta la posibilidad de falla del conocimiento por parte del individuo debido a conceptos confusos, a las equivocaciones, errores de experimentación y demás.

De manera complementaria, la posición realista crítica reconoce que el mundo puede ser conocido bajo descripciones particulares, en términos de discursos disponibles en las mentes de los observadores, por tanto, son susceptibles a la interpretación de ellos, de tal manera que no existe una única verdad y que ninguna interpretación, a la luz de los diferentes discursos, es mejor que otra. El RC brinda una alternativa a las diferentes posiciones metodológicas y filosóficas. Propone nuevas vías que permiten el uso de leyes y herramientas que modelan las ciencias naturales, entre ellas la causalidad en los fenómenos sociales, donde la interpretación a la luz de los elementos epistemológicos de la investigación genera sus significados de acuerdo a las diferentes interpretaciones (Peña-Reyes, 2010; Sayer, 2000).

En los procesos de investigación social, desde la perspectiva del RC, la ontología da respuestas a la pregunta *¿qué existe?*, en ese sentido, es la posición que el observador le da a la realidad (está por fuera o hace parte del fenómeno estudiado), determina el ser y el saber acerca de lo que se considera real; por lo tanto, establece las posibilidades y condiciones para apropiarse de ese conocimiento. También se tiene que la epistemología da respuestas a la pregunta *¿cómo podemos conocer lo que existe?*, de tal manera, la epistemología propone la visión sobre la naturaleza del fenómeno social u objeto que se estudia y ayuda a desarrollar el principio de causalidad, en otras palabras, explica el fenómeno investigado desde las diferentes teorías, conocimientos que tienen los investigadores, los cuales dan sentido a los eventos, mecanismos, y estructuras que conforman los objetos o fenómenos estudiados, proyectando también los métodos para acercarse o conocer esa realidad (Ackroyd, 2004; Peña-Reyes, 2010).

Otra característica adicional argumentada por Bhaskar (2008) y Peña-Reyes (2010) es que el RC recupera y centra su atención en el rol de la ontología. Los autores reconocen que ontología y epistemología son dimensiones diferentes y superponen la ontología sobre la epistemología con el fin de evitar la falacia epistemológica que dice que: a) al existir diferentes visiones del mundo, entonces no existe un mundo objetivo y b) al aceptar la existencia de diferentes visiones del mundo entonces existen mundos

diferentes, ello implicaría por ejemplo, que cuando se cambió a la nueva perspectiva de que la tierra giraba alrededor del sol, el mundo objetivo cambió para las personas que daban por sentado que el sol giraba alrededor de la tierra, lo cual no tiene sentido (S. Fleetwood & Ackroyd, 2004)

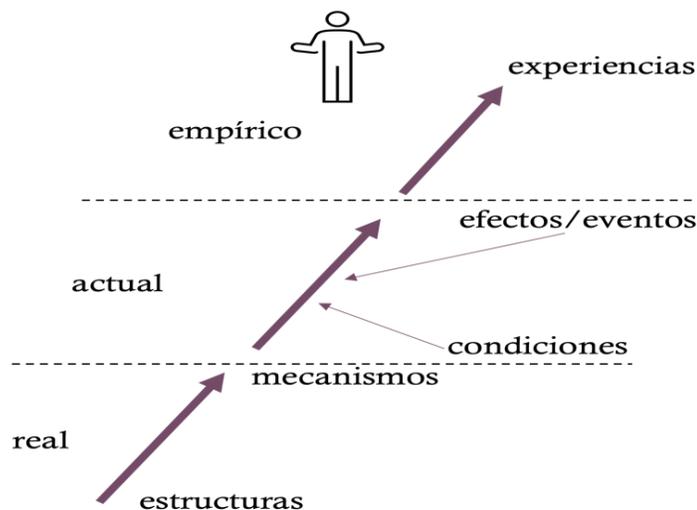
En síntesis, un investigador que ejerce desde el RC acepta que los fenómenos sociales u objetos de estudio, denominados como entidades reales, existen independientemente del investigador y de la investigación que se realice sobre estas. El RC se diferencia respecto a los demás paradigmas debido a que se centra en los objetos que el investigador, según sus conocimientos e interpretaciones, reconoce como reales.

### 3.1.1 La Ontología del Realismo Crítico.

Hasta el momento se ha dicho que el RC plantea la independencia del mundo respecto a lo que se conoce acerca de este, en esa misma línea se presenta la diferencia fundamental entre las dos dimensiones del conocimiento denominadas “intransitiva” y “transitiva”. Adicionalmente, la visión de la realidad es estratificada (Figura 3.2) entre lo real o aquello que genera el fenómeno, lo actual o los eventos generados, y lo empírico o lo experimentado por el observador, lo anterior entendido en un principio de relaciones causales entre eventos y elementos que no son regulares ni lineales (Sayer, 2000).

En primer lugar, se tiene que la dimensión intransitiva hace referencia a los objetos de la ciencia o las cosas que se estudian, las cuales se suponen independientes y que no mutan en un periodo de tiempo relativamente largo, o al menos mientras estos son estudiados, entre ellos, los procesos físicos (en las ciencias naturales) y los fenómenos y las pseudo-leyes sociales. La dimensión transitiva contempla las teorías y discursos, los cuales son los medios que ayudan a explicar las cosas que se estudian, teorías que pueden ser también objetos de estudio, si se consideran parte del fenómeno investigado. Estas teorías o medios son cambiantes y dependen del grado de conocimiento y del sesgo que pueda tener el investigador. En ese orden de ideas, si los investigadores cambian de teorías o en sus formas de pensar, es poco probable que se genere un cambio en el objeto de estudio (Bhaskar, 2008; Sayer, 2000).

**Figura 3-2:** Visión estratificada y causal del realismo crítico. Construcción basada en (Bhaskar, 2008; Sayer, 2000).



En segundo lugar, la propuesta de visión estratificada de mundo del RC (Figura 3.2), en contraste a las ontologías planas que explican los fenómenos como una combinación regular de eventos y experiencias, entiende que los fenómenos y objetos de estudio se presentan en tres niveles:

- El nivel de lo real, para el caso de las ciencias sociales, hace referencia a las estructuras y mecanismos o poderes causales activos y pasivos que perduran. Los poderes activos refieren a las *capacidades* que presenta un fenómeno para comportarse de una determinada manera. En contraste, los poderes pasivos son las *susceptibilidades* para que el objeto de estudio sea afectado por algún tipo de cambio. Esto se puede ver en el ejemplo de cómo las burocracias pueden procesar grandes cantidades de información con rapidez, susceptibles a su jerarquía y a los grupos especializados a su interior, relativo a cómo las personas, de acuerdo a su condición física, educativa, social son capaces de trabajar. Un aspecto adicional es que la explicación de estas estructuras y poderes se realiza desde la dimensión transitiva, que se apoyan en una teoría o teorías que brinden significado a las capacidades y susceptibilidades de los elementos que hacen parte de los fenómenos estudiados (Sayer, 2000).
- El nivel de lo actual está constituido por las acciones que se hacen y los eventos que suceden cuando son activados los poderes causales en el dominio de lo real. En este estrato aparecen los conjuntos de eventos que pueden formar patrones o tendencias como respuesta a las combinaciones de las pseudo-leyes causales intransitivas o mecanismos que gobiernan los fenómenos sociales (Ackroyd, 2004; Bhaskar, 2008).
- El nivel de lo empírico o el dominio de la experiencia es la percepción subjetiva del investigador respecto a lo real y lo actual. Esta observación de las estructuras y de los eventos hace más consciente al investigador de lo que cree que está viendo, pero la existencia de esas estructuras no depende de la observación del investigador. Adicionalmente, se dice que algunas estructuras no pueden ser observadas porque existen eventos que son explicados bajo la combinación imperfecta de ciertos mecanismos causales. Otra implicación de esta forma de ver el mundo es que las fuerzas causales pueden existir sin haber sido aplicadas (potenciales); por lo tanto, los eventos que ya hubiesen ocurrido no excluyen que puedan volver a suceder, de igual modo, los mecanismos causales de un fenómeno limitan o dinamizan lo que sucede, pero no predeterminan lo que sucederá (Ackroyd, 2004; Bhaskar, 2008).

En tercer lugar, el principio de causalidad en el RC rechaza el punto de vista de la sucesión lineal de eventos. La interpretación de este principio parte de la distinción de lo real y lo actual, así como los conceptos de poderes causales o mecanismos y la estructura. La estructura refiere el conjunto de objetos interrelacionados, que al combinar sus fuerzas causales se generan comportamientos colectivos emergentes. La causalidad no es la sucesión lineal de eventos, ya que cuando los mecanismos son activados, los eventos y patrones emergentes son afectados por otras condiciones, entre esas condiciones están el contexto, las relaciones espacio-temporales entre objetos, la interpretación de los diferentes actores, y la presencia de sucesos no conocidos e inesperados, los cuales son el resultado del actuar de otros mecanismos (ver Figura 3.1). En consecuencia, entender los fenómenos sociales no es solamente encontrar las pseudo-leyes sociales desde las repeticiones y regularidades (mecanismos causales), sino

que también se hace necesario encontrar el “*cómo*” estos mecanismos funcionan y descubrir las condiciones bajo las cuales son activados (Bhaskar, 2008; Sayer, 2000).

### 3.1.2 El Rol de la Teoría en el Realismo Crítico.

El rol de la teoría en el RC es servir de corriente (mainstream) o hilo conductor para organizar, entender e interpretar los fenómenos; así como indicar los posibles métodos de intervención sobre el objeto investigado. En el paradigma positivista, las teorías son equivalentes a las leyes naturales, como la ley de la gravedad, las leyes de la termodinámica etc. Para el realismo crítico aplicado en las ciencias sociales, una teoría describe o explica los fenómenos desde expresiones racionales suponiendo relaciones causales, donde se hace necesario considerar las acepciones estratificadas de la realidad. En contraste, desde el paradigma interpretativo, los observadores utilizan teorías acerca de los individuos, de como ellos desde su subjetividad comprenden el mundo, estas teorías proponen las condiciones sociales y consideran su validez de acuerdo a ciertos períodos de tiempo (Alvesson et al., 2000; Peña-Reyes, 2010).

El escoger una teoría como lente para observar un fenómeno específico, le proporciona al investigador ciertos conceptos que brindan las descripciones y explicaciones ajustadas a los eventos y mecanismos del objeto estudiado, también ofrece los elementos para la interpretación de las normas y los significados de los valores de los individuos y grupos participantes en la dinámica de los fenómenos investigados. Los practicantes del RC proponen que todos los individuos son capaces de desarrollar formas de acción para abordar tareas y resolver problemas. En ese orden de ideas, todas las personas, de acuerdo a su educación, valores, hábitos, etc., han desarrollado en su mente una serie de teorías, las cuales influyen cuando planifican, observan eventos y comportamientos. Por lo anterior, estos individuos asumen sus ideas o posibles explicaciones de cómo aquellas observaciones se encuentran correlacionadas causalmente, además de proponer comportamientos futuros (Alvesson et al., 2000; Peña-Reyes, 2010).

En síntesis, la teoría tiene tres funciones básicas, guiar la acción, organizar la experiencia y empoderar a los investigadores y practicantes para la intervención y mejora sobre los fenómenos en estudio. Finalmente, otro aspecto importante es que la teoría es una elección dependiente del observador, la cual guía un proceso de investigación diferenciado que permite la construcción de nuevo conocimiento (Alvesson et al., 2000; Peña-Reyes, 2010).

### 3.1.3 El Rol de los Valores en el Realismo Crítico

Los valores del investigador en la perspectiva real crítica siempre están presentes en las observaciones, interpretaciones e intervenciones sobre los hechos de los fenómenos que se estudian. Lo anterior es debido a que las concepciones ideológicas, la cultura, la religión, la educación y los hábitos del investigador influyen sobre el proceso investigativo. La influencia de los valores también se hace extensiva para todos los individuos considerando, por ejemplo, que la educación está presente en el actuar continuo de las personas. Los practicantes del RC reconocen que en la implementación de

proyectos se presentan situaciones con decisiones de tipo moral, donde se hace necesario reconocer el sesgo (Guba et al., 2005; Peña-Reyes, 2010).

En un extremo, el paradigma positivista argumenta que los valores se encuentran excluidos y no consideran las circunstancias que afectan el hecho, incluso desde antes de conocer su resultado. En otras palabras, los investigadores y practicantes del positivismo afirman que la ciencia es axiológicamente neutral y objetiva. Separan los "hechos" de los "valores" y perfeccionan los métodos y las técnicas para recoger datos sin valores, "hechos imparciales". Afirman que los objetos del mundo están dotados de significado, de forma previa e independiente a la conciencia que podamos tener de ellos (Cecez-Kecmanovic, 2005; Guba et al., 2005).

En el otro extremo, el paradigma interpretativo afirma que los valores se involucran a lo largo del proceso de investigativo cuando el investigador elige el problema, construye el marco teórico, diseña los métodos de análisis, delimita el contexto, propone los formularios de recolección de datos y la manera de presentar los resultados. Autores como Kuhn cuestionaron la aparente objetividad de las ciencias naturales y su neutralidad en el proceso de descubrimiento científico, ya que es coherente suponer algún grado subjetividad de interpretación según los intereses perseguidos. Por esta razón, un investigador o practicante del interpretativismo participa de manera activa en los fenómenos, está abierto a reconocer y facilitar los diferentes puntos de vista y la variedad de formas y caminos para llegar a los resultados investigativos (Cecez-Kecmanovic, 2005; Guba et al., 2005).

De acuerdo a Cecez-Kecmanovic (2005), el investigador desde el RC para reflexionar y comprender el rol que asume desde su posición axiológica, en los procesos de diseño, desarrollo e intervención debe dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Cómo se representan los "hechos" en el fenómeno estudiado?
- ¿Qué valores están integrados en las representaciones supuestamente libres de valores?
- ¿Cuáles son los valores e intereses que motivan y guían el proceso de investigación?

En conclusión, un investigador bajo el paradigma del RC defiende y promueve el cambio social y debe ocupar el rol de científico y transformador, además es necesario que reconozca el sesgo que introducen los valores de las personas en los procesos de investigación e intervención sobre los fenómenos en estudio (Guba et al., 2005).

### **3.2 La Aproximación Multimetodológica**

Según Bhaskar (2008) la aproximación metodológica del RC tiene como objetivo la explicación científica de un fenómeno social, identificando su estructura y la secuencia causal de eventos y mecanismos, explicados en términos de capacidades y posibilidades de los objetos que hacen parte del fenómeno, y generan comportamientos emergentes bajo ciertas condiciones (Ackroyd, 2004). Para abordar este tipo de fenómenos no lineales, multicausales, multidimensionales, difusos, el desarrollo de las investigaciones

requiere la participación interdisciplinaria, el uso de métodos y herramientas que permitan capturar la complejidad de estos objetos de estudio. Es aquí donde las metodologías mixtas y la multi-metodología aparece como un tercer paradigma de investigación. Estudios en educación, sociología, antropología, economía y otras disciplinas, han usado la multi-metodología para contrarrestar algunas insuficiencias que se presentan cuando lo cuantitativo no brinda las explicaciones contextuales necesarias o cuando lo cualitativo no propone las herramientas que muestran las tendencias y la intensidad de las asociaciones entre los objetos de un fenómeno (Creswell, 2013; Mingers & Brocklesby, 1997).

Para el RC el uso de la multi-metodología está sustentado en aceptar desde el punto de vista ontológico, un mundo estratificado. En ese sentido, los fenómenos y situaciones problemáticas del mundo real son principalmente multidimensionales, de tal manera que diferentes enfoques metodológicos van a mediar para entender la serie de situaciones heterogéneas que se presentan al enfrentarse al proceso investigativo. Otra razón para la aplicación de la multi-metodología es que el proceso de desarrollo e intervención sobre un fenómeno tiene una secuencia de pasos y fases, en las cuales a medida que se avanza se presentan diferentes tareas y problemas que para resolverse requieren una diversidad de metodologías, donde algunas son más pertinentes que otras. Adicionalmente, propone que realizar una combinación de métodos facilita el contraste de resultados de los diferentes métodos por medio de la triangulación, ello genera nuevos puntos de vista y aumenta la confianza hacia los resultados de la intervención (Mingers, 2006; Mingers & Brocklesby, 1997).

En pocas palabras, la aproximación multi-metodológica que ofrece el RC contribuye a mejorar los resultados de las intervenciones o investigaciones ya que brinda la oportunidad de ajustar los métodos a las situaciones particulares dadas las condiciones multidimensionales, multivariadas, multicausales y la naturaleza de los fenómenos sociales estudiados.

Para el RC la multi-metodología está dada por el diseño de un marco metodológico que propone la utilización de varios métodos respecto a la necesidad de las tareas e intervenciones particulares que se deben realizar conforme el proceso de investigación evoluciona. Ello implica la mezcla de herramientas y protocolos cualitativos, cuantitativos, discursivos, teorizantes, generalizadores, los que llevan a la particularidad e incluso (hoy en día) aquellos que se realizan desde el modelamiento y simulación computacional. Adicionalmente esta perspectiva permite usar algunos métodos que han sido diseñados en un paradigma sean usados de forma crítica en otro, por ejemplo un modelo estadístico-matemático es usado como soporte y facilitador de un proceso de debate entre grupos que intentan llegar a consensos (Mingers, 2006; Sayer, 2000).

### 3.2.1 Los Tres Mundos de Habermas

Hasta el momento se ha considerado la estratificación de los fenómenos, donde los mecanismos causales del dominio real, al activarse generan eventos que se presentan en el dominio de lo actual, que son percibidos sensorialmente en el dominio empírico por los observadores. Esto a lo largo del proceso investigativo. En adición, Mingers & Brocklesby (1997) proponen la diferenciación de los tres mundos de Habermas: el mundo material, el social y el personal (ver Figura 3.3). Estos mundos están presentes en los procesos de intervención y demandan métodos y herramientas diferenciadas para su comprensión

y análisis. La realidad de los objetos y los fenómenos en la cotidianidad involucra los tres mundos, de ahí que la distinción de los tres mundos sea solamente para realizar los análisis que se requieran. Por ejemplo, una conversación posee dimensiones físicas, las posturas, los gestos y el uso del espacio; dimensiones personales como las emociones y las creencias; y dimensiones sociales como la forma de hablar, las prácticas sociales y las relaciones de poder.

**Figura 3-3:** Los tres mundos de Habermas (Mingers & Brocklesby, 1997; Mingers, 2006).



El mundo material es externo e independiente del individuo el cual posee sus propias restricciones (físicas), el investigador actúa y accede a este mundo principalmente por medio de la observación (relación epistemológica), bajo una dependencia de la teoría y de la subjetividad de las observaciones y descripciones. El mundo personal es el mundo de los pensamientos, emociones, experiencias y creencias de cada persona. Este mundo no se observa, se experimenta, se siente, es subjetivo; por lo tanto, es generado y sólo accedido por la persona. Es posible expresar la subjetividad de un observador en otros, lo que se denomina apreciar. El mundo social, de donde las personas que pertenecen a un particular sistema social comparten la relación epistemológica denominada *intersubjetividad*, que es una construcción colectiva compleja donde el lenguaje se da en niveles de acuerdo a su significado, prácticas sociales, reglas, recursos, lo cual habilita o restringe las acciones que son reproducidas en el sistema social.

### 3.2.2 Las Fases del Proceso Investigativo

El adoptar el RC como paradigma para esta investigación tiene como objetivo explicar científicamente el fenómeno de Transferencia de Conocimiento Universidad – Región en Colombia, para lo cual se ha propuesto el proceso investigativo de Peña-Reyes (2010) y la aproximación multi-metodológica basada en Bhaskar (2008) y Mingers & Brocklesby (1997)(ver Figura 3.4).

Lo anterior bajo el contexto de que la teoría social usada y aquellos nuevos aportes no solo tienen el potencial de describir, sino también de evaluar en torno a los valores incorporados a las personas que intervienen. Esto brinda la oportunidad de fomentar una transformación desde las explicaciones críticas de la estructura y los mecanismos que activan los eventos en los fenómenos sociales. Las etapas del proceso investigativo, abordado en este trabajo son: la identificación del problema, la apreciación, el análisis, la evaluación y la acción (Bhaskar, 2008; Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010), como se describen a continuación:

**Figura 3-4:** Proceso de Investigación en el Realismo Crítico. Peña-Reyes (2010).



- Toda investigación nace en la necesidad u oportunidad de una situación problemática para resolver, lo que involucra por lo general un fenómeno que se debe describir, comprender o explicar; algún sistema de tipo social, que regularmente requiere mejorar ciertas condiciones; este estado preliminar donde se percibe y se justifica la existencia de una situación por resolver es la etapa de *la identificación del problema*. Desde el RC se dice que identificar claramente un problema ya es parte de la solución, de ahí la importancia de realizar una clara y ajustada identificación del problema, así como dar su justificación razonada y soportada desde los nuevos aportes al conocimiento buscados, como los resultados esperados en términos de beneficios a la sociedad.
- La siguiente etapa es la *apreciación* de la situación problemática, la cual da respuesta a la pregunta “¿qué está pasando?”. La subetapa de resolución describe el fenómeno en las partes que lo constituyen, considerado los puntos de vista de los observadores del problema<sup>36</sup>, lo que está sucediendo. Como etapa subsiguiente dentro de la apreciación, se lleva a cabo la re-descripción

<sup>36</sup> Problema o situación problemática para este documento tienen la misma connotación

del problema a la luz de las nuevas teorías o teoría base adoptada por el investigador con el fin de aclarar las rutinas anormales y situaciones problemáticas del fenómeno. Es posible usar herramientas como metáforas y analogías para proponer modelos que involucren los mecanismos dinámicos y las estructuras de los objetos que permitan explicar las causas del fenómeno.

- Continuando con la etapa de *análisis o retroducción*, la cual da respuesta a la pregunta ¿por qué está pasando?, se puede afirmar que es la parte del proceso investigativo donde se proponen las posibles causas que generan el fenómeno desde las diferentes teorías, en otras palabras, se debe imaginar una serie de posibles mecanismos hipotéticos de tipo causal, los cuales están dando origen a los eventos deseados o no del fenómeno en el dominio de lo real. El proceso de análisis causal hace uso de la deducción como “algo que debe ser” por concepto causal comprobado; de la inducción, que desde lo operacional “indica causalidad” y; la abducción que indica “la potencialidad de ser”(Peña-Reyes, 2010).
- En la etapa de *evaluación* se toman las explicaciones propuestas en el análisis, aquellos mecanismos hipotéticos y se evalúan bajo condiciones de experimentación cerrada. Ello permite identificar los modelos (que vienen desde la re-descripción) y mecanismos causales ajustados a la explicación del fenómeno, y eliminar aquellos que no son coherentes de acuerdo al trabajo empírico, lo anterior con el fin de dar respuesta a la pregunta ¿cómo podría ser la situación diferente?
- Finalmente, la etapa de *acción* propone la implementación de cambios deseables y posibles para mejorar la situación problemática en el sistema social estudiado, ello desde el punto de gobernabilidad del investigador para cambiar la realidad.

### 3.2.2 La Matriz Multimetodológica

Para diseñar una multimetodología dentro del marco del RC, Mingers (2006) propone una matriz que permite mapear los métodos en función de las necesidades de las tareas e intervenciones particulares. Intervenciones que se deben realizar conforme el proceso de investigación transita entre las etapas de identificación del problema, apreciación, análisis, evaluación, hasta la etapa de acción. Ello implica una mezcla de herramientas y protocolos en una estructura que aborda los tres mundos de Habermas, el mundo material, el personal y el social. Los métodos escogidos son los que dan respuesta a las necesidades específicas y se seleccionan de acuerdo a la situación y a los actores presentes en cada etapa y problema que surge. En teoría los métodos seleccionados deben responder a las preguntas referenciadas en cada una de las casillas de la matriz de la Tabla 3.2.

El diseño de la matriz multi-metodológica propone los métodos y metodologías para la intervención, ello con el fin de tomar la ventaja de aquellos protocolos que son fuertes en determinadas situaciones según el contexto, los actores y el paradigma que se requiera aplicar en el proceso investigativo. En adición, el RC considera que los métodos se pueden usar de manera diferente para la cual fue concebido

el método, incluso puede ser usado de manera crítica en paradigmas alternativos. (Mingers, 2006; Sayer, 2000).

**Tabla 3.2:** Estructura para mapear los métodos en la matriz de la multi-metodológica. Adaptado de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010)

	Identificación de	Apreciación de	Análisis de	Evaluación de	Acción para
Mundo Social	Roles, normas, prácticas sociales, cultura, relaciones de poder		Distorsiones, conflictos, intereses	Formas de modificar las estructuras existentes	Brindar empoderamiento y educación
Mundo Personal	Creencias individuales, significados, valores, emociones		Diferentes percepciones y racionalidades personales	Conceptualizaciones y constructos alternativos	Generar acuerdos y consensos
Mundo Material	Procesos/circunstancias físicas, materiales, dispositivos		Estructuras causales	Disposiciones físicas y estructurales alternativas	Seleccionar e implementar las mejores alternativas

### 3.2 Diseño Multimetodológico

Como contexto inicial, este documento desarrolla el proceso de investigación acerca de la Transferencia de Conocimiento (TC), desde las instituciones de educación superior hacia la estructura productiva, a saber, las organizaciones productivas y a la comunidad de las regiones colombianas. Regiones consideradas sistemas regionales de innovación (SRI). Se aborda la TC vía capital humano como elemento esencial que explica las capacidades de innovación y desarrollo regional, capacidades que según las indagaciones previas han sido deficientes; soportado los reportes del Departamento Nacional de Planeación (DNP) en torno a la gestión de proyectos locales y a los informes del Índice Departamental de Innovación y Competitividad (IDIC); así como los reportes del Ministerio de Educación Nacional (MEN) respecto a la absorción de graduados y otros. Además, se presentan grandes brechas de desempeño entre las regiones centrales y las periféricas del país.

Esta investigación propone un modelo de Transferencia de Conocimiento por medio de la difusión de capital humano desde las universidades hacia las organizaciones de la base productiva de las regiones. El modelo también explica cómo la proporción de graduados absorbidos por cada región genera nuevos productos de conocimiento. Adicionalmente, el modelo explica la asociación de la generación de productos de conocimiento con la concentración de graduados en las regiones y la complejidad del aparato productivo. Considerando el contexto anterior y los elementos ya descritos en este capítulo, se propone el siguiente diseño multimetodológico que será desarrollado gradualmente en los capítulos posteriores:

- El proceso inició con la *identificación del problema*. De manera no estructurada se pudo observar en entrevistas y conversaciones previas con expertos y asesores del Ministerio de Educación Nacional (MEN) y de Minciencias que el país tiene deficiencias y falta de enfoque en la transferencia de conocimiento, especialmente en capital humano, desde el sistema de educación superior hacia las regiones, ya que en el país se históricamente se ha desarrollado una política de oferta educativa y de proyectos de investigación sin haber realizado previamente un estudio de las necesidades educativas, las cuales deberían estar en sintonía con las necesidades de las regiones y las apuestas productivas de cada territorio. También se observó que los evaluadores, de los proyectos del --OCAD del FCTeI<sup>37</sup>, sustentan que hay diferencias en las capacidades de formulación y gestión de proyectos de los departamentos. Especialmente por la falta de profesionales con las competencias necesarias, para la implantación de los proyectos de regalías, así como la transferencia de capacidades al territorio, provocando que estas iniciativas de innovación regional se hagan insostenibles. De manera estructurada, tras la aproximación estadística descriptiva por regiones o departamentos en Colombia se pudo identificar el problema en: a) los datos obtenidos de los sistemas de información del observatorio laboral (OLE), del Ministerio de Educación Nacional (MEN); b) los resultados de gestión de los proyectos de regalías del DNP; c) los informes de gestión respecto los activos de conocimiento obtenidos del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Respecto a la literatura académica, el problema acerca de la existencia de brechas en la TC se visualizó en los aportes y estudios de Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela (2015), Hamm et al. (2012), Jaeger & Kopper, (2014), los cuales proponen que en gran medida esas diferencias entre las diferentes regiones están asociadas a factores como la capacidad de absorción de estas, así como alineación entre las necesidades de los territorios y la oferta educativa, investigativa e iniciativas de extensión y emprendimiento tecnológico y social.

- Una vez identificado el problema, se continuó con la etapa de *apreciación*, de tal manera que en la subetapa de resolución se detectaron los componentes y elementos del fenómeno de TC, entre ellos los canales de transferencia. Seguido a ello de se realizó la re-descripción del fenómeno observado dando relevancia a los factores dinamizadores y limitantes, de los tres lados del proceso (universidades-canales-regiones), a la luz de los aportes teóricos acerca de la transferencia de conocimiento, desde las universidades a las regiones, especialmente los postulados propuestos por Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela (2015), Hamm et al. (2012), Jaeger & Kopper, (2014) de donde sale el primer modelo conceptual que describe el fenómeno de TC de manera general. Estos aportes teóricos fueron contrastados con: a) los datos obtenidos

---

<sup>37</sup> OCAD del FCTeI: Órgano Colegiado de Administración y Decisión, conformado por tres vértices, el Gobierno Nacional, el Gobierno Departamental y las Universidades, está conformado por tres ministerios como representantes del Gobierno Nacional: Ministerio de Educación Nacional (MEN), Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MINTIC), Ministerio de Agricultura y otros, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Minciencias, cuatro universidades públicas y dos privadas. El OCAD está encargado de priorizar, viabilizar y aprobar los proyectos a cargo de Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación del nuevo Sistema General de Regalías, fondo en el cual Minciencias participa como secretaría técnica (Colombia-Ley\_1530, 2012; Colombia-Ley 2056, 2020).

de los sistemas de información del observatorio laboral (OLE) del Ministerio de Educación Nacional (MEN) respecto a las capacidades de absorción de graduados; b) los documentos publicados de los programas de desarrollo y de las apuestas productivas del Ministerio de Comercio Industria y Turismo (MinCIT); y, c) los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales en CTI de Minciencias.

- La siguiente etapa es el *análisis* o retroducción, donde se proponen las posibles relaciones, correspondencias o asociaciones que explican el fenómeno, de tal forma que se busca la estructura de los objetos y se declaran los posibles mecanismos causales de tipo hipotético que pueden ser el origen de la situación problemática (Sayer, 2000). En este punto se diseñó y conceptualizó el modelo sistémico complejo en dos etapas, el cual ha permitido explicar el fenómeno de TC respecto a la tasa de absorción y al grado de alineación de dicha transferencia con las necesidades de los SRI. El fenómeno se replantea como la conjunción de dos dinámicas (modelos matemático-estadísticos), uno propone la TC U-R vía capital humano como un proceso epidémico de movilidad de conocimiento hacia las organizaciones, y otro que comprueba que la alineación de esa transferencia tiene una correlación positiva con la innovación y la competitividad, en otras palabras, con una eficiente TC.

Teniendo en cuenta los elementos del fenómeno descritos, los aportes teóricos de Jaeger & Kopper (2014), Lau & Lo (2015), Miguelez & Moreno (2015), las preguntas de investigación formuladas en la identificación del problema, así como el alcance propuesto, entonces se pueden plantear los siguientes estructuras o mecanismos hipotéticos (tomadas del documento de propuesta de investigación) las cuales pueden comprobarse o no, y ser replanteadas en de acuerdo a los objetivos:

- M1: La cantidad de graduados en sus diferentes niveles ayuda a desarrollar la capacidad de innovación de una región
  - M2: Las iniciativas de emprendimiento mejoran el desempeño de los SRI
  - M3: Los proyectos de investigación cooperativa mejoran la capacidad de absorción de una región
  - M4: La alineación de los canales de transferencia de conocimiento con las necesidades de las regiones tienen efectos de mejora sobre su capacidad de absorción
- Una vez propuestas y analizadas las estructuras y los mecanismos que explican el fenómeno observado (Sayer, 2000) se entra en la etapa de *evaluación*, que tiene como fin encontrar las vías alternativas para mejorar la situación existente. Es aquí donde la comparación de los modelos conceptuales creados con el sistema deseado nos permitiría encontrar los cambios que se deben realizar en el sistema, para mejorar la capacidad de absorción de los territorios y la alineación o articulación, entre lo que producen las universidades y lo que requieren las regiones de Colombia.
  - Para finalizar, en la etapa de *acción*, la metodología aplicada argumenta la implementación de las conductas o cambios seleccionados para mejorar la situación del fenómeno estudiado. Por consiguiente, se han determinado las vías para mejorar los efectos positivos de la transferencia

de conocimiento de las universidades en el marco de SRI, lo cual ha permitido generar las recomendaciones y lineamientos necesarios para ajustar las políticas tanto del sistema de educación superior, como también las políticas de CTI del país y del territorio bajo el contexto del proyecto “*Lineamientos de política de formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación*” realizado por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo –CID– de la Universidad Nacional de Colombia UNAL para la Dirección de Vocaciones y Formación en CTI de Minciencias, Bogotá 2020; así como la contribución a la conceptualización el Sistema de Innovación, Transferencia y Emprendimiento de la UNAL y la construcción de un índice compuesto de Innovación Transferencia y Emprendimiento para las 9 Sedes de la Universidad Nacional de Colombia.

### **3.3 Diseño de la Matriz Multimetodológica de la Investigación**

Teniendo en cuenta la versatilidad que permite el marco metodológico de esta investigación, a continuación, se presentan las aproximaciones en cada una de las etapas del proceso investigativo (Tabla 3.3). Es importante decir que a medida que se desarrolló la investigación aparecieron ajustes a la metodología en relación a la matriz diseñada en el documento de propuesta de investigación.

Se replantearon algunos métodos específicos, porque el conocimiento profundo del objeto investigado permitió recomodar por pertinencia o por precisión los métodos e instrumentos.

En la *identificación del problema* se ha utilizado como métodos de recolección de percepciones, al igual que parte de la literatura que describe el problema, las etapas 1 y 2 de la Metodología de Sistemas Blandos (MSB) de (Checkland, 1999). La identificación fue complementada con entrevistas a expertos de instituciones que participan en la política educativa y de CTI del país. Además, el problema es contrastado con un análisis de datos provenientes de las bases de datos del Observatorio Laboral y de los reportes de desempeño en innovación y competitividad regional obtenidos de DNP.

La *apreciación, re-descripción* se soportó en la revisión sistemática de la literatura (Achimugu et al., 2014) que ha permitido recolectar la literatura científica en torno a la transferencia de conocimiento universidad-región, así como evidenciar la necesidad social y el aporte conceptual al desarrollo de los SRI. De otro lado se hizo necesario identificar las necesidades de conocimiento de las regiones respecto a sus apuestas productivas, para lo cual se utilizó el análisis de texto en los documentos de política nacional y regional referente a innovación, competitividad, y educación superior.

**Tabla 3.3:** Matriz de la multi-metodológica. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010)

Nivel	Identificación	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
Social	Identificación no estructurada, etapa 1 (Checkland, 1999).  Entrevistas y conversaciones con expertos MEN, DNP, Minciencias y Territorios -OCAD-		Comparación del modelo conceptual con la realidad, Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Verificación con expertos	Lineamientos para construcción de política pública educativa.
Personal		Resolución desde la etapa de Diseño (Wilensky & Rand, 2015)  Alineación desde el análisis de texto (Santander, 2011) de los Planes de Desarrollo y Acuerdos de CTeI y de la Política Nacional de CTeI  Re-descripción, construcción del primer modelo de TC U-R	Planteamiento de estructuras hipotéticas (Sayer, 2008),)		
Material	Identificación estructurada, etapa 2 (Checkland, 1999).  Revisión de informes de gestión del MEN, MinCIT, OECD  Análisis exploratorio de bases de datos.	Revisión sistemática (Achimugu et al. (2014) y Kitchenham & Charters (2007).	Construcción de Modelos Epidémico E1, E2 de TC, y Alineación TC  Identificación de sistemas(Söderström & Stoica, 2001)  Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Definir los cambios factibles y deseables.	

Siguiendo el proceso de investigación está el *análisis*, en donde después de plantear las estructuras y mecanismos hipotéticos (Sayer, 2000) se realizaron las definiciones básicas, para crear los modelo de TC propuestos a partir de los sistemas formales existentes y probados considerando la metodología de identificación de sistemas de Söderström & Stoica (2001). Es en esta etapa la simulación de sistemas complejos (redes) fue la principal herramienta, la cual permitió hallar las dinámicas del fenómeno estudiado. De tal modo que se comprobó el nivel de correspondencia, así como la intensidad de las relaciones entre los diferentes actores del sistema. Seguido a ello, se realizó la comparación del modelo con la realidad. Este paso de la Multimetodología se desarrolló bajo las etapas Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)

En la *evaluación*, se identificaron los cambios deseables, los cuales se verificaron con expertos para determinar su posibilidad de realización. Se verificó que el sistema simulado representara el fenómeno estudiado, con el fin de proponer mejoras a la situación problemática, foco de esta investigación. Para esta etapa se usaron los métodos de simulación propuestos por Wang & Sun , (2016) y las etapas de verificación y validación de Wilensky & Rand (2015)

Finalmente, la etapa de *acción* se centró en la socialización de los resultados de la investigación, y la participación en un proyecto para el diseño e implementación de política pública nacional y regional denominado “*Lineamientos de política de formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación*” realizado por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo –CID – de la Universidad Nacional de Colombia UNAL para la Dirección de Vocaciones y Formación en CTeI de Minciencias, Bogotá 2020.

## **Parte II: Desarrollo del Diseño y la Metodología de Investigación**

Este apartado del documento presenta el desarrollo del proceso investigativo bajo la aplicación ordenada y argumentada de los métodos y herramientas de la matriz multimetodológica de Mingers en sus etapas de identificación del problema, apreciación, análisis, evaluación y acción, así como en sus tres mundos.



## 4. Identificación del Problema.

Toda investigación nace de la necesidad u oportunidad donde existe una situación problemática<sup>38</sup> para resolver, lo que involucra describir y comprender el fenómeno de tipo social que presenta dicha situación. La intervención sobre este tipo de fenómenos, regularmente se hace para mejorar las condiciones o minimizar las afectaciones causadas por la situación problemática. Esta etapa inicial de *identificación del problema* es donde se percibe y se justifica la existencia de una situación por resolverse. Desde el RC se dice que identificar claramente un problema ya es parte de la solución, de ahí la importancia de realizar una identificación del problema de la manera más precisa posible, así como dar su justificación razonada y soportada desde los nuevos aportes al conocimiento, los cuales son buscados por medio de la investigación. De igual manera, la identificación es la línea base para visualizar de forma preliminar los resultados esperados en términos de beneficios a la sociedad, así como las posibles acciones que se van a realizar sobre el sistema con fines de solución o mejora. Para realizar la identificación del problema en este proceso investigativo, se superpuso sobre la matriz multimetodológica de Mingers, las etapas I y II de identificación no estructurada y estructurada de la metodología de sistemas suaves (MSS) de Checkland (1999)(ver Tabla 4.1).

### 4.1 Identificación No Estructurada

La etapa de identificación no estructurada supone el paso inicial de la investigación, y hace referencia a expresar la preocupación de la situación que se presenta, lo cual implica experimentar las sensaciones de inconformidad con el fin de comprender la situación problemática. Lo anterior se logra a través de la detección de uno o varios síntomas considerados importantes, los cuales deben ser observados sin prejuicios ni preconcepciones, intentando evitar sesgos y estereotipos. Es necesario decir que existen dos tipos de sesgos: el sesgo personal dado por la educación, formación particular, hábitos familiares, valores, etc.; y el sesgo debido a la formación profesional, como ingeniero, sociólogo, educador, economista y demás. Donde el segundo sesgo es el punto de vista que se debe aislar, con el objetivo de evitar los prejuicios profesionales, por tanto, la deformación de la situación problemática que se observa (Checkland, 1999; Ossa O, 2017; Rosenhead & Mingers, 2004).

---

<sup>38</sup> Problema o situación problemática, estos dos términos son usados en el mismo sentido a lo largo de toda la investigación, considerando que la TC es abordada como un sistema sociotécnico.

**Tabla 4.1:** Matriz de la multi-metodológica. Etapa de identificación. Adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010)

Nivel	Identificación	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
Social	Identificación no estructurada, etapa 1 (Checkland, 1999). Entrevistas y conversaciones con expertos MEN, DNP, Minciencias y Territorios -OCAD-		Comparación del modelo conceptual con la realidad, Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Verificación con expertos	Lineamientos para construcción de política pública educativa.
Personal		Resolución desde la etapa de Diseño (Wilensky & Rand, 2015)  Alineación desde el análisis de texto (Santander, 2011) de los Planes de Desarrollo y Acuerdos de CTeI y de la Política Nacional de CTeI  Re-descripción, construcción del primer modelo de TC U-R	Planteamiento de estructuras hipotéticas (Sayer, 2000)		
Material	Identificación estructurada, etapa 2 (Checkland, 1999). Revisión de informes de gestión del MEN, MinCIT, OECD  Análisis exploratorio de bases de datos.	Revisión sistemática Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007)	Construcción de Modelos Epidémico E1, E2 de TC, y Alineación de TC  Identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001)  Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Definir los cambios factibles y deseables.	

La identificación no estructurada de este proyecto de investigación se originó en entrevistas y conversaciones realizadas con expertos y asesores del Ministerio de Educación Nacional (MEN), del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación –Minciencias- y el Departamento Nacional de Planeación (DNP); considerando además que el autor fue quien diseñó, implementó y formó parte de la

coordinación del equipo de evaluación de proyectos de regalías del MEN, así como actor participante en el OCAD del FCTeI<sup>39</sup>; conversaciones en las cuales los participantes argumentaron que el país tiene deficiencias y falta de enfoque en la transferencia de conocimiento, especialmente en capital humano de alto nivel (maestrías y doctorados) desde el sistema de educación superior hacia las regiones, así como la focalización y pertinencia de los proyectos de regalías estructurados, formulados y aprobados para las regiones, incrementando las brechas de capacidades locales en CTeI.

En torno a la falta de profesionales, se detectó la escasez de personas con formación especializada para la formulación, estructuración y gestión de proyectos, así como la ausencia pronunciada de individuos con formación de alto nivel en los focos de desarrollo del país (Colciencias, 2019). También se observó que la calidad de los proyectos que llegan a los evaluadores de las diferentes instituciones de nivel nacional como departamental (Minciencias, Mineducación, MINTIC<sup>40</sup>, CODECTI<sup>41</sup>), no presentaban una buena calidad técnica, algunos de ellos incoherentes, como por ejemplo la construcción- adecuación de rellenos sanitarios sobre humedales y fuentes de agua en Putumayo, la construcción de un centro de desarrollo tecnológico ganadero en Cesar sin considerar el potencial de mercado y los estudios de sostenibilidad financiera, ni los docentes investigadores que formarían parte de este centro y muchos ejemplos más (se consideró la dimensión técnica, más no los intereses particulares, ni políticos, ni económicos). En otras palabras, las diferencias en las capacidades de CTeI de los departamentos están asociadas con la falta de profesionales con las competencias necesarias para la implantación de los proyectos tanto en el ámbito productivo y tecnológico, así como la transferencia de capacidades de CTeI al territorio. El capital humano es necesario para que las iniciativas de innovación y competitividad regional se hagan sostenibles.

Otro aspecto que se argumentó fue que el país históricamente ha desarrollado una política educativa y de CTeI basada en la oferta; en este sentido, las universidades crean oferta educativa, de investigación y de extensión basada en sus concepciones particulares, respecto a lo que consideran programas con mayor aceptación por la comunidad, ello con el fin de copar los cupos estudiantiles, en un esquema de oferta-demanda, consiguiendo al menos un punto de equilibrio para garantizar la viabilidad, tanto de los programas educativos, como de los proyectos de investigación y extensión. Bajo esta perspectiva, se hace necesario que Colombia realice un estudio de las necesidades educativas, investigativas y de emprendimiento, las cuales deberían estar en sintonía con las necesidades de las regiones y las apuestas productivas de cada territorio, así como sus ventajas comparativas de acuerdo a los recursos,

---

<sup>39</sup> OCAD del FCTeI: Órgano Colegiado de Administración y Decisión, conformado por tres vértices, el Gobierno Nacional, el Gobierno Departamental y las Universidades, generalmente está conformado por tres ministerios como representantes del Gobierno Nacional: entre ellos el Ministerio de Educación Nacional (MEN), Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MINTIC), Ministerio de Agricultura y otros, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Minciencias, cuatro universidades públicas y dos privadas. El OCAD está encargado de priorizar, viabilizar y aprobar los proyectos a cargo de Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación del nuevo Sistema General de Regalías, fondo en el cual Minciencias participa como secretaria técnica (Colombia-Ley\_1530, 2012; Colombia-Ley 2056, 2020)

<sup>40</sup> MINTIC: Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones.

<sup>41</sup> CODECTI: Consejo Departamental de Ciencia Tecnología e Innovación.

potencialidades y capacidades de las regiones según la Misión Internacional de Sabios 2019<sup>42</sup> (Colciencias, 2019). Ello implica que, se lleguen a requerir programas que no sean rentables y poco atractivos, pero los cuales se deben promover, porque a futuro generarán una alta rentabilidad social, fortalecerán las capacidades de CTeI y promoverán el avance tecnológico del país según las tendencias mundiales.

## 4.2 Identificación Estructurada

La identificación de manera estructurada se hizo en tres perspectivas: 1) La perspectiva que soporta la situación problemática de la TC desde las universidades a las regiones como un problema social que afecta el desempeño de los SRI de Colombia. Esta perspectiva se fundamenta en la comparación de cifras descriptivas por regiones o departamentos en Colombia. Entre las cifras que se compararon están: a) la tasa de recién graduados por región que están cotizando al sistema de seguridad social, como indicador proxy de la tasa absorción laboral obtenido del Observatorio Laboral para la Educación (OLE), y b) el Índice Departamental de Innovación y Competitividad (IDIC) calculado por el DNP contrastado con la distribución de las sedes universitarias colombianas en las diferentes regiones del país. 2) La siguiente perspectiva argumenta los problemas estructurales de escasez de capital humano de alto nivel y la falta de alineación entre la oferta educativa, investigativa y de emprendimiento desde las IES con las necesidades de las regiones; para luego continuar con 3) la detección y justificación del problema académico-científico en la literatura especializada.

### 4.2.1 La TC Universidades-SRI como Situación Problemática Social

En su historia reciente, la política colombiana le ha apostado a la innovación como el motor de desarrollo sostenible; por lo tanto, el país en sus últimos 3 planes de desarrollo (PND) 2010-2014; 2014-2018; 2018-2022, al igual que en su Política Nacional, promueve a la Ciencia la Tecnología y la Innovación (CTI) como uno de sus pilares (Colombia-DNP, 2015, 2021). Esto con el fin de generar capacidades que ayuden al crecimiento sostenible de la nación y de sus regiones. Desarrollo que debe estar basado en la innovación y la competitividad, lo cual le permita al país afrontar la era de la cuarta revolución industrial. De manera paralela, en el 2012 se promulgó la ley del Sistema General de Regalías (SGR)<sup>43</sup> y se constituyó el Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación (FCTeI). Este fondo ha tenido entre sus fines *“incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones”* (Colombia-

---

<sup>42</sup> En el 2019 el Colombia realizó un ejercicio de prospectiva denominada “La Misión Internacional de Sabios”, con expertos temáticos de clase mundial, el cual determinó 8 focos de desarrollo para el país: Ciencias Sociales, Salud, Biotecnología, Bioeconomía, Océanos y Recursos Hidrobiológicos, Ciencias Básicas y del Espacio, Energía Sostenible y Tecnologías Convergentes (Nano, Info, Cogno e Industrias 4.0) (Colciencias, 2019).

<sup>43</sup> El SGR es el sistema que tiene la responsabilidad de determinar la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de los territorios colombianos como sus beneficiarios. En: <https://www.sgr.gov.co/Qui%C3%A9nesSomos/SobreelSGR.aspx>

Ley\_1530, 2012, p. 11; Colombia-Ley 2056, 2020), por medio de la estructuración e implementación de proyectos en todas las regiones, usando los recursos del SGR. Adicionalmente, en los documentos CONPES de política de CTI 2015-2025, 2022-2031 (Colombia-DNP, 2015, 2021) el gobierno decidió profundizar la CTI a nivel regional, por medio de la creación y fortalecimiento de los SRI. Esto con el propósito de dinamizar la innovación en las regiones y corregir las fallas sistémicas del modelo centralizado que existía anteriormente.

De una parte, el despliegue de los SRI tiene como objetivo corregir las fallas en torno a: talento humano, emprendimiento, investigación aplicada y local, transferencia de conocimiento y tecnología, y cultura de innovación (Colombia-DNP, 2015, 2016, 2021). Estos apartes, tienen coherencia con lo planteado por los autores Hamm et al., (2012); Jaeger & Kopper, (2014), los cuales han propuesto que la TC es una dinámica colaborativa en sus diferentes canales de difusión, lo cual fortalece las relaciones entre las universidades y las organizaciones productivas y sociales externas, pero contiguas a las IES en una determinada región. De otra parte, la literatura argumenta que un SRI es efectivo si el conocimiento, que transfieren las universidades, está alineado con las necesidades del territorio de su influencia, de modo que es absorbido por el territorio. Por ejemplo, si los graduados locales son absorbidos por el mercado laboral, además si los proyectos colaborativos de investigación y aplicación son pertinentes con las apuestas productivas de la región (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Göransson & Brundenius, 2011; Jaeger & Kopper, 2014).

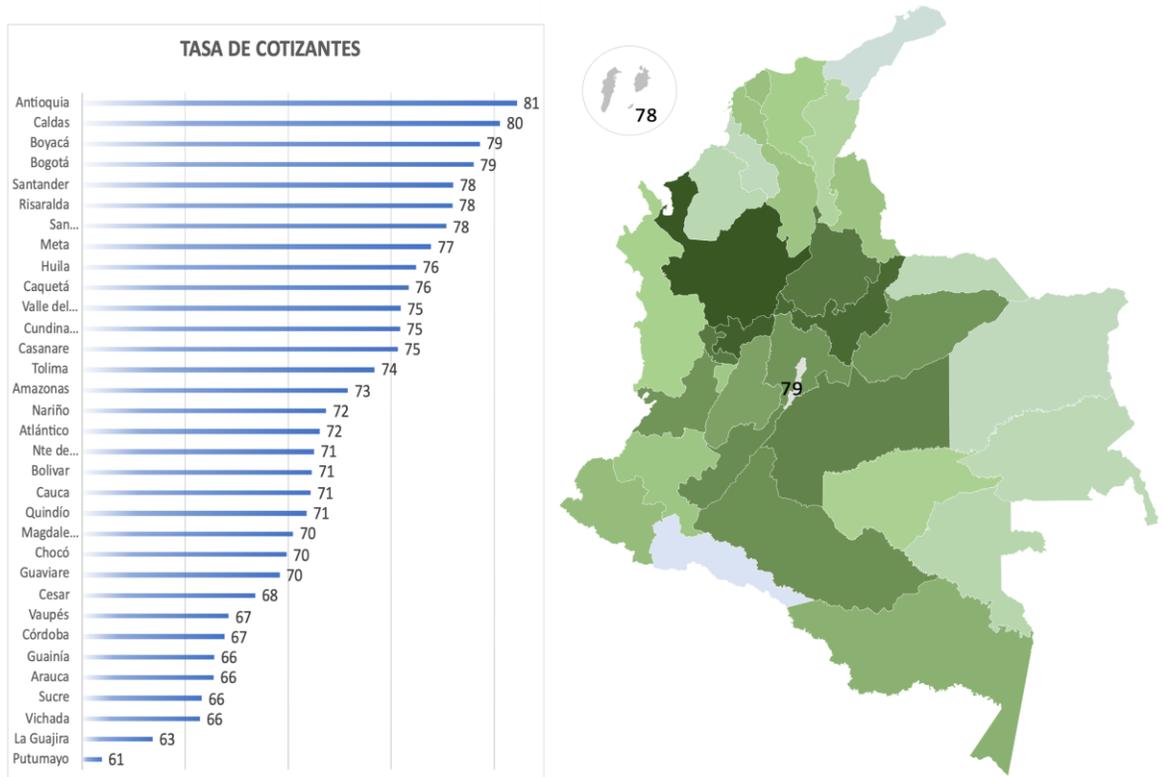
Considerando los diversos niveles de desarrollo dado por la acumulación de capacidades económicas, científico-tecnológicas, así como la sofisticación de la estructura productiva, la TC de los territorios es diferente en cada uno de ellos. Entonces, para visibilizar esta heterogeneidad que se presenta en la TC vía capital humano en Colombia, se comparó la tasa de recién graduados de educación superior por regiones, quienes han estado cotizando al sistema de seguridad social. Información que fue tomada como un proxy al indicador de la tasa absorción laboral, datos que han sido recuperados del Observatorio Laboral para la Educación (OLE)

Los datos de la Figura 4.1 muestran las diferentes tasas de absorción del capital humano (por cada 100 recién graduados) por el mercado laboral que se gradúa localmente o llega de otros territorios hasta un año después de graduarse en los demás departamentos de Colombia. El supuesto aquí es que esas diferencias han sido asociadas positivamente a las tasas de absorción de conocimiento como variable latente, de la cual se hablará en las etapas de re-descripción y análisis. Una interpretación de los datos es que las regiones con más desarrollo, como lo son las andinas o del centro del país, tienen una mejor absorción de graduados, considerando que son territorios donde la estructura productiva se encuentra mayormente desarrollada. Una cosa interesante, que va en contra de este argumento, se presentó en los departamentos de Amazonas, Caquetá y Casanare, que, aunque son departamentos con desarrollo productivo medio bajo (Colombia-DNP & OCyT, 2021), tienen buenas tasas de vinculación laboral, considerando que son pocos los graduados y por tanto, son rápidamente vinculados dadas las necesidades de estas regiones.

Hasta el momento se ha argumentado que la TC es heterogénea entre las diferentes regiones, en consecuencia, los beneficios de esa transferencia son más efectivos en unas regiones que en otras. Tales efectos dependen de factores como: a) la presencia en cantidad de IES y la política de las universidades localizadas en la región, ya que ellas son quienes definen cuales son los profesionales que educan o los

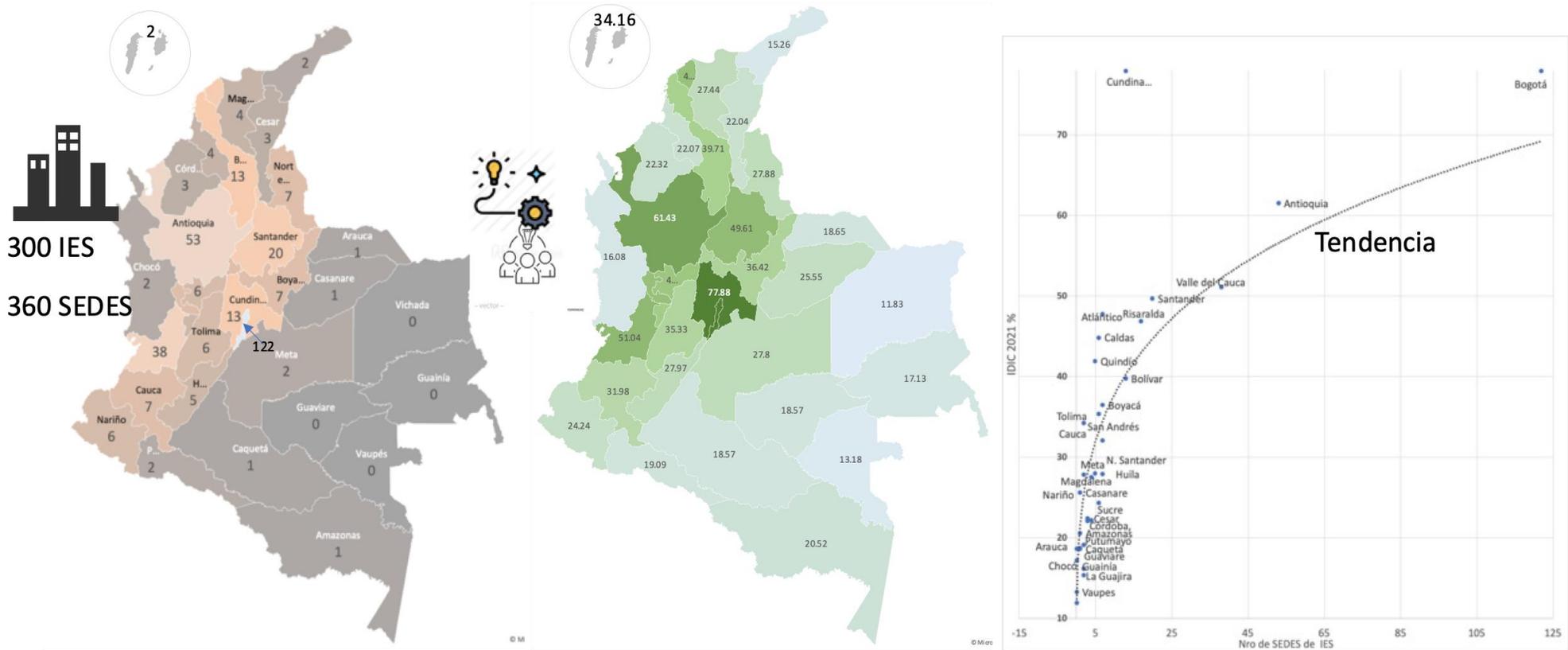
proyectos de investigación y emprendimiento que desarrollan, los cuales deberían estar de acuerdo a las necesidades de los territorios; b) la capacidad que tienen las regiones para la absorción del conocimiento, reflejado en la absorción de los profesionales producidos por las IES locales; y c) el tipo e intensidad de las relaciones entre las IES y las regiones (Caniëls & Van den Bosch, 2011; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Jaeger & Kopper, 2014; Llisterri & Pietrobelli, 2011)

**Figura 4-1:** Comparativo de la tasa de vinculación laboral de los recién graduados en educación superior por departamento. Fuente OLE (2022) con corte a diciembre de 2021.



Para visibilizar la heterogeneidad de los efectos generados por la TC a las regiones se ha contrastado la presencia de las IES, en número de sedes en los departamentos, y el Índice Departamental de Innovación y Competitividad para Colombia –IDIC 2021-, índice que representa el desempeño de los SRI de cada una de las 33 regiones geopolíticamente autónomas del país. En la Figura 4.2 se puede observar que hay una asociación positiva no lineal ( $\alpha X^{\frac{1}{4}}$ ) entre el número de sedes de las IES con presencia regional y el desempeño en innovación y competitividad de las regiones tomado del IDIC 2021. En ese sentido, existe evidencia empírica que soporta la idea de que la presencia de las IES contribuye al desarrollo de las regiones. A mayor presencia de las IES mayor es el desarrollo, pero también se puede observar que existen brechas de desempeño entre regiones, incluso entre aquellas con un número similar de sedes educativas superiores. Las tendencias de los indicadores revisados son consideradas como los síntomas que muestran las diferencias en la capacidad de absorción del conocimiento transferido desde las IES a las regiones, así como la falta de alineación entre los profesionales producidos, la oferta investigativa y de extensión que brindan las universidades a las necesidades de los territorios.

**Figura 4-2.:** Comparativo entre el número de las sedes activas y registradas de las IES en los departamentos y el desempeño del Índice Departamental de Innovación y Competitividad en Colombia. Fuentes: MEN-SNIES(2022) e IDIC en DNP(2022) con corte a diciembre de 2021.



No IES Y SEDES COLOMBIA

INDICE DEPTAL DE INNOVACION Y COMPETITIVIDAD



## 4.2.2 La Insuficiente TC Universidades-SRI desde la Formación de Alto Nivel

De acuerdo a los aportes anteriores, la insuficiente o ineficiente TC entre las IES y los SRI está enlazada con los tres problemas estructurales que se presentan en el desarrollo del fenómeno: 1) La escasez de capital humano de alto nivel (maestrías y doctorados) en las regiones, 2) la falta de alineación y 3) la poca articulación del conocimiento transferido con las necesidades, oportunidades y organizaciones externas a las universidades de los territorios (UNAL-CID, 2020).

1. Los graduados de maestrías y doctorados, que son la fuente de los investigadores, son el elemento fundamental en el triángulo de conocimiento universidad-estado-industria, puesto que ellos aportan contundentemente en la creación y transferencia de conocimiento, así como en la innovación y el emprendimiento. Existe consenso en que la construcción de una masa crítica de investigadores es necesaria para fortalecer en el país la producción científica y tecnológica, así como la transferencia y uso del conocimiento por parte de la estructura productiva pública, privada y la sociedad. La cantidad de investigadores con formación de alto nivel son quienes aportan con más productos de conocimiento e innovación, creando y mejorando productos y servicios, generando emprendimientos que crean nuevas empresas y empleos, y acelerando los procesos transferencia a la estructura productiva de las regiones. Ellos colaboran más en el incremento de la productividad de las organizaciones, el desarrollo económico de las regiones y la competitividad del país, lo que al final redundará en desarrollo social y económico para los territorios (Melo et al., 2018; UNAL-CID, 2020).

La escasez de graduados de alto nivel se puede observar en el hecho de que durante el periodo 2001-2018 el sistema educativo superior colombiano graduó a 161.817 personas en maestrías y doctorados (3.4%), de los cuales solo 4924<sup>44</sup> (0,1%) son doctores. El país ha realizado esfuerzos por medio de Minciencias durante las últimas dos décadas tras el fomento a la formación de alto nivel con instrumentos como las becas crédito condonables para maestrías y doctorados. Como consecuencia de estos esfuerzos se han obtenido resultados positivos, lo cual ha permitido que el país haya evolucionado en su capacidad investigativa (ver Figura 4.3), puesto que el número de investigadores aumentó de 8.015 en el año 2.013 a 16.796 en el 2019, así como el número de grupos de investigación mejoró de 4.304 a 5.772 en el mismo periodo de tiempo<sup>45</sup>. Esto implicó que en el país para el año 2019 existieran 335<sup>46</sup> investigadores por millón de habitantes, que al compararse con el promedio de Latinoamérica y el Caribe de 985<sup>47</sup> y con el promedio de los países de la OECD de 4.336<sup>48</sup> investigadores por millón de habitantes, sigue existiendo una brecha en la cantidad de investigadores (UNAL-CID, 2020). Otro dato importante es que Colombia en el 2021 graduó a 932 doctores y a

---

<sup>44</sup> Datos calculados a partir la base de datos publicada por el Observatorio Laboral para la Educación del MEN con corte a 31 de junio de 2019

<sup>45</sup> Fuente: La ciencia en cifras, Minciencias, noviembre de 2021

<sup>46</sup> Cálculos realizados con el número total de investigadores y la población colombiana a noviembre de 2021

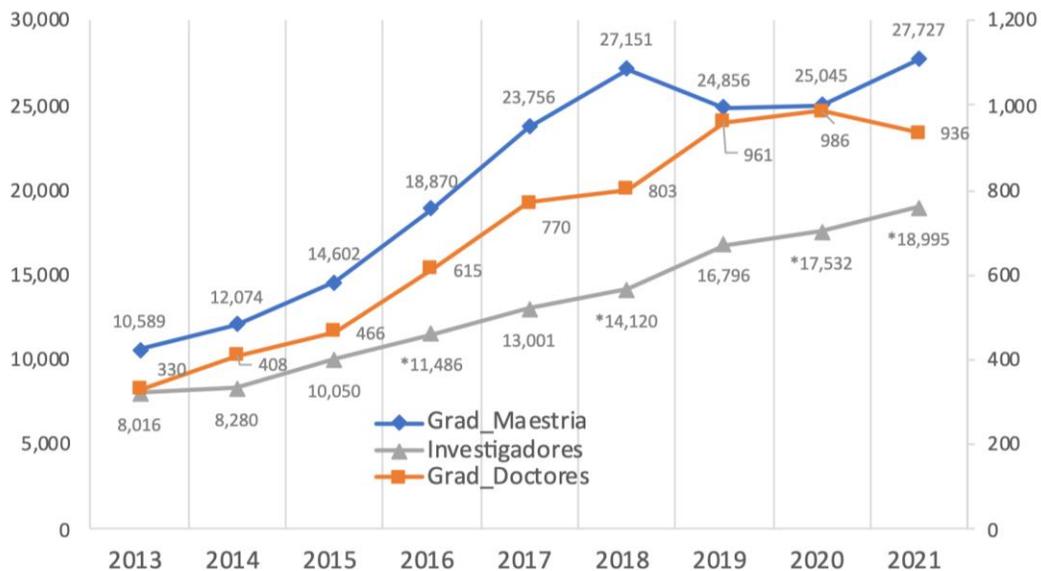
<sup>47</sup> Cálculos realizados con el número total de investigadores para la población en LAC con datos del 2018 tomados de [http://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=CPERSOPF&start\\_year=2009&end\\_year=2018](http://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=CPERSOPF&start_year=2009&end_year=2018)

<sup>48</sup> Fuente: Global Innovation Index 2019.

27.727 en maestría, que si lo comparamos con España, un país de similar en el número de habitantes, en el mismo periodo graduó 9.353 doctores y 131.267 en maestría, aproximadamente 10 y 5 veces más graduados respectivamente (España-Ministerio de Universidades, 2022). Ello lleva a concluir que se debe aumentar la formación de capital humano en maestrías y doctorados para que Colombia se fortalezca en la creación y aplicación de conocimiento, emprendimiento social, tecnológico e innovación.

- Respecto a la alineación de la oferta universitaria, se tiene que Colombia al igual que otros países en vías de desarrollo, le ha apostado a impulsar la innovación como motor de productividad y de competitividad, especialmente en los territorios, de tal manera que se deben fortalecer los vínculos entre las necesidades de la sociedad y los procesos de investigación transferencia e innovación. Se sabe además que el elemento fundamental para incrementar la capacidad de identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento científico y tecnológico es el capital humano de alto nivel que ayude en la regiones a focalizar el desarrollo de las apuestas que son las adecuadas y de mayor potencial respecto a las ventajas competitivas y comparativas de los territorios (CONPES 3981, 2019; (Colombia-DNP, 2002; OECD, 2014; UNAL-CID, 2020).

**Figura 4-3:** Graduados en formación de alto nivel e investigadores en Colombia. Fuentes: Estadísticas de Educación Superior MEN (corte a mayo 31 de 2022) e Investigadores Reconocidos Miniciencias (2019). Los datos con \* de la serie Investigadores son proyectados.



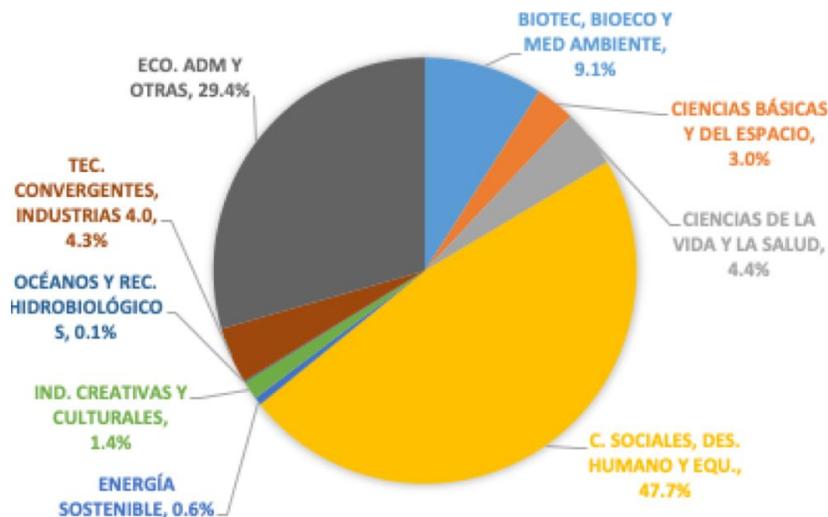
Ahora bien, bajo supuesto que la apuesta de la nación está enmarcada en los focos propuestos por la Misión de Sabios<sup>49</sup> realizada en 2019, y contrastando los ocho focos propuestos por esta misión con

<sup>49</sup> En el 2019 el Colombia realizó un ejercicio de prospectiva denominada “La Misión Internacional de Sabios”, con expertos temáticos de clase mundial, el cual determinó 8 focos de desarrollo para el país: Ciencias Sociales, Salud, Biotecnología, Bioeconomía, Océanos y Recursos Hidrobiológicos, Ciencias Básicas y del Espacio, Energía Sostenible y Tecnologías Convergentes (Nano, Info, Cogno e Industrias 4.0) (Colciencias, 2019).

la masa de graduados en maestrías y doctorados (2001-2018) (ver Figura 4.4), se observó que la mayoría de los graduados están focalizados en dos categorías: Ciencias Sociales Desarrollo y Equidad (47,8%), a la cual corresponden los núcleos de formación en ciencias de la educación (30,1%), ciencias sociales(10,4%), y ciencias humanas (7,3%); y Economía, Administración y Otras (29,4%) a los cuales pertenecen los núcleos de economía administración y contaduría (21,8%), construcción e infraestructura (4,6%), industria militar y otras ingenierías (3%). En el otro extremo está el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, los cuales muestran solo una participación del 0,1% (UNAL-CID, 2020).

Estos datos han mostrado que existe una desalineación entre el capital humano que se ha graduado en las universidades colombianas con las necesidades y las apuestas estratégicas y productivas del país, de ahí la necesidad que se defina claramente cuál es la apuesta país para la CTel, la transformación de la matriz productiva y sus apuestas regionales, así como las necesidades sociales. Lo anterior, con el objetivo de articular los esfuerzos de los diferentes sectores, educativo y productivo, en consonancia con la apuesta del país para su desarrollo de cara a las nuevas tendencias globales, y de esta manera lograr un crecimiento socioeconómico sostenible fundamentado en el conocimiento y la innovación (UNAL-CID, 2020).

**Figura 4-4:** Graduados en formación de alto nivel en Colombia 2001-2018 por foco Misión de Sabios.  
Fuente: Bases de datos graduados SNIES corte a diciembre de 2018 (cálculos propios) (Colombia-MEN, 2022)



3. La articulación entre las IES y las organizaciones productivas y sociales de las regiones es esencial para lograr buenos resultados en los procesos de transferencia de conocimiento. Ese relacionamiento debe ser bidireccional y debe ayudar a construir confianza, de tal manera que permita conciliar los intereses de las IES; en el marco de su autonomía universitaria en términos de formación, investigación, y extensión; con los intereses y apuestas de desarrollo de las regiones. La transferencia de conocimiento mejora las capacidades de CTel y competitividad de las regiones, y por lo tanto el desempeño de estos ecosistemas de innovación. El desempeño de las regiones debería verse en más

graduados absorbidos por la base productiva, proyectos de CTI terminados, empresas con nuevos productos y servicios, nuevas empresas o emprendimientos basados en servicios de CTI, más patentes, diseños industriales, y modelos de utilidad, así como la resolución de problemas de la comunidad basadas en iniciativas de innovación social (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Melo et al., 2018; UNAL-CID, 2020)

La poca articulación Universidad-Empresa-Sociedad en Colombia, ha llevado a que en el país se acentúen las brechas en torno a las capacidades de CTI en los departamentos, ya que los beneficios de la transferencia de conocimiento han sido más efectivos en unas regiones que en otras (ver Figura 4.2). Las capacidades de investigación, innovación y desarrollo social se han concentrado en las principales regiones, esto ha producido que territorios, que pueden potencialmente desarrollarse con iniciativas de agricultura, biotecnología, recursos hídricos, energías renovables y otros, no tengan la capacidad instalada como el capital humano calificado, ni la infraestructura especializada para ejecutar este tipo de proyectos (Colciencias, 2019; UNAL-CID, 2020)

Adicionalmente los estudios de Fedesarrollo (2014) y Reyes (2019) argumentan que existe la necesidad de que la formación de alto nivel sea pertinente a las necesidades del país y de sus regiones. De igual manera que los proyectos de CTI se focalicen en algunos sectores o áreas de mayor impacto para dinamizar el desarrollo del país. El sistema educativo está formando personas en áreas donde el país no lo requiere, y ha dejado de lado temas como el sector agropecuario, en el cual hay una demanda de profesionales y graduados de maestría y doctorado insatisfecha, los cuales ayudarían a resolver problemas latentes por medio de la investigación, el emprendimiento y la innovación (UNAL-CID, 2020).

En general, con los análisis descriptivos y los argumentos planteados anteriormente, se ha constatado que en Colombia se ha venido presentado una insuficiente TC desde las IES hacia las regiones. En consecuencia, ha existido la necesidad social de estudiar este fenómeno, de tal manera que permita entender los factores que afectan el correcto desempeño de los SRI. En esta situación, el reto para el país es conciliar los intereses de las universidades (públicas y privadas); tanto desde la política, la regulación y la generación de oportunidades; con las apuestas del país y las agendas de desarrollo regional. Por consiguiente, entender la TC en Colombia permitirá construir una oferta de educación, investigación y extensión pertinente, la cual contribuya a crear o mejorar las capacidades instaladas de CTI de los territorios, y en consecuencia la competitividad y la calidad de vida de sus comunidades (Jaeger & Kopper, 2014; UNAL-CID, 2020)

Es necesario puntualizar que el desarrollo de este proyecto de investigación se centró en la TC desde las universidades a las regiones vía capital humano y especialmente de los graduados con formación de alto nivel.

### 4.2.3 La TC Universidades-SRI como un Problema Científico

La literatura científica ubica la TC Universidad-Región en el contexto de los sistemas y ecosistemas de innovación, en sus diferentes modelos (n-hélice) y configuraciones, ya sean nacionales, regionales, sectoriales, sociales. También se ha argumentado que el desempeño de los SRI está relacionado positivamente con la efectividad de la TC desde las fuentes generadoras como las IES e institutos de investigación que, desde la formación, la investigación y la extensión difunden conocimiento y contribuyen con cambio tecnológico, social y económico de los territorios anexos a estas instituciones.

La perspectiva de los SRI se ha utilizado para analizar, planear e implementar políticas que promueven la innovación. En ese orden de ideas, los aportes en torno a la TC han desarrollado conceptos y análisis aplicados en torno a la forma y al contenido de conocimiento transferido, el rol de los actores, los determinantes que promueven o limitan esa transferencia, así como la evaluación de variables y capacidades que contribuyen con su desarrollo. Aportes que no han tomado en cuenta de manera profunda el proceso dinámico heterogéneo de la TC entre los diferentes actores de las regiones (Caniëls & Van den Bosch, 2011; de Almeida Borges et al., 2020; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Ferreira & Carayannis, 2019; Galan-Muros & Davey, 2019; Galán-Muros & Plewa, 2016; Hamm & Kopper, 2014; Llisterri & Pietrobelli, 2011) Por tal motivo, el gap de conocimiento sobre el cual este trabajo de investigación realiza su aporte es la explicación científica de la TC Universidades-SRI, su dinámica y evolución en las regiones de Colombia, considerando un modelo matemático-estadístico que visualiza la secuencia causal del fenómeno, los diferentes parámetros y mecanismos dinámicos que explican la heterogeneidad de la TC U-SRI, por tanto el grado de desarrollo de las capacidades de CTEI de las regiones (Ackroyd, 2004; Bhaskar, 2008, 2010; S. Fleetwood & Ackroyd, 2004; Melo et al., 2018; Peña-Reyes, 2010).

El fenómeno de TC puede ser considerado un subsistema o un proceso primordial de los sistemas de innovación, de la misma manera para el caso específico de los SRI. Adicionalmente se ha dicho que el desempeño de este tipo de sistemas regionales está relacionado positivamente con la eficiencia de la TC (a mejor transferencia mejor desempeño), desempeño que puede ser medido y observado según los productos de innovación y activos de conocimiento (patentes, modelos de utilidad, diseños industriales, spin-offs, start-ups, nuevas empresas, nuevos productos, nuevos proyectos, nuevos emprendimientos sociales, nivel de sofisticación y otros) generados y transferidos en la interacción Universidad-Industria-Sociedad.

Desde la literatura científica se ha realizado la aplicación del concepto de SRI para diseñar, implementar y determinar el desempeño de estos sistemas territoriales; ello con el fin de caracterizarlos, clasificarlos y encontrar patrones comunes que permitan su entendimiento, así como la comparación del desempeño entre las unidades de análisis (Cooke, 2012; Cooke & Memedovic, 2003). Unidades que son los territorios definidos geopolíticamente, ello bajo la premisa que el uso de estos modelos contribuye con el desarrollo de los territorios y sectores.

A nivel global, los documentos especializados muestran que se han realizado análisis estadísticos cuantitativos y estudios cualitativos tales como: análisis de clústeres, análisis envolventes de datos

(DEA), regresiones múltiples, análisis de redes, estudios comparativos, estudios de caso, evaluación participativa, y otros más. Tales estudios se han realizado en Alemania, Suiza, Reino Unido, Italia, República Checa, Eslovaquia, Malasia, Corea, Estados Unidos etc., los cuales al final del ejercicio han buscado la generalización, la evaluación y la comparación de los grados de avance de los SRI involucrados en los diferentes estudios, así como el encontrar semejanzas en torno a factores como la absorción de conocimiento, las relaciones entre actores, actividades y actitudes colaborativas que facilitan o limitan la TC y por tanto el desempeño de este tipo de sistemas (Stejskal et al., 2018).

Para Latinoamérica, el trabajo de Llisterri & Pietrobelli (2011) realiza un análisis de los SRI de Brasil, Chile, Colombia y México, tanto de tipo cuantitativo como cualitativo de las regiones (estados o departamentos) de los países mencionados. La parte cuantitativa se centra en encontrar asociaciones de las diferentes variables (sin discriminar entre entradas y salidas) como recursos, infraestructura CTeI, cooperación, estructura productiva, niveles de educación, universidades presentes, desempleo y otros. Con estas variables el estudio propuso clusters o agrupaciones por similitudes, bajo el supuesto que, a mejores valores en estas variables, serán mejores los desempeños en los SRI. La parte cualitativa muestra cómo los SRI han evolucionado de acuerdo a las diferentes políticas y a las buenas prácticas de CTeI que se han implementado en las regiones estudiadas por el documento.

Para Colombia, de una parte los estudios cuantitativos también han utilizado como método estadístico descriptivo la agrupación por clústeres, lo anterior para caracterizar las similitudes y clasificar los niveles de desempeño de los 33 departamentos o regiones, así como también para realizar comparaciones entre los SRI, con el fin de identificar fortalezas y debilidades, de tal manera que se pudiesen generar estrategias para corregir las posibles fallas en la TC por medio de la política pública (Arias-Robles, 2019; Cote-Peña et al., 2016). También aparecen trabajos que han analizado los SRI del Valle del Cauca y Antioquia, donde se ha usado el análisis de redes para caracterizar el comportamiento y la interacción de los diferentes actores. Estos estudios identificaron que la articulación Universidad-Industria es un elemento dinamizador y de mejora en la TC, incluso han argumentado que la cantidad de activos de conocimiento como artículos y patentes han dependido del apoyo financiero a los proyectos de CTeI y de la cantidad de universidades presentes en estos territorios (Caicedo Asprilla, 2012; Uribe-Gómez et al., 2019).

De otra parte, desde un enfoque sistémico cualitativo los trabajos de Gonzalez (2017) e Higuera Palacio (2015) analizan los SRI de Medellín-Antioquia, Valle, Vichada donde compara estas regiones, pero en especial resalta las estrategias que se deberían fortalecer para mejorar el desarrollo en CTeI de estos territorios según sus ventajas (desventajas), acciones, e interrelaciones. Adicionalmente, dice que desde los sistemas viables los SRI deben tener unas condiciones o capacidades mínimas para poder multiplicar su desarrollo.

También están los estudios de UNAL (2017) para el Innpulsa-Colombia, la agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional, en ellos se realizó una caracterización y descripción de 21 ecosistemas de emprendimiento e innovación a nivel departamental; ello considerando los subsistemas y elementos que los conforman. Adicionalmente, estos ecosistemas son agregados en 7 regiones que los denominan nodos de desarrollo. Otra aplicación importante es el diseño del SRI denominado Diamante Caribe que integra 11 departamentos de la zona norte de Colombia y de los Santanderes (Colombia-Finder, 2014b, 2014a, 2016) donde el cambio científico-tecnológico se asocia con el fomento territorial

de la CTel, así como la cercanía geográfica y la conectividad de alta velocidad, lo cual ayuda a construir redes colaborativas, como también los clústeres de desarrollo económico.

Ahora centrandolo la argumentación en la TC, se tiene que este fenómeno ha sido conceptualizado como un proceso de difusión práctica y de libre movilidad de conocimiento (efecto spillover) entre universidades, empresas y la sociedad en general. Este fenómeno sucede en determinadas zonas geográficas y de alta conectividad, donde ese conocimiento es explotado por la comunidad para ofrecer nuevos productos y servicios complementarios, generándose clusters con focos de desarrollo específicos (Martinez-brawley, 1995; Miguelez & Moreno, 2015; Morone & Taylor, 2009). La TC también ha sido explicada como el intercambio de conocimientos bajo un proceso probabilístico entre actores, aquí se supone la existencia de un transmisor, un canal y un receptor con cierta capacidad de absorción (CA) quien dinamiza o limita dicha transferencia, que a su vez es el motor de la innovación (A. T. Alexander & Childe, 2012; Bloedon & Stokes, 1994; Cooke & Schwartz, 2007; Klarl, 2014; Miguelez & Moreno, 2015)

La literatura también presenta a la Transferencia de Tecnología (TI), entendida como una forma o canal de la TC. Esta se ha relacionado específicamente con la formalización comercial, por medio unidades u oficinas de transferencia, de los activos de conocimiento (patentes, licencias, modelos de utilidad, marcas, spin-offs y otros) los cuales van desde las IES a las empresas que los explotan económicamente en busca de un beneficio común universidad-empresa para mejorar el desempeño de las organizaciones, así como para continuar con las actividades de investigación y emprendimiento del lado de las universidades (Bolzani et al., 2020; Hayter et al., 2020).

Otra forma de cómo ha sido entendida la TC es la Cooperación/Colaboración-Universidad-Industria (CUI), o la Cooperación/Colaboración-Universidad-Empresa (CUE). Este relacionamiento promueve la colaboración formal e informal entre las IES y las organizaciones públicas, privadas y sociales con el objetivo de cofinanciar proyectos de investigación, emprendimiento tecnológico y social, así como la realización de pasantías estudiantiles y profesionales, lo cual contribuye con la articulación de las necesidades de las organizaciones con la oferta educativa, investigativa y de extensión de las IES. Una acepción complementaria de este punto de vista es la promoción y gestión de las redes colaborativas y de investigación entre los diferentes actores en el proceso de TC (A. Alexander et al., 2020; Ankrah & AL-Tabbaa, 2015; Carayannis et al., 2020; Dalmarco et al., 2019; Ferreira & Carayannis, 2019; Galan-Muros & Davey, 2019; Guerrero et al., 2015; Teixeira et al., 2019).

En referencia a los determinantes que limitan o aceleran la TC, la literatura ha propuesto que existen tres tipos de factores: 1) los del lado de la universidad que considera elementos como la política de oferta en programas educativos e investigación de las instituciones y sus recursos; 2) los factores del lado región que se asocian con la heterogeneidad de la TC y los diferentes niveles de absorción de conocimiento de los territorios dado por la complejidad de la estructura productiva; y 3) los factores intermedios o de interacción entre IES y las organizaciones donde cabe la articulación y la conciliación de intereses y la creación de redes colaborativas entre los dos lados del proceso de TC (Ferreira & Carayannis, 2019; Jaeger & Kopper, 2014; Zygmunt, 2014).

Respecto al contenido o tipo de tecnología transmitida se ha argumentado que, para transferir tecnología de tipo básica, estratégica, aplicada, o simple; tanto las IES, como las organizaciones externas a las universidades deben tener cierto grado de madurez tecnológica para que exista esa transferencia. Los niveles o capacidades científico-tecnológicos para explotar una tecnología básica son más sofisticados que los niveles para la aplicación de una tecnología simple ya existente en la solución de un problema práctico focalizado (Dalmarco et al., 2019; Ferreira & Carayannis, 2019).

Ahora, considerando los modelos para entender la TC U-SRI, el fenómeno ha sido descrito como un proceso de transformación de los tres estados de conocimiento (tácito-implícito-explicito) en el transcurso de las tres etapas de la TC como sigue: inicia con la codificación o explicitar lo que se quiere transferir, donde el conocimiento toma un estado implícito en la memoria del transmisor; para luego pasar a la etapa de transferencia explícita (verbal o escrita) que es captada por el receptor; luego es asimilada y recodificada en una transformación explícito-implícito-tácito por el receptor, donde la capacidad de absorción (CA) es un determinante para el aprovechamiento del conocimiento transferido (A. T. Alexander & Childe, 2012, 2013; A. T. Alexander & Martin, 2013).

La TC de la universidad a las regiones también ha sido tratada como un modelo estadístico de regresión lineal múltiple, donde el desempeño de la región está dado por el logaritmo del número de patentes como variable dependiente o explicada por las variables independientes: logaritmo de la inversión en investigación y desarrollo, el capital humano, la dispersión espacial o estructura productiva, la movilidad de personas altamente innovadoras y las redes colaborativas. Este trabajo concluye que la capacidad de absorción está relacionada significativamente con el capital humano, la movilidad de innovadores, y la estructura productiva de la región, la cual a su vez es un determinante en el impacto de la TC sobre la región (Miguelé & Moreno, 2015; Miguelé & Moreno, 2013; Miguelé & Moreno Serrano, 2013).

En el mismo sentido estadístico, los autores Lau & Lo (2015) han propuesto un modelo factorial que explica la influencia de tres formas de TC; representada por las iniciativas regionales de innovación, los servicios de uso intensivo de conocimiento y el compartir fuentes información en torno a la cadena de valor de la innovación; las cuales se asocian positivamente con la capacidad de absorción –CA–, la cual a su vez afecta de manera positiva el desempeño de la innovación de la región. Lo relevante del modelo es que la CA ha sido considerada como un proceso secuencial de cuatro etapas: 1) adquisición donde se identifica y adquiere, 2) asimilación donde se interpreta y se entiende, 3) transformación donde se combina con la experiencia y 4) explotación donde se convierte ese conocimiento transferido-absorbido en nuevos productos.

Otro modelo previo, que fue propuesto por Yam et al. (2011), involucra en el modelo de TC U-SRI la influencia de los canales de flujo de conocimiento, entre ellos las iniciativas regionales de innovación, los servicios de uso intensivo de conocimiento y otras fuentes. El modelo ha planteado que, después de un análisis factorial confirmatorio de ciertas variables de las industrias manufactureras de Hong Kong, la transferencia de conocimiento y la innovación en las regiones están asociadas, en diferente medida, a las capacidades de aprendizaje, investigación y desarrollo, asignación de recursos, manufactura, mercadeo, organización, y planeación estratégica de las organizaciones.

Finalmente, la revisión llevada hasta el momento ha evidenciado que la TC es un componente de un SRI, donde el desempeño del sistema es visto desde la cantidad de productos de conocimiento e

innovación generados. También se argumenta que la TC está determinada por la CA, absorción que depende de las capacidades científico-tecnológicas y de la estructura productiva de las regiones. Para entender este fenómeno, desde la parte cualitativa sistémica, se han propuesto modelos conceptuales que lo explican como un proceso de difusión, el cual se desarrolla por medio de la conversión de los tipos de conocimiento (tácito-implícito-explicito) considerando la sofisticación de sus fuentes y contenidos. Por lo general los modelos propuestos han sido desde el punto de vista estadístico descriptivo multivariado, entre ellos: el uso de clústeres que buscan similitudes entre regiones, análisis factoriales para encontrar y confirmar asociaciones de variables con la efectividad de la TC o el desempeño de los SRI, así como modelo supervisado de regresión múltiple que intenta explicar la cantidad de patentes en función de los recursos y la estructura productiva de una región.

Estos aportes, aunque con información histórica, proponen modelos estáticos que capturan una gran fotografía del estado de la TC en el momento en que fueron construidos, no han tomado en cuenta de manera cuidadosa y extensa el proceso dinámico heterogéneo y evolutivo de la TC entre las universidades y las organizaciones externas, las cuales están localizadas en las regiones de influencia de estas instituciones educativas. Proceso dinámico heterogéneo que, para el caso de esta tesis doctoral, se ha considerado el problema científico o el gap del conocimiento (Caniëls & Van den Bosch, 2011; de Almeida Borges et al., 2020; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Ferreira & Carayannis, 2019; Galan-Muros & Davey, 2019; Galán-Muros & Plewa, 2016; Hamm & Kopper, 2014; Llisterri & Pietrobelli, 2011).

En ese orden de ideas, este trabajo de investigación realiza dos aportes al conocimiento: el primero es la explicación científica de la TC Universidades-SRI vía capital humano, su dinámica y evolución aplicada en las regiones de Colombia, considerando un modelo matemático-estadístico que visualiza la secuencia causal del fenómeno que explica la movilidad de graduados hacia las regiones como una red compleja, así como los diferentes parámetros y mecanismos dinámicos que explican la heterogeneidad de la TC U-SRI dada por la capacidad de absorción, lo cual a su vez explica las diferencias del grado de desarrollo de las capacidades de CTeI de las regiones. El segundo aporte es la conceptualización y explicación teórico-empírica, desde un punto de vista sistémico y organizacional, del proceso de alineación universidad-región entre la oferta educativa, investigativa y de extensión, y las necesidades y oportunidades de las regiones (Ackroyd, 2004; Bhaskar, 2008, 2010; S. Fleetwood & Ackroyd, 2004; Melo et al., 2018; Peña-Reyes, 2010).

### 4.3 Definición de Objetivos

De los argumentos presentados en la etapa de identificación no estructurada y estructurada, con el fin de dar la explicación científica desde la interpretación de los mecanismos causales de la TC U-SRI, se propusieron desde la etapa de formulación del proyecto los objetivos subsiguientes y alcance del trabajo investigativo.

### 4.3.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo sistémico y complejo que explique la relación entre el conocimiento transferido, desde las universidades a las regiones, y el desempeño de los sistemas regionales de innovación en Colombia.

### 4.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar los aportes que han realizado las Instituciones de Educación Superior (IES) en la transferencia de conocimiento en los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) que se tomen para el estudio
- Identificar las necesidades de transferencia de conocimiento en los SRI estudiados, de acuerdo a sus apuestas productivas.
- Formular un modelo básico de transferencia de conocimiento desde las IES a las regiones
- Evaluar el modelo propuesto por medio de simulación sistémica compleja (redes) el proceso de transferencia de conocimiento entre las IES y los sistemas regionales de innovación.

### 4.3.4 Alcance de la Investigación

El marco de esta investigación es la explicación científica del fenómeno de Transferencia de Conocimiento (TC) entre las universidades y los departamentos del país, regiones consideradas SRI. Además, teniendo en cuenta algunas investigaciones previas que plantean de manera empírica la relación del desarrollo de los SRI con la educación superior, así como con las iniciativas de innovación regional (Bulut & Kayakutlu, 2011; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Lau & Lo, 2015; Miguelez & Moreno, 2015). Sumado a ello, el interés de la política nacional para el fortalecimiento de la CTeI a nivel regional, donde la educación superior de alto nivel es el elemento esencial para impulsar la innovación. En ese sentido, el alcance de esta investigación es la realización del análisis y la explicación causal de la TC vía capital humano de alto nivel (maestrías y doctorados STEM); el cual se mueve de las universidades a las regiones o SRI transmitiendo conocimiento a las organizaciones. Ese conocimiento acumulado en las personas y organizaciones de las regiones aumenta las capacidades de CTeI de los territorios, de tal manera que se dinamiza la producción de activos de conocimiento, nuevos procesos, nuevos productos, nuevas empresas que al final del ejercicio contribuyen con el desarrollo económico, social y ambiental de las regiones que son influenciadas por la presencia de las universidades.

## 5. La Apreciación del Fenómeno TC U-R

La etapa de apreciación da respuesta a la pregunta “¿qué está pasando?” respecto del problema identificado y propone dos subetapas, la resolución y la re-descripción (ver Figura 5.1). La subetapa de resolución describe el fenómeno en las partes que lo constituyen, considerando los puntos de vista de los observadores del problema acerca de lo que está sucediendo. La resolución es entendida también como el análisis causal del fenómeno (Bhaskar, 2008). En esta subetapa se detectaron los componentes y elementos del fenómeno de TC. Para describir el fenómeno de manera inicial y sus relaciones causales se utilizó el protocolo propuesto por Rand & Rust (2011) y Wilensky & Rand (2015) para el modelamiento de sistemas complejos. En la subetapa de re-descripción del problema se consideraron las nuevas teorías adoptadas por el investigador con el fin de aclarar las rutinas anormales y situaciones problemáticas de la transferencia de conocimiento, así como los factores dinamizadores y limitantes de los tres lados del fenómeno (universidades-canales-regiones), especialmente los postulados propuestos por Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela (2015), Hamm et al. (2012), Jaeger & Kopper, (2014) de donde sale el primer modelo conceptual que describe el fenómeno de TC de manera general.

Es necesario decir que hasta este momento el elemento que gobierna la eficiencia de la TC es la *capacidad de absorción* o de aprendizaje de los territorios, pero aparece un elemento nuevo propuesto por el autor denominado el grado o nivel de *alineación* entre el conocimiento transmitido y las necesidades y oportunidades de los territorios, elemento que fue identificado por medio de un análisis de texto (Santander, 2011) donde se contrastó las apuestas productivas de las regiones de las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI) de MinCIT<sup>50</sup>, los Planes y Acuerdos Departamentales de CTel, instrumentos concertados por los territorios y el Alta Consejería del Gobierno y Minciencias respectivamente.

La etapa de apreciación, pero en especial la subetapa de re-descripción del fenómeno que propuso el primer modelo conceptual que explica la TC, se ha fundamentado en protocolos de revisión sistemática de la literatura propuestos por Achimugu et al. (2014) y Kitchenham & Charters (2007). En ese sentido, el aparte que se desarrolla a continuación inicia con la legitimación del problema y la pertinencia del estudio de la TC U-R desde los análisis descriptivos de la literatura científica, la cual tiene como fuente los índices bibliográficos SCOPUS y Web of Science (WOS), para luego continuar con las dos subetapas de resolución y re-descripción respectivamente.

---

<sup>50</sup> MinCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

**Tabla 5.1:** Matriz de la multi-metodológica etapa de apreciación. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; José Ismael Peña-Reyes, 2010)

Nivel	Identificación	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
Social	Identificación no estructurada, etapa 1 (Checkland, 1999).  Entrevistas y conversaciones con expertos MEN, DNP, Minciencias y Territorios -OCAD-		Comparación del modelo conceptual con la realidad, Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015b)	Verificación con expertos	Lineamientos para construcción de política pública educativa.
Personal		Resolución desde la etapa de Diseño (Wilensky & Rand, 2015b)  Alineación desde el análisis de texto (Santander, 2011) de los Planes de Desarrollo y Acuerdos de CTeI y de la Política Nacional de CTeI  Re-descripción, construcción del primer modelo de TC U-R	Planteamiento de estructuras hipotéticas (Sayer, 2000)		
Material	Identificación estructurada, etapa 2 (Checkland, 1999).  Revisión de informes de gestión del MEN, MinCIT, OECD.  Análisis exploratorio de bases de datos.	Revisión sistemática Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007),	Construcción de Modelos Epidémico E1, E2 de TC, y Alineación TC  Identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001)  Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015b)	Definir los cambios factibles y deseables	

## 5.1 Revisión Sistemática de la Literatura en la TC U-R

La revisión de la literatura se entiende como el proceso por el que se construye un panorama que permite entender cuál es la realidad actual sobre una temática en particular, a partir de documentos compuestos por datos, testimonios e información. Esto con el fin de realizar un análisis exhaustivo y proponer posibles rutas de evolución y progreso del objeto de investigación. La revisión sistemática de literatura es un proceso continuo que se realiza varias veces a lo largo del proyecto, de acuerdo a las necesidades de cada etapa de la investigación. Esta herramienta metodológica se usa para conceptualizar, aclarar, complementar y fortalecer conceptos, verificar las corrientes de pensamiento y las categorías del conocimiento donde se ubica el desarrollo de la investigación. Estas revisiones se presentan con mayor intensidad en las primeras etapas del proceso de investigación como la identificación y la apreciación del problema, pero también se realiza de acuerdo a las necesidades de las demás etapas.

El objetivo de las revisiones de la literatura de este trabajo fue la realización del estado del arte acerca de la transferencia de conocimiento desde las IES a los sistemas regionales de innovación, así como documentar las categorías de conocimiento alrededor de conceptos como: los sistemas de innovación y sus modelos, los conceptos de la TC y TT, la caracterización del SNI colombiano y demás elementos que hicieron parte del marco teórico. Elementos que han sido presentados en los capítulos anteriores (parte I) de este documento. Se ha planteado que la revisión sistemática de la literatura ha sido una herramienta aplicada para la re-descripción del fenómeno, ya que uno de los resultados importantes de este proceso fue la construcción del primer modelo conceptual que explica la TC de manera general.

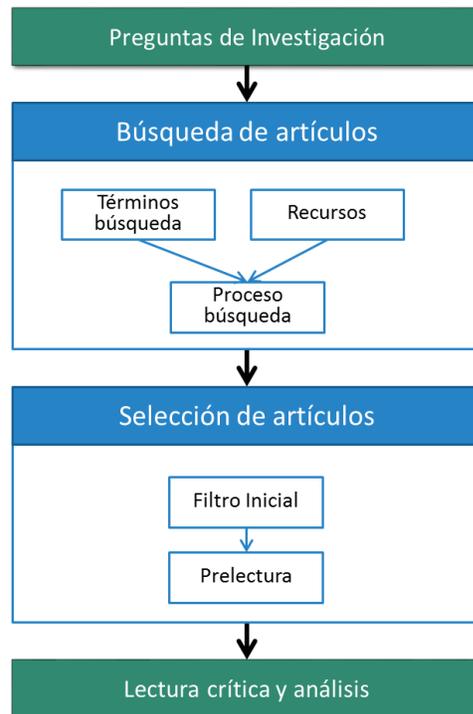
La metodología empleada para la revisión de la literatura es una adaptación del enfoque propuesto por Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007), fundamentado en las etapas de: formulación de preguntas de investigación, aproximación inicial y diseño de la búsqueda, búsqueda de artículos, selección de artículos relevantes y lectura y análisis de los mismos (ver Figura 5.1). Este proceso se llevó a cabo principalmente sobre documentos científicos indexados en las herramientas electrónicas bibliográficas SCOPUS y WOS y documentos conexos, según la bibliografía de los mismos.

### 5.1.1 Formulación de Preguntas de Investigación

Este ejercicio de revisión bibliografía obedece a la creación del marco referencial o cuerpo de la literatura para determinar las categorías de conocimiento abordadas en el trabajo de investigación y la conceptualización y construcción del primer modelo general de Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a los Sistemas Regionales de Innovación. Para la realización del marco referencial, se establecen 5 preguntas de investigación las cuales permitirán encontrar los documentos académicos e informes técnicos en relación con los modelos de TC U-SRI en el país, en la región y en el mundo. En ese sentido, se han planteado las siguientes preguntas para la revisión de la literatura:

- ¿Cómo sucede la transferencia de conocimiento (TC) o transferencias de tecnología (TT) entre las universidades (IES) y los sistemas regionales de innovación SRI?
- ¿Cuáles son las formas o canales de la TC o TT que se dan entre las IES y las organizaciones de las regiones?
- ¿Cuál es la influencia de la capacidad de absorción de las regiones en la TC/TT ?
- ¿Cuál es el efecto que tiene la alineación entre el conocimiento transmitido por las IES y las necesidades de las regiones?
- ¿Cómo influye la TC vía capital humano en el desarrollo/desempeño de los SRI ?

**Figura 5-1:** Proceso de revisión de literatura adaptado de Achimugu et al. (2014)



### 5.1.2 Diseño y Análisis Descriptivo de la Búsqueda de Información

El proceso de revisión sistemática de la literatura comienza con una serie iterativa de búsquedas iniciales de artículos y documentos académicos, ello con el fin de determinar los términos adecuados y representativos del objeto de estudio, las herramientas, las bases de datos y las fuentes potenciales de consulta relevantes en el desarrollo de la investigación. A partir de esas búsquedas iniciales se acotaron y afinaron los términos de la consulta principal.

Los términos clave en español e inglés que se relacionan con el objeto y las preguntas de investigación se muestran a continuación:

- *Modelo, innovación, transferencia de conocimiento, transferencia de tecnología, emprendimiento, sistema regional de innovación, SRI, instituciones de educación superior, universidades.*
- *Model, innovation, knowledge transfer, technology transfer, entrepreneurship, regional innovation system, RIS, higher education institutions, (hei), university*

Con los términos anteriores se diseñó-construyó la siguiente ecuación general de búsqueda, la cual se aplicó en los índices electrónicos bibliográficos SCOPUS y WOS:

**Ecuación 5.1** Ecuación de consulta de la bibliografía sobre TC U-SRI en SCOPUS y WOS (construcción propia. 2 de Agosto de 2022)

TITLE-ABS-KEY ((knowledge OR technology) AND transfer AND (universit\* OR hei OR (higher AND education))) AND (region\* OR (innovation AND \*system) OR ris))

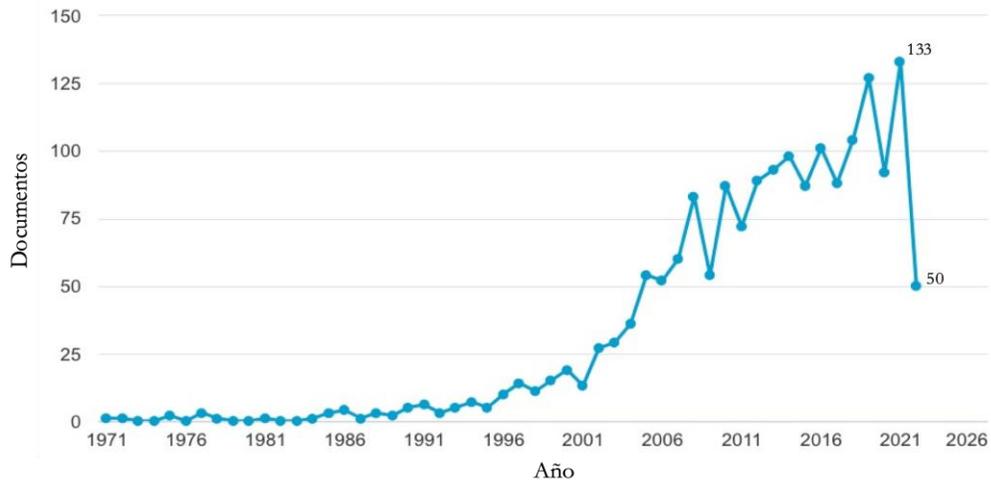
AND

( EXCLUDE ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "EART" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ENER" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "AGRI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "CENG" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PSYC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NURS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "IMMU" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NEUR" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "VETE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "DENT" ) )

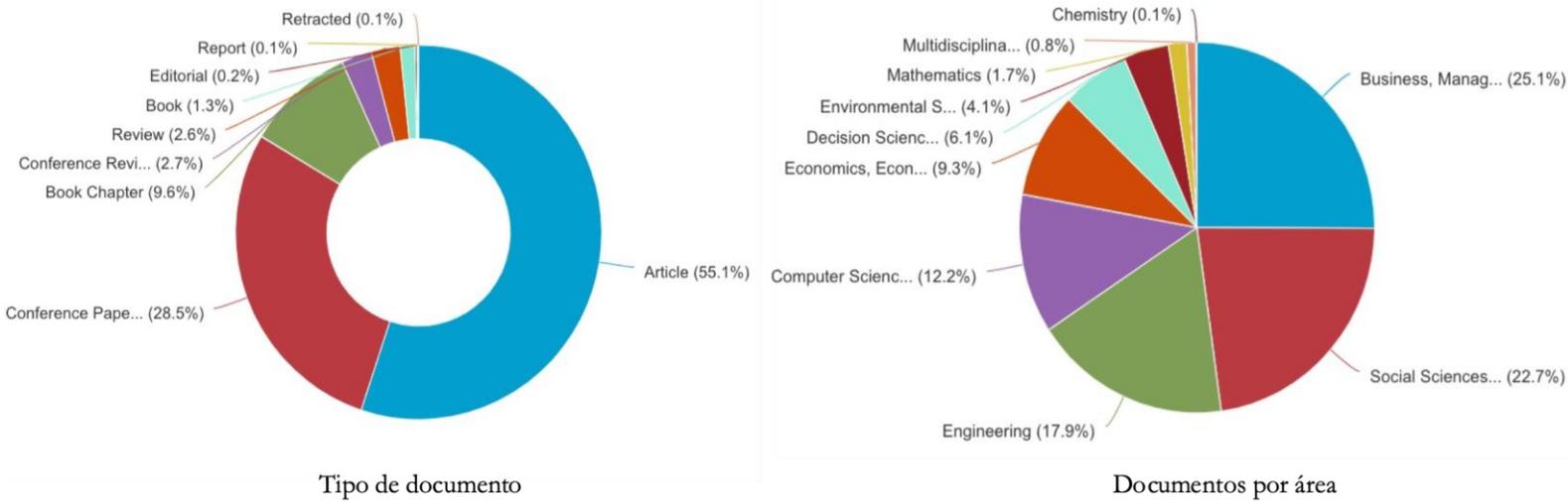
La consulta anterior arrojó como resultado un cuerpo de 1752 registros, tomados en un periodo que va desde el año 1971 hasta el 2022, donde se observó una tendencia creciente exponencial (de 5 documentos en 1995 a 133 en 2021 y 50 a julio de 2022) de publicaciones académicas anuales en torno a los modelo de TC (ver Figura 5.2). Es importante decir que según los registros recuperados los trabajos seminales más citados son de la década del 2001-2010, entre ellos un documento seminal denominado *“La Triple Hélice: Universidad-Industria-Gobierno Innovación en Acción”* de H Etzkowitz (2008) con 795 citas; así como uno de los últimos trabajos llamado *“El Icono de la Universidad Emprendedora: Stanford y Silicon Valley como un Ecosistema Natural y de Innovación”* también de H Etzkowitz (2022). La anterior tendencia propone que la TC, como objeto de conocimiento, es un tema de actualidad y de alto interés entre la comunidad de investigadores relacionados con innovación, transferencia y emprendimiento, así como la transición hacia las universidades de cuarta generación comprometidas con la investigación y su aplicación por medio de emprendimiento.

Continuando con la aproximación descriptiva del cuerpo de literatura y considerando el tipo de documentos, de los 1752 registros se observó que: el 55.1% son artículos publicados en revistas académicas, el 28.5% son artículos presentados en conferencias y eventos internacionales indexados, el 9.6% son capítulos de libro, el 2.6% revisiones, el 1.3% son libros y 2.9% otros (Figura 5.3, izquierda). Esto sugiere que el 83.6% de los documentos, entre artículos de revistas y de conferencias, han tenido una evolución acelerada en la generación de conocimiento, dando cumplimiento de condiciones de calidad, puesto que son documentos que han sido evaluados por pares académicos, por consiguiente, aseguran ciertas condiciones de calidad en los aportes que se realizaron desde este trabajo de investigación.

**Figura 5-2:** Documentos Publicados por año. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1 (consulta, 2 de agosto de 2022)



**Figura 5-3:** Tipos y Áreas de los Documentos Publicados de TC. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1



Respecto a los documentos publicados por área de conocimiento, se pudo observar que la TC ha sido de interés multidisciplinario; ya que se han observado desarrollos en las diferentes áreas de conocimiento, tales como: negocios y gestión (25,1%), ciencias sociales (22,7%), ingeniería (17,9%), ciencias de la computación (12,2%), economía (9,3%), ciencias de la decisión (6,1%), otras (6,7%) (Figura 5.3, derecha).

El desarrollo del proceso de búsqueda y este tipo de análisis descriptivo, permite identificar cuáles son las fuentes de información o revistas académicas reconocidas (teniendo en cuenta la cantidad de documentos por cada fuente), así como también determinar las bases de datos de donde se recuperarán

los documentos, que al final del proceso, se van a leer y analizar críticamente para la construcción del marco teórico y los conceptos requeridos.

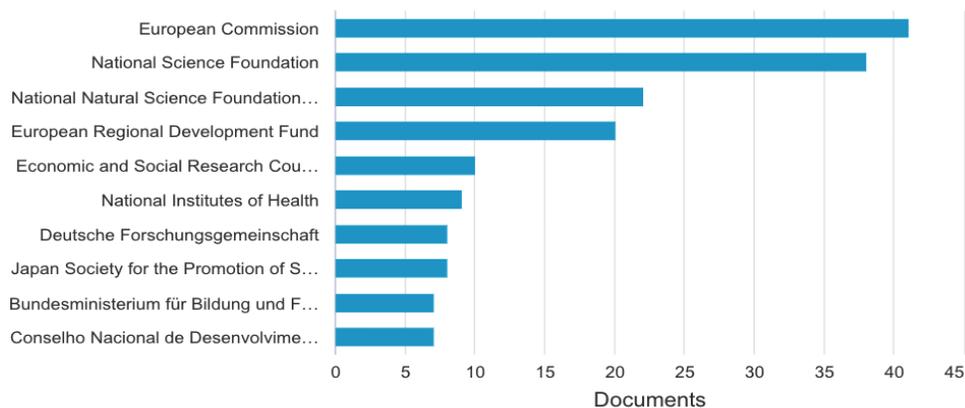
Las principales fuentes o revistas, las bases de datos académicas, los buscadores y herramientas bibliográficas para el desarrollo de esta etapa se muestran en la Tabla 5.2.

**Tabla 5.2:** Fuentes de Información y Herramientas (Elaboración propia)

Tipo de Fuente	Fuente de Información
Revistas académicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Journal of Technology Transfer Q1</li> <li>● Industry and Higher Education Q2</li> <li>● Research Policy Q1</li> <li>● Technovation Q1</li> <li>● International Journal of Technology Management Q2</li> <li>● Science and Public Policy Q1</li> <li>● European Planning Studies Q1</li> <li>● Journal of Technology Management and Innovation Q3</li> <li>● Otros</li> </ul>
Bases de datos académicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EBSCOhost</li> <li>● Emerald</li> <li>● Elsevier</li> <li>● Taylor &amp; Francis</li> <li>● Springer</li> <li>● SAGE</li> </ul>
Buscadores y herramientas bibliográficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Scopus y WOS</li> <li>● Google Scholar</li> <li>● Dialnet</li> <li>● VOSviewer</li> <li>● Mendeley</li> </ul>

En síntesis, de los resultados y argumentos anteriores se puede decir que los trabajos de investigación sobre la transferencia de conocimiento entre las IES y los SRI, actualmente tienen alta relevancia académica y pertinencia en la aplicación para evaluar el desempeño de este tipo de sistemas, así como una dinámica acelerada en la producción de nuevo conocimiento con buenas condiciones de calidad. Ello, porque las revistas académicas como: Journal of Technology Transfer, Industry and Higher Education, Research Policy, Technovation, International Journal of Technology Management (en su mayoría ubicadas en Scimago Q1) muestran que es un tema creciente, el cual obtuvo su mayor pico en 2021 (Figura 5.2). Adicionalmente, estos trabajos han sido de interés para agencias y organizaciones gubernamentales focalizadas en innovación en Europa, Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Brasil (Figura 5.4)

**Figura 5-4:** Documentos Publicados por Patrocinador. Fuente: SCOPUS, aplicando Ecuación 5.1



### 5.1.3 Proceso de Selección de los Artículos con Información Relevante y Lectura.

La revisión bibliográfica, además de ayudar a construir el marco referencial y a verificar la tendencia de los desarrollos y aportes académicos en torno a un objeto de conocimiento; también es un proceso activo y recurrente utilizado bajo demanda en cualquier etapa de la investigación, para aclarar, y fortalecer conceptos, legitimar constructos, proponer modelos etc. El proceso de consulta a las bases de datos académicas e índices electrónicos bibliográficos como SCOPUS, WOS, Google Scholar y otros, tiene varias iteraciones o revisiones (al menos dos), con el fin de acotar y focalizar sobre el tema que se desea consultar. El proceso sistemático presentado en este ítem es una forma de mostrar el algoritmo de consulta de documentos indexados y publicados por las principales editoriales científicas y entidades generadoras y sistematizadoras de conocimiento. Este ejercicio ha sido un ejemplo general de cómo se realizó la serie de revisiones de esta investigación para construir el marco teórico, definir los modelos conceptuales, proponer nuevas definiciones y demás.

La revisión propuesta en este aparte es una adaptación de Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007). Ejercicio en el cual la primera búsqueda fue lo suficientemente amplia para capturar un cuerpo bibliográfico de 1752 documentos, los cuales contienen las categorías de conocimiento y los elementos generales, así como los conceptos determinantes presentes en los modelos que representan el fenómeno de TC (Ecuación 5.1). Seguido a ello, las consultas posteriores fueron realizadas sobre el cuerpo bibliográfico y contribuyeron a focalizar los elementos particulares asociados a las preguntas de investigación, las cuales fueron propuestas en el diseño de búsqueda. Los elementos o conceptos indagados fueron: canales de transferencia, capacidad de absorción, alineación, capital humano, desempeño regional. Posteriormente se aplicó una serie de filtros con criterios de relevancia por número de citas y modernidad por año de publicación. A continuación, se realizaron filtros por focalización sobre el tema específico indagado, considerando una pre-lectura de los títulos, resúmenes (abstracts) y conclusiones para llegar a los documentos aptos para una lectura crítica, los cuales han sido el fundamento del primer modelo explicativo propuesto en la etapa de re-descripción del fenómeno de TC U-R.

Ahora se detalla el ejercicio que se realizó para determinar cuáles son los canales de la TC U-R. En ese sentido, sobre el cuerpo de la literatura inicial compuesto por 1572 se realiza una consulta para detectar cuales son los documentos que abordan la temática acerca de los canales de TC, de tal manera que utilizando los índices bibliográficos de SCOPUS o WOS se complementó la búsqueda de la Ecuación 5.1 incluyendo los términos *channels, fluxes, ways* como se muestra en la Ecuación. 5.2:

**Ecuación 5.2** Ecuación de consulta de la bibliografía sobre los canales de TC U-SRI en SCOPUS (construcción propia. 5 de agosto 2022)

TITLE-ABS-KEY ((knowledge OR technology) AND transfer AND (universit\* OR hei OR (higher AND education)) AND (region\* OR (innovation AND \*system) OR ris) AND (channel\* OR flux\* OR way\*))

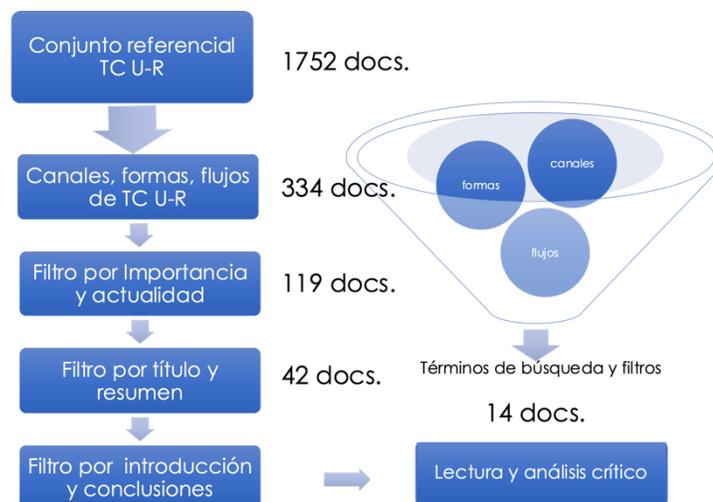
AND

( EXCLUDE ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "EART" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ENER" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "AGRI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "CENG" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PSYC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NURS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "HEAL" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "IMMU" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NEUR" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "VETE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "DENT" ) )

De la consulta realizada mediante la Ecuación 5.2 se obtuvieron 334 registros de documentos asociados o que en su contenido tienen alguna relación con los canales de transferencia de conocimiento. A los documentos obtenidos se les aplica un primer filtro, el cual tiene en cuenta la relevancia del artículo (provista por la base de datos y el número de citas) y la actualidad del mismo. De este primer filtro se dejan 119 documentos. En segunda instancia, se realizó el filtro por título y resumen, donde el documento para ser elegido debe ser coherente con los canales, flujos o formas de TC, de donde se seleccionaron 42 potenciales documentos, a los cuales se les hizo un proceso de prelectura que revisa la introducción y las conclusiones. De los 42 documentos se escogieron 14 que pasaron este último filtro de prelectura, considerados los artículos finales, a los cuales se les realizó una lectura crítica y analítica, ya que estos serán la fuente para el desarrollo del trabajo de investigación, para el caso puntual, fue la construcción del modelo de TC y en especial la conceptualización de los canales de TC. El proceso de selección se muestra en la Figura 5.5.

De los 14 documentos que quedaron al final del proceso se han observado trabajos y autores importantes que han sustentado la definición y presencia de elementos que intermedian o que se pueden considerar los mecanismos de TC. Entre los trabajos consultados están aquellos que permitieron definir la estructura de los canales de TC propuestos en esta investigación. Los canales son: la transferencia básica por publicaciones y eventos, el capital humano, el emprendimiento, la investigación cooperativa-colaborativa, y la gestión de redes y servicios colaborativos (A. T. Alexander & Childe, 2012, 2013; Gál & Ptáček, 2019; Hamm & Kopper, 2014; Jaeger & Kopper, 2014).

**Figura 5-5:** Proceso de selección de los documentos relevantes en torno a los canales de TC (construcción propia)



Las demás búsquedas que hicieron parte de este proceso investigativo se realizaron de acuerdo con las necesidades de aclaración y respuestas no encontradas según las preguntas de investigación. Dichas consultas se realizaron no solo en el cuerpo bibliográfico inicial, sino también por fuera de él. Así se hallaron documentos que complementaron el conjunto de documentos previamente usados, generando un marco referencial ampliado. El protocolo de búsqueda y análisis de los documentos fuente fue siempre el mismo en todos los ciclos que se hicieron necesarios.

#### 5.1.4 Análisis del Cuerpo de la Literatura

Para realizar el análisis del cuerpo de la literatura se construyó una red de coautorías con los 1752 documentos, los cuales fueron identificados por la consulta de la Ecuación 5.1. Para ello se utilizó la herramienta de Software VOSviewer que representó, a manera de un grafo de colores, las diferentes dependencias, intensidad de relaciones y clústeres por temas entre los trabajos de los autores. Trabajos que han aportado, desde las diferentes disciplinas y puntos de vista, en el desarrollo de la TC Universidades-SRI. En este sentido a continuación, se describe la red (ver Figura 5.6) donde se muestra la relevancia de los documentos obtenidos de manera conjunta y se establecieron los nexos entre las temas y subtemas que se incluyeron en esta investigación.

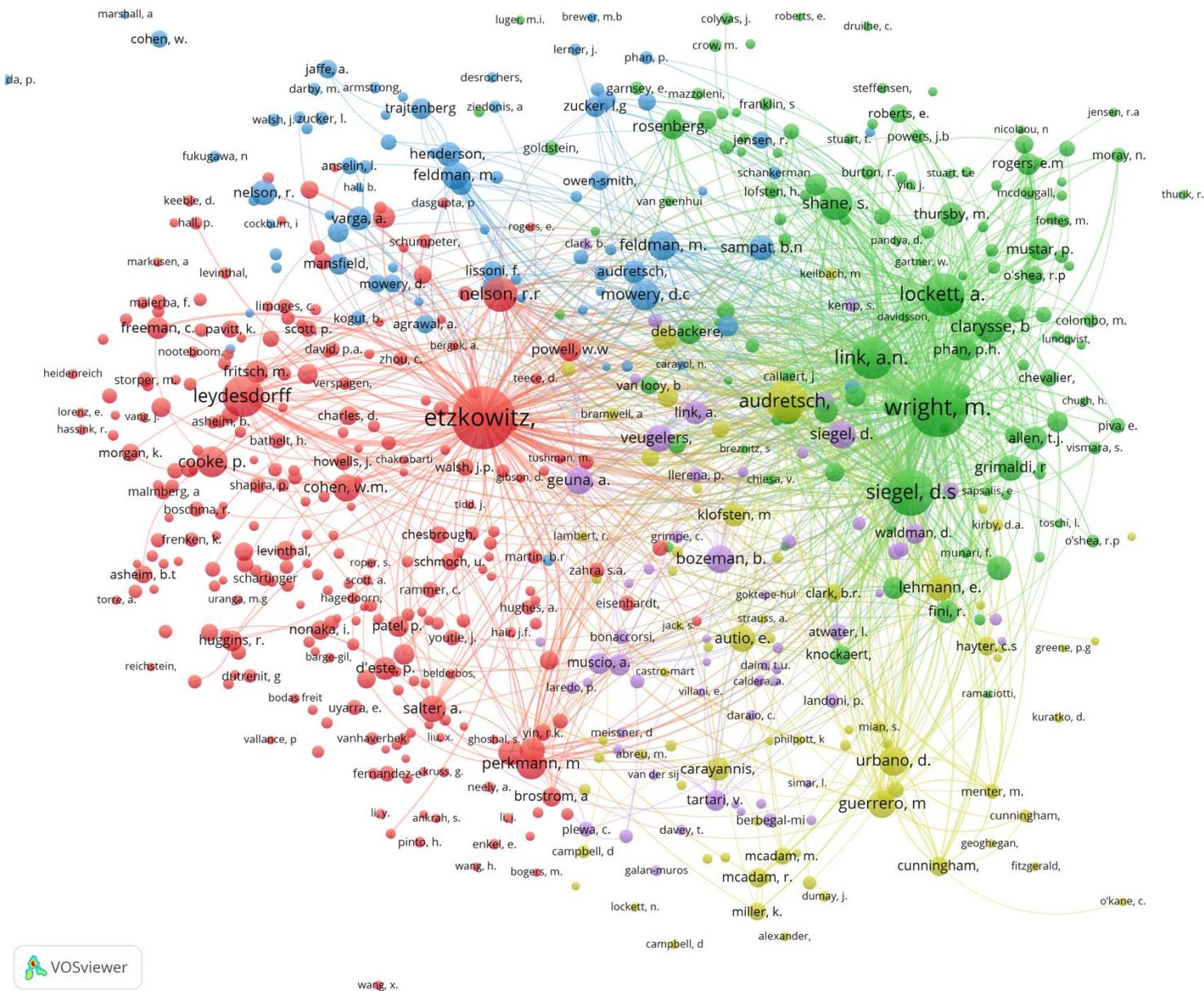
El clúster rojo se puede denominar el de los Sistemas de Innovación, puesto que agrupa los autores como Nelson, Freeman que han aportado históricamente y con gran fortaleza los temas relacionados con los sistemas nacionales de innovación, donde también aparece con una gran influencia (proporcional al tamaño del nodo) Leydesdorff y Etzkowitz que desarrollaron el modelo paradigmático llamado “Triple Hélice”. Los conceptos anteriores han sido extrapolados hacia los SRI propuestos por Cooke. También aparecen los autores Cohen, Levinthal y Perkman que explicaron la TC U-R como el proceso esencial de los eco-sistemas de innovación, la cual se debe dinamizar, puesto que dicho proceso contribuye al desarrollo y al desempeño de las regiones. En este clúster también se encuentran los desarrollos de Fernández-Esquinas que sustentan el primer modelo conceptual de esta investigación.

En el clúster azul o el de los efectos de las universidades se visualizan autores como Mowery, Sampat, Audretsch, Feldman y Caniels que han hablado sobre el compromiso de la universidad en el desarrollo de los sistemas y ecosistemas de innovación y emprendimiento. El rol de la universidad es crear y mejorar las capacidades de CT&I, tanto de las universidades, como de las organizaciones que se ubican en las regiones. Se deben generar o incrementar las capacidades en torno a investigación, emprendimiento, TC y TT, donde uno de los mecanismos necesarios para mejorar esas capacidades científico-tecnológicas es el fortalecimiento del capital humano por medio de la formación de alto nivel. También han argumentado que el capital humano debe ser integrado en el aparato productivo de una región, puesto que son individuos con altas capacidades técnicas y de investigación que promueven la innovación y el desarrollo de las organizaciones, en consecuencia, el de las regiones de influencia de las IES.

El clúster de color morado/púrpura se puede llamar el de la transferencia o intermediación del conocimiento. De un lado, autores como Muscio y Geuna hacen relevante los efectos de la proximidad geográfica en el proceso de TC y TT, también asocian la eficacia de la transferencia con la capacidad de

absorción que, a su vez, tiene una relación positiva con la cercanía entre universidades, parques tecnológicos, laboratorios y organizaciones productivas. De otro lado, autores como Bozeman y Galán-Muros hablan de actividades y canales de TC y TT, complementados por Plewa que habla sobre los factores que promueven o limitan esta transferencia, tanto desde el emisor, el receptor y la intermediación.

**Figura 5-6:** Red de coautorías de los documentos del marco referencial en torno a la TC U-SRI. (construcción propia en VOSviewer en base a Ecuación 5.1)



Continuado con el clúster amarillo o de ecosistemas de emprendimiento, en el cual autores como Audretsch, Alexander, Urbano y Guerrero han propuesto la visión de hacia dónde se deben mover las universidades que transitan hacia la cuarta generación, en las que el conocimiento obtenido en la investigación debe ponerse en práctica por medio del emprendimiento desde las IES. Esa transición es necesaria en territorios y países con economías emergentes, por lo cual a las universidades les corresponde apoyar el desarrollo científico-tecnológico de la sociedad localizada en diferentes territorios. Para ello es necesario aprovechar las ventajas comparativas, así como las capacidades y recursos disponibles. En ese desarrollo las IES deben adecuarse, desde su gestión, a los niveles de madurez inicial de los territorios, para seguir de ahí en adelante mejorando las capacidades de absorción de conocimiento y tecnología. Adicionalmente, Carayannis y Campell amplían la visión de los ecosistemas de innovación hacia modelos donde la innovación aparece incluso en las formas de producción, transferencia y emprendimiento, creando nuevas hélices o dimensiones que focalizan el desarrollo de una potencialidad específica de un territorio, sector, o iniciativa con potencial desarrollo que genere capacidades y riqueza al lugar donde se localiza y hacia los lugares de alta conectividad.

Finalmente, en el clúster verde o de comercialización los autores como Wright han dicho que la transferencia de conocimiento debe ser explotada por medio de la comercialización de los activos de conocimiento, complementado por Siegel que da especial atención a la gestión de la propiedad intelectual. Por lo tanto, se deben generar patentes, spin-off, licencias de producción etc., que generen riqueza tanto para las organizaciones externas, como también para las IES, recursos que financian nuevas investigaciones y nuevos proyectos de emprendimiento tecnológico y social. Además, se propone la gestión de las relaciones entre IES y organizaciones para articular las investigaciones tempranas con potenciales aplicaciones de emprendimiento. En adición, Lockett asocia la producción de activos de conocimiento con la evaluación de la TT dentro en los ecosistemas de innovación y emprendimiento.

Como síntesis y de manera general, el análisis descriptivo de la literatura ha reforzado lo planteado en capítulos anteriores. La TC U-R puede ser considerada un componente o subsistema o proceso fundamental de los sistemas de innovación de cualquier tipo y nivel que se asocia positivamente con el desempeño de estos. Adicionalmente, el rol de las IES como generadores de conocimiento es fundamental, pero la TC es transversal a la formación de capital humano, la investigación y el emprendimiento, actividades que pueden ser vistas como formas de esta transferencia. De tal manera que, las universidades contribuyen con el desarrollo social, científico y tecnológico de las regiones donde se localizan, puesto que incrementan sus capacidades de adopción y aceptación de nuevo conocimiento y tecnología, lo cual puede ser usado y explotado también en vías de un desarrollo económico para el beneficio mutuo de las IES y de la sociedad.

## 5.2 La Resolución del Fenómeno de TC

En la subetapa de resolución se ha descrito el fenómeno de TC U-R como un sistema, en sus componentes y partes que lo constituyen, considerado los puntos de vista del observador de la situación problemática bajo el supuesto de una neutralidad profesional. Esta descripción es entendida también como el análisis causal del fenómeno (Bhaskar, 2008). Cabe anotar que esta descripción es una abstracción del autor en base a elementos y conceptos adquiridos desde la literatura y desde los aportes de conversaciones previas con expertos y actores del sistema educativo y de CTeI del país. La propuesta de cómo se sucede el fenómeno de TC se realizó de manera general y supone la cadena de eventos que surgen desde el ámbito nacional en el planteamiento de sus políticas educativas (especialmente las de educación superior), de CTeI y productivas, las cuales se despliegan hacia los SRI, que a su vez son adoptadas e implementadas por las universidades por medio de su oferta educativa, investigativa y de extensión hacia organizaciones y a las comunidades localizadas en los territorios.

Para la resolución del fenómeno de TC se ha concebido un modelo sistémico básico, el cual se construyó siguiendo los pasos propuestos por Rand & Rust (2011) y Wilensky & Rand (2015) para la conceptualización y modelamiento de sistemas complejos. Proceso en el cual se debe definir: el contexto y el alcance, los principales agentes y las propiedades, los comportamientos de los agentes, el ambiente en el cual sucede el fenómeno e interactúan los agentes; así como la definición de las entradas y las salidas que se visualizan en el fenómeno de estudio. El desarrollo de estos pasos se muestra como sigue:

### 5.2.1 El Contexto y Alcance

El contexto del fenómeno que se pretende estudiar está embebido en los SRI de Colombia. Un SRI es definido como el conjunto de políticas públicas, programas, proyectos, IES, centros de investigación, organizaciones de financiación de proyectos de investigación e innovación, así como las agencias y personas que apoyan la transferencia de conocimiento y tecnología en una región definida geopolíticamente. En un SRI todos estos agentes son responsables de promover la innovación para generar desarrollo económico y social en el territorio que lo conforma. Para Colombia esas regiones autónomas son los 33 departamentos, en los cuales se encuentra dividida políticamente la Nación.

El alcance del modelo que describe el fenómeno se focaliza en la TC entre las universidades y las regiones del país, departamentos que potencialmente pueden ser considerados SRI. La TC entre universidades y los SRI se realiza por medio de cuatro canales: 1) la transferencia básica, relacionada con la difusión y publicación de resultados orientaciones y recomendaciones para desarrollar la región; 2) la transferencia “vía capital humano” para dar soporte a la estructura productiva de las regiones; 3) la transferencia por iniciativas de emprendimiento, las cuales generan nuevas empresas, incrementando la base productiva del territorio; y 4) la investigación cooperativa y de proyectos de aplicación, los cuales incrementan las competencias de innovación y productividad local, pero en especial fortalece las relaciones bilaterales entre las universidades y las organizaciones locales. Adicionalmente, la TC funciona en un ambiente de movilidad y de colaboración.

Se ha argumentado que la TC realizada por medio de estos canales de conocimiento producen diferentes efectos o beneficios en los SRI, adicionalmente, que el desempeño de estos sistemas depende de dos elementos determinantes que dinamizan o limitan la TC. El primero, del lado de las universidades está *la alineación* que existe entre las necesidades y oportunidades de los territorios y la pertinencia de lo que esos canales estén transfiriendo para contribuir efectivamente con las iniciativas productivas y desarrollo tecnológico-científico. En segundo lugar, esa TC desde el lado de la región es moderada por la *capacidad de absorción*<sup>51</sup> del territorio y de su base productiva.

### 5.2.2 Los Principales Agentes/Actores y sus propiedades

Los principales agentes o nodos, si observan las interacciones en una estructura de red, que componen el fenómeno de TC (Figura 5.7) se han definido a nivel de organizaciones, y se describen a continuación:

- **Organizaciones del gobierno nacional y local:** estos nodos formulan la política pública de desarrollo social, económico y técnico-científico. Son entidades que están relacionadas con los sectores industrial, comercial, educativo y científico. Este tipo de nodos son influyentes y aparte de la generación, realizan la difusión de sus políticas e inyectan recursos a los SRI para su ejecución. Además, estas organizaciones realizan el seguimiento de los SRI, por lo tanto, recolectan los resultados de los indicadores de desempeño, sobre los cuales toman decisiones de alto nivel.
- **Universidades y centros de investigación:** son instituciones que generan conocimiento. Las universidades proveen profesionales y programas de educación superior; además al interior de ellas es donde se generan las iniciativas de emprendimiento. En el contexto colombiano, las universidades y los centros de investigación interactúan con las organizaciones públicas y privadas para implementar proyectos e investigaciones colaborativas. Este tipo de nodos son influenciadas por las políticas públicas y deciden qué programas educativos ofertan, qué proyectos de investigaciones realizan y qué tipo de iniciativas de extensión y de emprendimiento implementan.
- **Organizaciones de intermediación:** Las universidades en Colombia por medio de las oficinas de extensión, direcciones de investigación y oficinas de transferencia de conocimiento o tecnología fortalecen las relaciones entre las universidades y el sector productivo. A través de este tipo de nodos se ofrecen servicios de educación, actualización e implementación de proyectos, los cuales ayudan a desarrollar habilidades específicas relacionadas con las necesidades de las empresas públicas y privadas. Este tipo de nodos son también influenciados

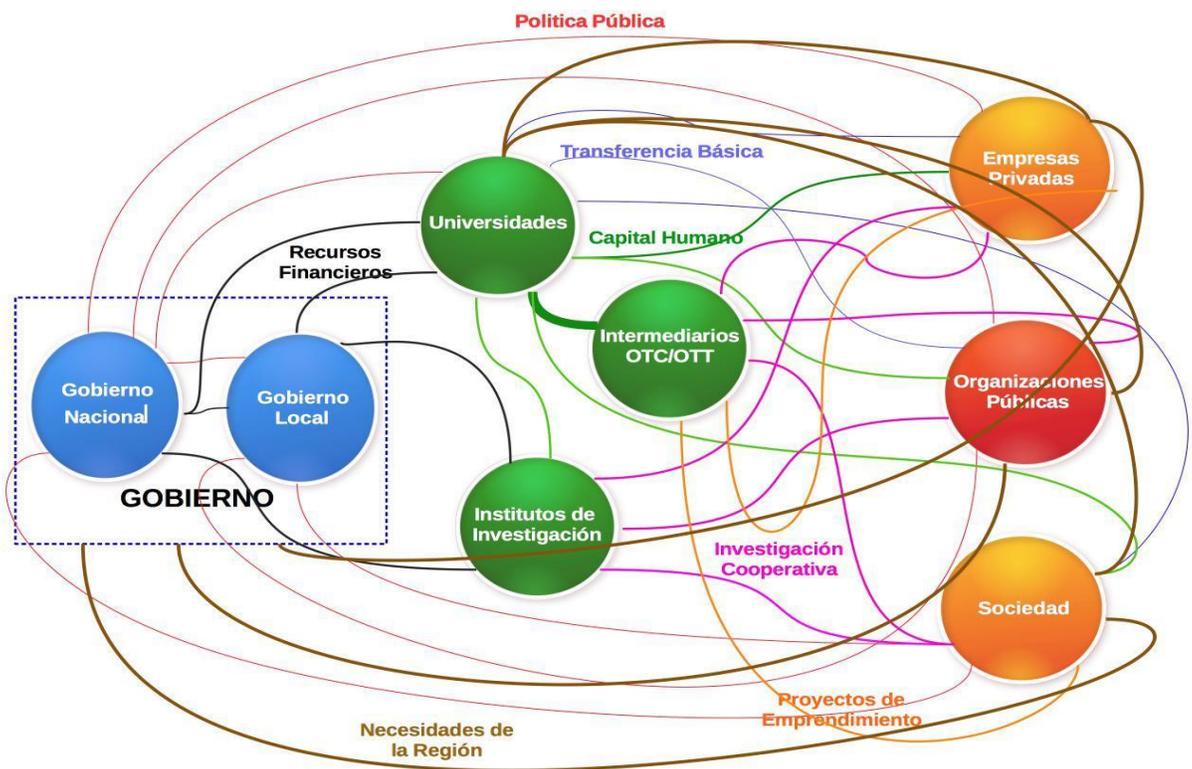
---

<sup>51</sup> La capacidad de absorción para este trabajo se define como la capacidad agregada que tiene la región para asimilar y transformar los flujos de conocimiento, que proviene de fuentes externas, en innovación (Miguel & Moreno, 2015).

por las necesidades de las organizaciones, de tal manera que deberían encargarse en conciliar la oferta investigativa, de extensión y de emprendimiento con las necesidades de la comunidad y de las organizaciones externas a las IES.

- **Organizaciones públicas y privadas**, así como las organizaciones sociales y comunitarias: este tipo de nodos usan el conocimiento y lo transforman para generar innovación, de tal manera que crean y mejoran productos, servicios y procesos que contribuyen con el bienestar de las regiones. Este tipo de nodos son influenciados por la política pública y generan empleo para los graduados de las universidades, además colaboran en la implementación de proyectos con el fin de cubrir las necesidades y aprovechar las oportunidades de las regiones.

**Figura 5-7:** Dinámica de Transferencia de Conocimiento, (construcción propia).



### 5.2.3 El Comportamiento de los Agentes

El comportamiento y por tanto la dinámica de interacción de los agentes (nodos) del fenómeno de TC (Figura 5.7) se puede exponer en la siguiente cadena de valor:

El fenómeno de TC, como ha estado concebido hasta hoy, inicia con la formulación de las políticas educativa, industrial y de CTel del gobierno nacional (las cuáles deberían estar fundamentadas en un

previo análisis de las necesidades socioeconómicas, tanto a nivel nacional como de los SRI). Seguido a ello, estas políticas nacionales son ajustadas al contexto regional por las instituciones de gobierno local de acuerdo a sus prioridades y recursos. Posteriormente las políticas nacionales y regionales son usadas por las universidades, centros de investigación y las empresas para generar sus propias políticas en torno a la educación superior, investigación, emprendimiento, producción industrial, de servicios y de intervención social, así como la definición de sus planes de desarrollo interno.

La política educativa adoptada por las universidades, que, bajo su autonomía, toman decisiones acerca de que programas de pregrado y posgrado desarrollan, así como que proyectos de investigación colaborativa, de extensión y emprendimiento realizan. Lo anterior, con el fin de focalizar sus esfuerzos para resolver las necesidades de la comunidad y de la estructura productiva de los SRI. De otro lado, las empresas públicas y privadas emplean a los graduados, colaboran con la investigación y los proyectos, también absorben iniciativas de emprendimiento y generan nuevas empresas. La suma de estos elementos ayuda a la innovación generando nuevos y mejores productos y procesos.

De esa manera, si se aumenta el tejido productivo, si los profesionales son absorbidos por la región, si existen más y mejores productos y servicios para su comercialización; se generará empleabilidad y por tanto mayor demanda de profesionales y servicios basados en el conocimiento, tales como ejecución de proyectos tecnológicos, de innovación e investigación, contribuyendo así a la mejora de los efectos de bienestar económico y social de una determinada región.

#### **5.2.4 El Medioambiente de la TC U-R**

El medioambiente en el cual se desarrolla el fenómeno puede ser interpretado como una red con nodos heterogéneos. Red en la cual existe intercambio de información y diferentes tipos de relaciones que influyen en el comportamiento del sistema. En este ambiente existe difusión de políticas públicas desde el gobierno hacia las universidades y empresas. También existen relaciones de movilidad de profesionales, de cooperación y de conciliación de intereses, las cuales suceden cuando se ejecutan proyectos de formación, investigación y de extensión entre universidades, empresas y la comunidad. En consecuencia, la TC es un fenómeno social que puede ser analizado desde la perspectiva de redes complejas.

#### **5.2.5 Entradas y Salidas Presentes en la TC U-R**

Es necesario entender que los fenómenos sociales son de carácter multicausal y multivariado, de ahí que existan diferentes entradas y salidas que confluyen e interactúan al mismo tiempo. Las entradas y las salidas permiten observar el comportamiento de cualquier tipo de sistema, ya que ofrece la posibilidad de contrastar estas señales de información (entradas-salidas) y encontrar la dinámica del mismo, con el fin de hallar su comportamiento en el tiempo y encontrar posibles tendencias y dependencias. Esto con el fin de intervenir el sistema para mejorarlo por medio de la aplicación de políticas y estrategias.

Las políticas públicas se pueden considerar información transversal, sobre la cual todos los actores toman sus conductas en torno a cómo contribuir al desempeño del SRI basado en sus intereses, por ejemplo, las universidades decidirán que programas ofertar y que proyectos realizar. De otro lado el aparato productivo, decidirá qué empresas crear, qué productos o servicios entregar, qué personas contratar y demás.

Algunas de las variables o indicadores que permiten ver el comportamiento del sistema de TC U-R se han propuesto en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3:** Variables de entrada y salida en el desempeño de un SRI. Elaborada con base en: (Colombia-Colciencias, 2016; Colombia-OCyT, 2015; Lau & Lo, 2015; Miguelez & Moreno, 2015; Ricyt et al., 2001)

Indicadores de entrada		Factores de la región	Indicadores de salida (desempeño)
Transferencia Básica	Número de publicaciones científicas Participación en eventos de difusión Número de publicaciones técnicas	Concentración de empresas  Concentración de universidades  Especialización sectorial Dispersión sectorial  Estructura de mercado Centros de investigación	Empresas con nuevos productos  Empresas con nuevos servicios  Patentes, Spin-Off, Modelos de utilidad, Diseños industriales, Marcas, Certificados de obtentor Licencias  Productos basados en la innovación  Incremento en ventas por proyectos de innovación  Número de proyectos de CTI terminados
Capital Humano	Número de graduados por nivel y por área Número de programas por nivel y por área de conocimiento Número de universidades		
Iniciativas de emprendimiento	Número de iniciativas de emprendimiento Número de programas de emprendimiento en las universidades		
Proyectos de Investigación colaborativa	Número de proyectos de CTI Recursos aprobados en proyectos de CTI Grupos de investigación desarrollando proyectos		
Movilidad y redes	Número de estudiantes por nivel en práctica empresarial Número de estudiantes internacionales en universidades locales Número de estudiantes e investigadores en proyectos regionales de Innovación Número de alianzas Número de Oficinas de intermediación		

### 5.3 La Resolución de la Falta de Alineación en TC U-R

El flujo de conocimiento entre las universidades y las organizaciones de las regiones sucede por medio de los canales de transferencia ya descritos (publicaciones, capital humano, investigación colaborativa, emprendimiento). Además de la presencia de estas vías de TC, se supone la existencia de dos factores importantes que aceleran ese flujo de conocimiento. Del lado de las regiones se ha documentado, desde la revisión de la literatura y en la identificación del problema la *capacidad de absorción* o de aprendizaje que desarrollan los territorios. Esta capacidad de absorción se ha definido como un proceso secuencial que se mueve por las etapas de: adquisición, donde se identifica y adquiere el conocimiento; de asimilación donde, se interpreta y se entiende; transformación, donde se combina el conocimiento adquirido con la experiencia; y de explotación, donde se convierte ese conocimiento que ha sido absorbido en nuevos productos, procesos, servicios y demás (Lau & Lo, 2015; Miguelez & Moreno, 2015; Profiroiu & Brișcariu, 2021).

Del lado de las universidades aparece un elemento nuevo; el cual es desarrollado por este trabajo debido a la poca documentación en la literatura; que determina la *alineación U-R* que existe entre el conocimiento transmitido y las necesidades y oportunidades de los territorios, elemento que fue identificado y resuelto por medio de un análisis de texto (Santander, 2011) que intentó verificar la concordancia entre los graduados de alto nivel que se generan en las universidades y las necesidades productivas y científico-tecnológicas de los territorios del país.

#### 5.3.1 El Análisis de Texto para Determinar la Alineación U-R

El análisis de texto aplicado en esta parte de la investigación se realizó para observar la coherencia y la pertinencia entre las apuestas productivas de las regiones consignadas en las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI) de MinCIT<sup>52</sup>, concertadas por los territorios y la Alta Consejería del Gobierno, así como, las apuestas de desarrollo científico y tecnológico propuestos en los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales de CTeI (PAED) de Minciencias para cada uno de los 33 departamentos del país disponibles con corte al año 2020; iniciativas que fueron contrastados con la disponibilidad de graduados de maestrías y doctorados en las regiones. Todo ello bajo el supuesto de que la apuesta de largo plazo de CTeI para Colombia es impulsar en el país y sus regiones los focos de desarrollo propuestos por el ejercicio de prospectiva de la Misión de Sabios 2019<sup>53</sup>.

---

<sup>52</sup> MinCIT: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

<sup>53</sup> En el 2019 el Colombia realizó un ejercicio de prospectiva denominada “La Misión Internacional de Sabios”, con expertos temáticos de clase mundial, el cual determinó 8 focos de desarrollo para el país: Ciencias Sociales, Salud, Biotecnología, Bioeconomía, Océanos y Recursos Hidrobiológicos, Ciencias Básicas y del Espacio, Energía Sostenible y Tecnologías Convergentes (Nano, Info, Cogno e Industrias 4.0) (Colciencias, 2019).

El proceso de análisis de texto planteado en este aparte del documento es una adaptación del análisis de discurso propuesto por Santander (2011), el cual analizó sobre los documentos ya referenciados la existencia de similitudes y coherencias de las áreas de desarrollo de los proyectos y apuestas, tanto productivas, como de CTeI, las cuales se clasificaron en torno a los 8 focos de la Misión de Sabios. Adicionalmente, para sintetizar el análisis de texto de las agendas y los planes departamentales, se agregaron en 6 grupos que representan la división de las regiones del país propuesta por el DNP<sup>54</sup>. Las regiones son: Caribe, Centro-Oriente, Centro-Sur, Antioquia y Eje Cafetero, Llanos y Pacífico

El análisis de texto propone en primera instancia la existencia de un objetivo, que para el caso específico es verificar la alineación entre las necesidades de las regiones, consignadas en agendas de competitividad e innovación y los planes de CTeI, por un lado; y por el otro lado los recursos humanos (la cantidad y proporción de graduados de alto nivel por núcleo de conocimiento) con los cuales se van a cubrir esas necesidades para llevar a cabo las apuestas en torno a mejorar la competitividad y la CTeI a nivel regional. En ese orden de ideas, se realizó una clasificación de los planes, proyectos, y estrategias presentes en los documentos departamentales en base a 17 núcleos de conocimiento<sup>55</sup> (categorías), los cuales a su vez se clasificaron en los 8 focos de desarrollo, según el ejercicio de la prospectiva de la Misión de Sabios. Es importante decir que el ejercicio no tuvo el fin de priorizar, ni jerarquizar la información, sino observar la presencia y la frecuencia de los proyectos, programas que formaban parte de las categorías definidas en cada uno de los departamentos, los cuales fueron agregados en 6 regiones para presentar sus resultados (ver Tabla 5.4)

Colombia durante los años 2001-2018 ha graduado 161.817 estudiantes de alto nivel (magísteres y doctores), los cuales fueron distribuidos según la clasificación de la Tabla 5.4 con el fin de verificar la alineación o coherencia con las apuestas de desarrollo de las regiones, para el caso se ha realizado una descripción, por parte del autor, considerando los focos de la Misión y se realizó a nivel de las seis regiones diseñadas por el DNP, la cual plantea lo siguiente:

Para el análisis desde el punto de vista de los focos, se tiene que el foco de biotecnología está presente en todas las regiones, además el país apuesta por la producción de alimentos y la sostenibilidad. Particularmente en Caribe, Centro-Oriente, Antioquia y Pacífico se comparte el desarrollo de la industria farmacéutica. El foco de Salud está presente en todas las regiones, pero con menor presencia en Llanos y Centro Sur. El foco de Ciencias Sociales se encuentra en todas las regiones y es el foco que tiene mejor desarrollo comparado con los otros. El foco de Energía está presente en todas, menos en Llanos y Centro-Sur; además Caribe, Centro-Oriente y Pacífico declaran a energía como una apuesta estratégica regional. El foco de Industrias Creativas está presente en todos menos en Llanos. El foco de Océanos y recursos hidrobiológicos se encuentra en todas las regiones, pero solo Caribe lo declara como apuesta

---

<sup>54</sup> DNP: Departamento Nacional de Planeación de Colombia

<sup>55</sup> Las categorías o núcleos de conocimiento definidos según los planes y agendas departamentales fueron: Agronomía y Alimentos, Biodiversidad y Medio Ambiente, Biología, Química y Farmacéutica, Ciencias Básicas y del Espacio, Salud, Desarrollo Social-Humano, Educación, Energía, Industrias Creativas y Culturales, Recursos Hidrobiológicos; Sistemas, Informática, Telemática y Afines; Transporte, Comercio, Metalmecánica y Automotriz, Construcción e Infraestructura, y Logística.

de desarrollo. El foco de Tecnologías 4.0 está en todas menos en Llanos. Adicionalmente, las apuestas productivas de logística, transporte y movilidad, comercio, metalmecánica y automotriz, construcción e infraestructura y las ciencias administrativas no tienen un foco específico de la misión, porque se considera que estas apuestas tienen recursos, son maduras, además se mueven por la dinámica de la industria y el mercado.

En contraste, considerando como unidad de análisis a las regiones propuestas por el DNP, se puede ver que Caribe tiene como focos de desarrollo la Energía Sostenible y Océanos y Recursos Hidrobiológicos, sin embargo, en estas dos apuestas de desarrollo, la cantidad de graduados de alto nivel que las promuevan son escasos, ya que solamente el 0.2% (20) y el 0.4% (49) respectivamente, de los 11.451 graduados entre el 2001 y el 2018 fueron formados por las universidades de los departamentos que conforman esta región para cubrir estas apuestas de desarrollo. Siguiendo con la Centro Oriente, esta es la región con más recursos y tiene apuestas en 6 de los 8 focos. Los focos que no se han declarado en las agendas de competitividad y los planes de CTeI son: Ciencias Básicas y del Espacio, con la consideración que la región si ha formado en alto nivel 1.782 (1.9%) profesionales; y respecto a Océanos y Recursos Hidrobiológicos con solo 1 graduado de los 94.175 totales en el periodo evaluado.

**Tabla 5.4:** Alineación Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación, Planes y Acuerdos Departamentales de CTeI, Focos de la Misión de Sabios y Graduados de Maestrías y Doctorados 2001-2018

Región	Foco Misión Sabios	Agendas Estratégicas de CTeI	Apuestas Productivas Regionales	Graduados por Foco		Graduados por Región
Caribe	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	685	6.0%	11,451
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente			
		Biología, Química Y Farmacéutica	Biología, Química Y Farmacéutica			
	Ciencias Básicas Y Del Espacio	-----	-----	273	2.4%	
	Ciencias De La Vida Y La Salud	Salud	Salud	400	3.5%	
	Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	Desarrollo Social - Desarrollo Humano	-----	6,345	55.4%	
		Educación	Educación			
	Energía Sostenible	-----	Energía	20	0.2%	
	Industrias Creativas Y Culturales	-----	Industrias Creativas Y Culturales	123	1.1%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	Recursos Hidrobiológicos	Recursos Hídricos	49	0.4%	
	Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno Industrias 4.0	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	361	3.2%	
Economía, Administración Y Otras	Logística	Logística	3,195	27.9%		
	-----	Construcción E Infraestructura				
	-----	Metalmecánica Y Automotriz				
Centro - Oriente	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	7,791	8.3%	94,175
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente			

Región	Foco Misión Sabios	Agendas Estratégicas de CTeI	Apuestas Productivas Regionales	Graduados por Foco		Graduados por Región
		----	Biología, Química Y Farmacéutica			
	Ciencias Básicas Y Del Espacio	----	----	1,782	1.9%	
	Ciencias De La Vida Y La Salud	Salud	Salud	3,740	4.0%	
	Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	Desarrollo Social - Desarrollo Humano	----	47,417	50.3%	
		Educación	Educación			
	Energía Sostenible	Energía	----	1,057	1.1%	
		Minería	Geología, Minería E Hidrocarburos			
	Industrias Creativas Y Culturales	----	Industrias Creativas Y Culturales	1,346	1.4%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	----	----	1	0.001 %	
	Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno Industrias 4.0	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	4,899	5.2%	
Economía, Administración Y Otras	Transporte	Transporte Y Movilidad	26,142	27.8%		
	Comercio	Comercio Y Marketing				
	----	Metalmecánica Y Automotriz				
	----	Construcción E Infraestructura				
Centro Sur	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	284	10.7%	
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente		0.0%	
	Ciencias Básicas Y Del Espacio	----	----	25	0.9%	
	Ciencias De La Vida Y La Salud	----	----	22	0.8%	
	Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	Educación	Educación	2,001	75.2%	
	Industrias Creativas Y Culturales	----	Industrias Creativas Y Culturales	2	0.1%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	Recursos Hidrobiológicos	----	21	0.8%	
	Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno Industrias 4.0	----	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	4	0.2%	
Economía, Administración Y Otras	----	----	301	11.3%		
Antioquia Y Eje Cafetero	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	4,133	11.8%	
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente			
		Biología, Química Y Farmacéutica	Biología, Química Y Farmacéutica			
	Ciencias Básicas Y Del Espacio	----	----	1,206	3.4%	
	Ciencias De La Vida Y La Salud	Salud	Salud	1,891	5.4%	
Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	Educación	----	14,990	42.8%		

Región	Foco Misión Sabios	Agendas Estratégicas de CTeI	Apuestas Productivas Regionales	Graduados por Foco		Graduados por Región
	Energía Sostenible	----	----	873	2.5%	
	Industrias Creativas Y Culturales	----	Industrias Creativas Y Culturales	793	2.3%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	----	----	6	0.0%	
	Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno Industrias 4.0	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	Industrias 4,0 Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	1,025	2.9%	
	Economía, Administración Y Otras	Comercio	Comercio Y Marketing	10,068	28.8%	
		Transporte	----			
----		Metalmecánica Y Automotriz				
Llanos	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	76	17.1%	
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente			
	Ciencias De La Vida Y La Salud	Salud	----	7	1.6%	
	Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	----	Educación	310	69.7%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	----	----	26	5.8%	
	Economía, Administración Y Otras	----	----	26	5.8%	
Pacífico	Biotecnología, Bioeconomía Y Medio Ambiente	Agronomía Y Alimentos	Agronomía Y Alimentos	1,678	9.3%	
		Biodiversidad Y Medio Ambiente	Sostenibilidad Y Medio Ambiente			
		Biología, Química Y Farmacéutica	Biología, Química Y Farmacéutica			
	Ciencias Básicas Y Del Espacio	----	----	518	2.9%	
	Ciencias De La Vida Y La Salud	Salud	Salud	985	5.4%	
	Ciencias Sociales, Desarrollo Humano Y Equidad	Desarrollo Social - Desarrollo Humano	----	6,302	34.8%	
		Educación	----			
	Energía Sostenible	Energía	Energía	20	0.1%	
	Industrias Creativas Y Culturales	Desarrollo Social - Desarrollo Humano	Industrias Creativas Y Culturales	74	0.4%	
	Océanos Y Recursos Hidrobiológicos	----	----	37	0.2%	
	Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno Industrias 4.0	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	Sistemas, Informática, Telemática Y Afines	632	3.5%	
		----	Tic			
Economía, Administración Y Otras	Logística	Logística	7,855	43.4%		
	Sostenibilidad Y Medio Ambiente	----				
	----	Automotriz - Empaques				
	----	----				
Total General				161,817		

Las regiones Centro Sur y llanos son las regiones con menos cantidad de graduados de maestrías y doctorados, 2.660 y 445 respectivamente, pero son regiones que han declarado grandes oportunidades y ventajas comparativas en los focos de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente, y de Océanos

y Recursos Hidrobiológicos ya que poseen grandes extensiones de selva, recursos naturales, así como cuerpos de agua dulce. Pero las dos regiones tienen pocos graduados de alto nivel en estas áreas de conocimiento. Adicionalmente, en el foco de Ciencias de la Vida y la Salud la cantidad de profesionales también son numéricamente pocos, en otras palabras, existe poco soporte para la implementación de este tipo de iniciativas. En contraste, Centro sur declara como foco de desarrollo a las Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno, Industrias 4.0; lo cual no está en concordancia con las capacidades y oportunidades potenciales de la región.

Antioquia y Eje Cafetero es la segunda región en importancia en términos de capacidades científico-tecnológicas y de innovación con 34.985 graduados; por lo tanto, esta región ha tenido apuestas en la mayoría de los focos de la Misión de Sabios. De los datos se pudo observar que tiene graduados de alto nivel en los focos de Ciencias Básicas y del Espacio (1.209); y en Energía Sostenible (873); pero en sus agendas de competitividad y planes departamentales de CTeI no se proponen iniciativas en esos dos focos, ni tampoco en Océanos y Recursos Hidrobiológicos, en otras palabras, la región está formando personas de alto nivel, pero ellas no tienen los proyectos, recursos y espacios para la investigación, aplicación y posterior innovación.

La región Pacífico, es la tercera región en contribución al desarrollo del país, después de Centro Oriente y Antioquia, con 18.101 graduados de alto nivel. La región tiene en sus prioridades a los 8 focos propuestos. Adicionalmente se puede afirmar que la región tiene una ventaja comparativa enorme respecto a su acceso al Océano Pacífico y los afluentes de agua dulce del Chocó, pero en las propuestas de las agendas de competitividad y planes de CTeI no han estado presentes los proyectos e iniciativas para el desarrollo del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, al igual que para el foco de Ciencias Básicas y del espacio. Se observan personas formadas, pero no proyectos e iniciativas que contribuyan a la implementación a gran escala de las potencialidades de la región.

Finalmente, el análisis de texto mostró que las regiones tienen una combinación de diferentes apuestas productivas y de CTeI, las cuales deberían estar atadas a su estrategia de desarrollo y deberían estar en consonancia con las necesidades, ventajas y oportunidades, tanto en capacidades como recursos, de las regiones. En ese sentido se determina una desalineación y falta de articulación entre el recurso humano de alto nivel que se forma en las universidades y los requerimientos de los territorios.

De lo anterior se ha propuesto que, cuando se habla de *alineación* se hace referencia a la coherencia, concordancia y articulación precisa entre la oferta de las IES y la demanda de las regiones. Dicha alineación es también un proceso que verifica la concordancia lógica entre el conocimiento transmitido por medio de los canales o flujos y las necesidades y oportunidades de las regiones. Proceso que además posee una realimentación que permite la corrección cíclica para lograr tal concordancia. Adicionalmente, se expresa que la alineación U-R puede ser promovida desde la implementación de política pública con estrategias de formación in situ, así como la movilidad de graduados, la promoción de proyectos de CTeI con el fin de contribuir a la construcción de capacidades de las regiones, donde existen las mayores brechas de desarrollo.

## 5.4. La Re-descripción del Fenómeno de TC U-R

El desarrollo de la subetapa de re-descripción del fenómeno trajo consigo el primer modelo que ha conceptualizado de manera general la TC desde las universidades a las regiones a la luz de los aportes teóricos y postulados propuestos por A. T. Alexander & Childe (2012, 2013); Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela (2015); Gál & Ptáček (2019); Hamm et al. (2012); Hamm & Kopper (2014); Jaeger & Kopper (2014); Lau & Lo (2015); Miguelez & Moreno (2015) con el fin de presentar los elementos y componentes fundamentales del fenómeno, entre ellos los canales de TC y los factores que promueven o restringen dicho fenómeno de los tres lados del mismo (universidades-canales-regiones).

### 5.4.1 La Transferencia de Conocimiento U-R Como Concepto.

El concepto de Transferencia de Conocimiento Universidad – Región /SRI ha sido tratado con diferentes enfoques tales como: difusión de conocimiento, transferencia de tecnología, relacionamiento universidad-industria, colaboración universidad-industria y otros como se pudo observar en el capítulo 2 de este documento. La TC ha estado enmarcada en la tercera misión de las universidades, pero después de la revisión de la literatura se ha propuesto que la TC trasciende las tres misiones de la universidad, puesto que la interacción humana, que es el mecanismo primordial de transmisión o contagio de conocimiento, se da en la formación (en especial cuando los graduados son insertados en las organizaciones que hacen parte de la estructura productiva y social), en los proyectos de investigación (en especial cuando son proyectos en colaboración-cooperación universidad-industria) y de facto en los proyectos y procesos de extensión. Dicha interacción humana sucede de manera continua a lo largo de las tres misiones de la universidad, las cuales soportan los procesos de desarrollo social, económico y científico-tecnológico de las regiones influenciadas por la presencia de las IES (Agrawal, 2001; Galán-Muros & Davey, 2019; Geuna & Muscio, 2009; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014).

En el desarrollo de la investigación se ha re-descrito el concepto de TC U– R, lo cual se ha considerado uno de los aportes conceptuales de esta; concepto que engloba las definiciones de la revisión propuesta en el capítulo 2. Se ha dicho que la TC U– R es el proceso constituido por toda la serie de actividades de intercambio de conocimiento, tecnología, experiencia y capacidades entre las IES y las organizaciones públicas, privadas, y la comunidad. Para el caso en particular, se refiere a la movilidad de los activos de conocimiento desde y hacia las universidades para que sean aplicados más allá de sus límites y generen beneficios en la economía y en la sociedad (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Galán-Muros & Plewa, 2016; Holi, Wickramasinghe, & Van Leeuwen, 2008; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014).

### 5.4.2 Los Canales de Transferencia de Conocimiento U-R

La TC desde las IES hacia las organizaciones externas se realiza a través 5 canales: a) la transferencia básica, b) vía capital humano, c) por medio de iniciativas de emprendimiento, d) a través de la investigación cooperativa y colaborativa, y e) por medio de la movilidad y redes de colaboración (A. T. Alexander & Childe, 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Lau & Lo, 2015; Miguez & Moreno, 2015)) (Figura 5.8).

**Figura 5-8:** Modelo de Transferencia de Conocimiento, (construcción propia basada en Jaeger & Kopper (2014); Lau & Lo (2015); Miguez & Moreno (2015))



- *La transferencia básica* se refiere la difusión o publicación de información y resultados de investigaciones, recomendaciones y orientaciones en diferentes formatos, tesis de maestrías y doctorados, artículos científicos e informes técnicos sobre temas de interés, eventos públicos y otros, para apoyar o direccionar el desarrollo de la región, su aparato productivo el medio ambiente y la comunidad (Görransson & Brundenius, 2011; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014).
- *La transferencia vía capital humano* considera la formación de personas de pregrado, posgrado y extensión, quienes, al ser contratados en la estructura productiva, contribuyen en el desarrollo de las organizaciones públicas y privadas. Graduados con conocimientos y habilidades determinantes para desempeñar diferentes roles en las actividades productivas, ya sea como proveedores, mediadores, receptores y transformadores de conocimiento. (Galán-Muros & Plewa, 2016).

- *El emprendimiento* y la adopción de este tipo de actividades por parte de los estudiantes, profesores, graduados y las personas involucradas en su desarrollo, quienes aprenden y transfieren conocimiento implementando iniciativas de emprendimiento tecnológico y social, pero la característica de esta vía es que construye hacia la formalización o licenciamiento de los activos de conocimiento. Entre este tipo de activos o mecanismos de transferencia se pueden relacionar las spin-off, las patentes, los modelos de utilidad, los diseños industriales, licenciamientos de marcas, certificados derivados de las patentes y muchas más, donde las Oficinas de Transferencia de Conocimiento (OTC) o Tecnología (OTT) o de resultados de investigación (OTRI) tienen un rol determinante en la gestión de las relaciones de la universidad con las organizaciones externas y de los mecanismos de protección de propiedad intelectual de los activos de conocimiento generados por las universidades. Este canal aporta en robustecer la estructura productiva creando nuevas empresas, que potencialmente serán generadoras de desarrollo y de empleo calificado (Carayannis & Campbell, 2011; Henry Etzkowitz et al., 2001; Galán-Muros & Plewa, 2016; Göransson & Brundenius, 2011; Qureshi & Mian, 2021; Urbano & Guerrero, 2013)
- *La investigación cooperativa* por lo general son proyectos aplicados de investigación que se desarrollan entre la universidad y la industria, los cuales tienen diferentes tamaños en cantidad de recursos y objetivos. Algunos proyectos de investigación de gran tamaño usan recursos públicos, así como otros proyectos usan recursos privados en su contratación y desarrollo, fortaleciendo las *relaciones bilaterales* entre la universidad y las organizaciones externas construyendo capacidades de CT&I en las regiones (Bulut & Kayakutlu, 2011; Galán-Muros & Plewa, 2016; Göransson & Brundenius, 2011).
- *La movilidad y las redes de colaboración universidad-empresa-sociedad* incluye las acciones de cooperación tales como, desarrollo de currículos compartidos, prácticas empresariales, pasantías académicas y profesionales, la realización de trabajos de grado, tesis de maestría y tesis de doctorado aplicadas a la industria y a la comunidad, así como las demás acciones que promuevan la movilidad de conocimiento entre la universidad y el aparato productivo de las regiones (A. Alexander et al., 2020; Ankrah & AL-Tabbaa, 2015; Dalmarco et al., 2019; Guerrero et al., 2015)

Adicionalmente, otro aspecto positivo de la presencia de las universidades en la regiones, es que aportan en el desarrollo socio-cultural con la realización de agendas culturales de eventos, configurando en las ciudades, donde se localizan estas instituciones, ambientes de cultura y de creatividad (Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Jose Ismael Peña-Reyes & et. al, 2015; Pinheiro et al., 2012).

### 5.4.3 Factores Determinantes de la TC Universidad-Región

En el fenómeno de TC U-R existen factores que limitan o facilitan el proceso de transferencia de conocimiento U-R; desde el lado de las IES, desde el lado región, e intermedios; estos factores determinan la eficacia de la transferencia de conocimiento. Adicionalmente, se ha evidenciado que la TC no es la misma en todas las regiones, ello debido a la diversidad de políticas nacionales y territoriales, e intereses particulares de las IES y de las organizaciones del aparato productivo. También se tiene que las estructuras socioeconómicas, así como las estructuras productivas de las regiones son diferentes. Por consiguiente, la influencia de las IES en los territorios es desigual. (Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Melo et al., 2018; Pinheiro et al., 2012). A continuación, se describen los tres tipos de factores que afectan el proceso de TC U-R:

- *Los factores determinantes del lado de la universidad* son los que influyen en la cantidad y calidad y pertinencia del conocimiento transferido. Desde una visión amplia, el fenómeno de TC U-R inicia con la formulación de las políticas educativa, industrial y de CT&I del gobierno nacional, las cuales son ajustadas al contexto regional de acuerdo a sus prioridades y recursos. Posteriormente las políticas nacionales y regionales son usadas por las universidades, en el marco de su autonomía universitaria y sus intereses, para generar sus propias políticas de desarrollo interno, así como su oferta educativa, investigativa y de proyección social (Jaeger & Kopper, 2014). Políticas de diferentes niveles que deberían estar articuladas con las necesidades y apuestas de desarrollo de las regiones. Lo cual según el ejercicio de identificación estructurada del problema y de resolución de esta investigación, se evidencia que en Colombia existe una situación de falta de *alineación* entre la oferta brindada por las IES y las necesidades y oportunidades de las regiones. Alineación que puede ser entendida como un proceso que verifica la concordancia lógica entre los requerimientos territoriales y el conocimiento transmitido.
- *Los factores determinantes del lado de la región* son aquellos que potencian o limitan la capacidad de absorción del conocimiento recibido por la estructura productiva, las organizaciones y la comunidad de las regiones. Esta capacidad es afectada por factores como la concentración de empresas-industrias, la cantidad de universidades, la estructura y la especialización sectorial y del mercado, el grado educativo de las personas, así como la complejidad y sofisticación de la infraestructura productiva (Lau & Lo, 2015; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014). A modo de ejemplo, la alta o baja aglomeración de las empresas en una zona geográfica define el gasto en investigación, que a su vez, se asocia con el nivel de innovación.

*La capacidad de absorción* es la habilidad agregada de las organizaciones y las regiones para adquirir, asimilar, transformar, y explotar el conocimiento recibido de fuentes externas y por los diferentes canales en el proceso de TC. La adquisición refiere a la identificación y captura del conocimiento importante para la organización; seguido de la asimilación que es el proceso de análisis y de interpretación; continuando con la transformación o incorporación y combinación

del nuevo conocimiento con el existente; para luego llegar a la explotación o conversión del conocimiento en nuevos productos, procesos y activos de conocimiento, lo cual redundaría en desarrollo social económico y ambiental de los territorios que se encuentren influenciados por las IES (Lau & Lo, 2015; Melo & Peña, 2017; Míguez & Moreno, 2015; Yam et al., 2011).

De manera complementaria, para el canal de capital humano el supuesto importante es que los graduados contratados por las organizaciones en las regiones, contribuyen en el entendimiento y análisis de nuevo conocimiento, para generar transformación e innovación, de tal manera que una mejor absorción incrementa la tasa de vinculación de los profesionales que se gradúan de las universidades.

- *Los factores determinantes intermedios*, son las condiciones que promueven o limitan la interacción entre las IES y las organizaciones productivas y sociales de las regiones. En otras palabras, refiere los elementos intermedios que contribuyen en dinamizar los lazos de colaboración universidad-empresa-sociedad. Por ejemplo, la existencia de organizaciones intermedias, como las oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI) o transferencia tecnológica (OTT), las redes profesionales y de investigación que ayudan a conciliar los intereses académicos y empresariales, los parques y centros de desarrollo tecnológico y otros, así como las entidades comprometidas en incrementar y fortalecer las relaciones bilaterales entre las universidades y la región

## 6. La Etapa de Análisis de la TC U-R

Continuando con el desarrollo del proceso investigativo se ha llegado a la etapa de *análisis o retroducción* (Tabla 6.1), la cual da respuesta a la pregunta ¿por qué está pasando? En esta parte de la investigación se han propuesto las posibles causas que generan el fenómeno, en otras palabras, se ha planteado una serie de posibles estructuras o mecanismos hipotéticos de tipo causal, los cuales pueden dar respuesta al origen de los eventos deseados o no de la TC U-R en el dominio de lo real (Sayer, 2000). También en esta parte de la investigación, haciendo uso de la metodología de identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001) se observaron, identificaron y verificaron dos modelos sistémicos complejos.

El primer modelo ha permitido explicar el fenómeno de TC (vía capital humano) como un proceso regulado, tanto por la tasa de absorción, como también por el grado de alineación de los canales de dicha transferencia con las necesidades y oportunidades de los SRI. Este modelo replanteó el fenómeno de TC como la secuencia de dos dinámicas o etapas en cascada (modelos matemático-estadísticos). En la primera etapa se ha propuesto a la TC U-R vía capital humano como un proceso epidémico de movilidad de conocimiento desde las IES hacia las organizaciones, las cuales brindan empleo a los graduados STEM de alto nivel, en mayor o menor proporción, de acuerdo a las capacidades de absorción de los territorios. La segunda etapa explica cómo esa cantidad o proporción de conocimiento acumulado, representado por los graduados presentes en una determinada región, genera una relación positiva cuadrática con cierta cantidad de productos o activos de conocimiento, los cuales a su vez se asocian con el desarrollo social y científico-tecnológico de cada uno de los departamentos estudiados. De manera adicional, se propuso un modelo complementario que expone a la alineación oferta-demanda como un proceso determinante de TC U-R, alineación que está localizada del lado de las IES y tiene una correlación positiva con el desempeño en innovación y competitividad de los departamentos.

Para comprobar que las estructuras matemático-estadísticas potencialmente explican el fenómeno de la TC U-R, los resultados de los modelos propuestos fueron contrastados respecto a la realidad (Wilensky & Rand, 2015) por medio de la verificación del ajuste de los datos entre las series reales y las proyectadas por los modelos.

Finalmente, para brindar las explicaciones de los mecanismos e interacciones presentes en el fenómeno, en torno a los postulados teóricos y supuestos utilizados, así como su relación con los objetivos propuestos, la etapa de análisis hace uso de razonamientos de tipo deductivo como el “algo que debe ser”, lo que implica el uso de un concepto causal comprobado. También usa razonamientos inductivos, desde el punto de vista operacional particular repetitivo, lo que “indica causalidad” y también considera razonamientos desde la abducción, lo que indica “la potencialidad de ser”, o la extrapolación de conceptos a espacios y mecanismos que no pudieron ser comprobados desde la experimentación (Peña-Reyes, 2010)

**Tabla 6.1:** Matriz de la multi-metodológica etapa de análisis. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010)

Nivel	Identificación	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
Social	Identificación no estructurada, etapa 1 (Checkland, 1999).  Entrevistas y conversaciones con expertos MEN, DNP, Minciencias y Territorios -OCAD-		Comparación del modelo conceptual con la realidad, Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Verificación con expertos	Lineamientos para construcción de política pública educativa.
Personal		Resolución desde la etapa de Diseño (Wilensky & Rand, 2015)  Alineación desde el análisis de texto (Santander, 2011) de los Planes de Desarrollo y Acuerdos de CTeI y de la Política Nacional de CTeI  Re-descripción, construcción del primer modelo de TC U-R	Planteamiento de estructuras hipotéticas (Sayer, 2000)		
Material	Identificación estructurada, etapa 2 (Checkland, 1999).  Revisión de informes de gestión del MEN, MinCIT, OECD  Análisis exploratorio de bases de datos.	Revisión sistemática Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007),	Construcción de Modelos Epidémico E1, E2 de TC, y Alineación TC  Identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001)  Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Definir los cambios factibles y deseables	

## 6.1 Las Estructuras y Mecanismos Causales Hipotéticos en la TC U-R

Considerando la revisión de la literatura en torno a la TC U-R, así como la propuesta del primer modelo que ha re-descrito el fenómeno de estudio de acuerdo a los aportes teóricos de Jaeger & Kopper (2014), Lau & Lo (2015), Miguez & Moreno (2015); adicionalmente tomando en cuenta las preguntas iniciales en la identificación del problema desde la formulación del proyecto de investigación, se plantearon las siguientes estructuras o mecanismos hipotéticos (tomadas del documento de propuesta de investigación) y complementadas con elementos adquiridos en el desarrollo:

- M1: La cantidad de graduados en sus diferentes niveles ayuda a desarrollar la capacidad de innovación de una región
- M2: Las iniciativas de emprendimiento mejoran el desempeño de los SRI
- M3: Los proyectos de investigación cooperativa mejoran la capacidad de absorción de una región
- M4: La alineación de los canales de transferencia de conocimiento con las necesidades de las regiones tienen efectos de mejora sobre su capacidad de absorción
- M5: La alineación y la absorción son factores determinantes de la TC-UR

Para verificar la coherencia de estos posibles mecanismos causales, que han dado origen a los eventos deseados o no en el fenómeno de TC U-R (vía capital humano) de las regiones colombianas, se construyeron dos modelos matemático-estadísticos, estos modelos utilizaron la metodología de identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001) para explicar la dinámica del fenómeno. Uno de ellos resalta la capacidad de absorción de las regiones; y el otro comprueba la importancia de la alineación entre la oferta educativa de las IES y las necesidades y oportunidades de las regiones.

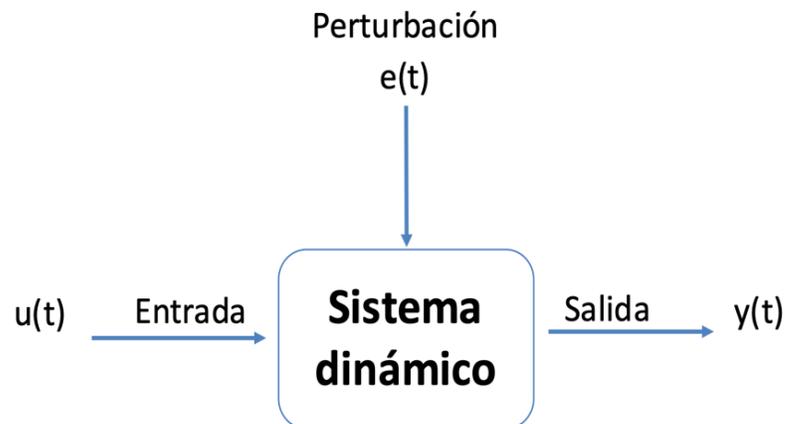
La concepción de estos modelos fue basada en el contraste de datos históricos de entrada y de salida, donde fue posible recuperar los diferentes parámetros. En el primer modelo se recuperó de los datos la *capacidad de absorción* o aprendizaje para las regiones. El segundo modelo fue la construcción de un *índice de alineación* regional sobre el cual se recuperaron los pesos ponderados de las variables evaluadas. En adición, el grado de ajuste de los datos temporales de entrada y de salida fue un criterio que comprobó la explicación del fenómeno de TC vía capital humano por parte de los modelos, de tal manera que sobre los resultados obtenidos, el investigador se ha permitido aplicar argumentos deductivos, inductivos y abductivos, los cuales contribuyeron a verificar los resultados, conceptos y los mecanismos causales presentes, así como la verificación de los objetivos diseñados. Fue también parte del ejercicio, extrapolar los conceptos a aquellas causalidades que no se observaron de manera directa en el desarrollo de los modelos (Peña-Reyes, 2010).

## 6.2 La Identificación del Sistema de TC U-R

La identificación de sistemas (IS) es el campo del modelamiento matemático y estadístico de la dinámica de sistemas, donde el insumo primordial son los datos temporales (señales) que se obtienen de los diferentes experimentos de áreas técnicas y tecnológicas, datos de fenómenos físicos, biológicos, sociales, donde es posible obtener las señales de entrada y de salida. Desde el área técnica se puede observar que, en ingeniería, especialmente en el área de control, los métodos de identificación de sistemas son utilizados para encontrar los modelos apropiados que caractericen y expliquen la dinámica de un regulador, un amplificador, un filtro de señales y otros. Adicionalmente, en telecomunicaciones, en geofísica, en ingeniería mecánica, los modelos obtenidos ayudan a detectar fallas, así como, obtener reconocimiento de patrones, construir filtros adaptativos, realizar predicciones lineales y muchas otras cosas más. Las técnicas de identificación de sistemas (IS) en la actualidad son también usadas en áreas de conocimiento no tecnológicas, entre ellas, la biología donde por ejemplo, se ha aplicado la IS para dosificar las cantidades de anestesia a pacientes en el quirófano; en las ciencias ambientales para determinar las dinámicas de la contaminación; en econometría para desarrollar modelos que expliquen científicamente fenómenos de oferta y demanda, así como modelos que contribuyen en la predicción y control de fenómenos sociotécnicos (A Melo et al., 2018; Söderström & Stoica, 2001).

En ese sentido, el campo de la IS y sus diferentes técnicas pueden ser una visión adicional para el entendimiento de diferentes fenómenos donde existan series temporales o espacio temporales, desde una aproximación experimental, aproximaciones que pretenden encontrar un modelo matemático-estadístico que se ajuste a los datos de entrada  $u(t)$  y de salida  $y(t)$  y a un componente aleatorio o disturbio  $e(t)$  (ver Figura 6.1), de tal manera que evaluando los datos disponibles y su ajuste, se encuentren ciertos parámetros que identifican la dinámica del sistema (dentro de la caja) o fenómeno en estudio. La IS puede darse desde las diferentes visiones-variaciones de la técnica propuesta, entre ellas la caja negra donde se conocen solo las entradas y salidas, caja blanca, donde es posible suponer una estructura, y caja gris con estructura dinámica parcialmente descubierta. (A Melo et al., 2018; Söderström & Stoica, 2001).

**Figura 6-1:** Esquema general entrada-salida de un sistema afectado por un disturbio externo o ruido.



Se ha planteado que la IS es extrapolable al estudio de sistemas y fenómenos sociales, de tal manera que este trabajo propone usar esta metodología y sus técnicas para determinar la dinámica que se presenta en el fenómeno de TC desde las universidades a los 33 Sistemas Regionales de Innovación (SRI) colombianos. La perspectiva desde la IS que ha tomado el desarrollo de esta investigación es observar la TC U-R vía capital humano como una caja blanca, que propone explicar la movilidad de graduados STEM desde las IES a las organizaciones de las regiones como un proceso de difusión sobre una red compleja que tiene su estructura definida, donde los nodos son representados por la agregación de las IES y la agregación las organizaciones del aparato productivo de las regiones.

Los pasos que propone Söderström & Stoica (2001) (Anexo 3) para el proceso de identificación de sistemas son:

1. Conocimiento previo: utilizar el conocimiento del fenómeno contribuye a determinar una forma adecuada del modelo. Ello puede sugerir una ecuación lineal en diferencias de un cierto orden, una regresión múltiple, un modelo lineal generalizado, una estructura de red, etc. Para el caso de la TC U-R, se ha propuesto explicar el fenómeno en dos etapas, como un proceso de difusión sobre redes complejas, proceso que alimenta una etapa subsiguiente de producción de activos de conocimiento, la cual es entendida como un polinomio discreto con dos variables explicativas.
2. Diseño experimental: se necesita diseñar el modelo de manera adecuada para poder obtener buenos datos, como la TC es un fenómeno que ya ha ocurrido, se deben utilizar los datos existentes y buscar la forma de tratarlos por lotes, ya que son datos de experimentos que no se pueden repetir. A este nivel el proceso aplicado fue tomar 7 regiones representativas, las cuales tenían su estructura de red e información completa, ya que los datos son escasos al considerar que estos son registros anuales entre el 2003 y el 2015. Es necesario decir que, los datos fueron ponderados por la población de cada región y re-escalados entre 0-1 con el fin de obtener las mismas unidades y dimensiones que sean comparables.
3. Elegir la estructura del modelo: este paso se fundamenta en el conocimiento previo del fenómeno, el cual puede utilizar algún método basado en modelos estadístico-matemáticos ya conocidos con el fin de estimar los parámetros desconocidos del modelo (como los coeficientes de la ecuación en diferencias, la regresión, etc.). Para el caso de la TC vía capital humano, el fenómeno fue explicado por un modelo en dos etapas: la primera etapa de la movilidad de los graduados que transfieren el conocimiento a las organizaciones, esta fue explicada como un proceso epidémico o de difusión sobre una estructura de red compleja (modelo susceptible-infectado-susceptible SIS), la cual es conformada de nodos heterogéneos que representan las diferentes capacidades de las regiones. La segunda etapa del modelo de TC tomó los resultados de concentración de graduados STEM de la primera etapa y la complejidad de la estructura productiva de las regiones y relacionó estas dos variables con los productos de conocimiento generados por los territorios (patentes, modelos de utilidad, diseños industriales) por medio de un polinomio cuadrático discreto.
4. Elegir un criterio de ajuste: generalmente la recuperación de los parámetros de ajuste de los modelos se realiza por medio de rutinas de optimización. Para el proceso usado en este trabajo, el criterio

básico fue minimizar el error entre los resultados del modelo y los datos reales aplicando los conceptos de las normas de vectores y especialmente la norma de Frobenius.

5. Cálculo del modelo: como se ha dicho, la optimización es el proceso usado para seleccionar los parámetros que caracterizan los diferentes modelos respecto a su ajuste. Igualmente, en el desarrollo de este trabajo, las estimaciones de la estructura del modelo epidémico SIS se realizó por medio de cálculos con matrices iteradas y rutinas de optimización. Lo adicional fue que estas rutinas debieron realizarse por región o nodo dadas sus características de heterogeneidad de los territorios, los cuales están interactuando continuamente en una red.
6. Verificación-Validación: Este paso comprueba si el modelo obtenido es una representación adecuada del sistema. Si no lo es, hay que considerar alguna estructura de modelo más compleja, estimar sus parámetros y validar el nuevo modelo y así iterativamente. La verificación es un contraste entre la realidad y el fenómeno modelado, ello implica verificar si los resultados intermedios y finales del modelo están representando coherentemente el fenómeno estudiado. De otro lado, la validación es un proceso estadístico que asegura el cumplimiento de supuestos sobre los residuales o errores. En este trabajo, la explicación de la TC bajo un modelo obtenido por medio de la IS llega hasta la verificación coherente entre la realidad y el modelo. La validación puede considerarse una línea de investigación teniendo en cuenta los pocos datos disponibles y que las distribuciones de los datos utilizados no son normales, por lo tanto sus residuos tampoco.

### **6.3 La TC U-R Como un Proceso de Difusión Sobre Redes Complejas –Primer Modelo-**

Entender que la TC funciona como un proceso de difusión de conocimientos y prácticas en un espacio geográfico, sectorial e incluso virtual, es fundamental para comprender las fortalezas de la innovación y cómo esta influye en el progreso socioeconómico y científico-tecnológico de las regiones de los países. Colombia en los últimos años el gobierno viene trabajando para mejorar la CTeI en sus 33 regiones geopolíticas. El propósito de esta política ha sido generar un desarrollo económico, social y ambiental sostenible basado en la producción y la aplicación del conocimiento (Colombia-DNP, 2015b, 2015a; PND-(2018-2022), 2019). Para crear y sostener estas capacidades de CTeI a nivel regional, es necesario analizar y comprender cómo sucede el flujo de conocimiento desde las universidades a la estructura productiva de los territorios en el contexto de los SRI (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Göransson & Brundenius, 2011; Jaeger & Kopper, 2014).

Por un lado, en este trabajo de investigación, la TC se ha definido como el proceso formado por todo el conjunto de actividades que producen intercambio de conocimiento, tecnología, experiencias, capacidades y habilidades de colaboración entre los actores que forman parte de los SRI (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014). Asimismo, el concepto de TC también se refiere a la movilidad de activos de conocimiento desde las universidades hacia los espacios que están más allá de sus límites, donde se aplicarán para generar beneficios a la economía y a la sociedad en su conjunto (Galán-Muros & Plewa, 2016; Holi et al., 2008; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014). Por otro lado, la difusión del conocimiento es el mecanismo por el cual sucede la TC y ocurre

debido a la interacción de las personas. Esta difusión es un fenómeno social donde los poseedores del conocimiento transfieren información, tecnología, experiencias, etc.; y debido al contacto continuo entre las personas que absorben estos conocimientos se podrían generar nuevos desarrollos e innovaciones (Klarl, 2014; P. Morone & Taylor, 2006, 2009)

Se ha propuesto en la etapa de resolución que la TC U-R se realiza a través de cinco canales: 1) transferencia básica, es decir, difusión de resultados de investigación y publicaciones científicas; 2) capital humano asociado con graduados universitarios; 3) iniciativas de emprendimiento regionales para crear nuevas empresas y mejorar la estructura productiva; 4) proyectos de investigación cooperativa universidad-empresa; y 5) movilidad y relaciones de colaboración entre universidades y organizaciones. Adicionalmente, se ha propuesto que eficiencia del flujo de conocimiento U-R tiene una fuerte relación con el desempeño de los SRI donde sucede el fenómeno (Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Lau & Lo, 2015; Melo & Peña, 2017; Miguez & Moreno, 2015).

Este trabajo se centró específicamente en el canal de transferencia vía capital humano, explicando cómo los graduados fluyen de las universidades a las organizaciones productivas y sociales de las regiones. Además, el segundo enfoque es explicar cómo las regiones dependen también de la *complejidad de la estructura productiva*<sup>56</sup> para absorber a estos graduados, los cuales se asocian con la capacidad de crear nuevos productos de conocimiento como patentes, modelos de utilidad y diseños industriales.

En síntesis, la TC por medio de capital humano desde las universidades a las organizaciones regionales puede entenderse, en una primera etapa, como un proceso de difusión o de contagio de conocimiento, proceso que sucede sobre una estructura de redes complejas. Esta difusión es impulsada por la interacción continua entre los poseedores (KO) y los adoptantes de ese conocimiento (KA) (Klarl, 2014; P. Morone & Taylor, 2006, 2009). Adicionalmente, dicha difusión se ejecuta sobre la red compleja que representa las relaciones existentes entre los nodos de las universidades y los nodos de las organizaciones que forman parte de los SRI. En este proceso, las personas en las organizaciones adoptan libremente los conocimientos de los nuevos graduados contratados por las organizaciones en las regiones. La segunda parte del modelo comprueba el supuesto que si una región tiene una mayor concentración de graduados (conocimiento acumulado), dicha región tendría una mejor absorción de conocimiento; y, en consecuencia, mayor número de productos, servicios y empresas basadas en el conocimiento, lo que conduciría a un mejor desarrollo socioeconómico y científico-tecnológico

---

<sup>56</sup> La complejidad de la estructura productiva está relacionada con las capacidades productivas de una determinada región, las cuales se ven reflejadas en la cantidad de empresas, tamaño y sectores de desarrollo. También hace referencia a la diversidad, grado de sofisticación y ubicuidad de lo que la estructura productiva ofrece en sus productos, así como las disponibilidad de instalaciones de desarrollo y logística de la región (rango entre 0 y 1, donde 1 es la mejor puntuación) (Colombia-CPC, 2017; Foro Económico Mundial, 2013)

### 6.3.1 Trabajos Relacionados en Torno a la TC como un Proceso de Difusión

Los flujos de conocimiento poseen un papel esencial en el desarrollo regional. El interés de explicar y simular este fenómeno inició en los trabajos realizados en la conferencia de la Sociedad de Estudios Sociales de la Ciencia (4S) y la Asociación Europea para el Estudio de la Ciencia y la Tecnología (de sus iniciales en inglés EASST) en el año 1996. En el desarrollo de estas dos conferencias apareció el modelo denominado Modelo de Simulación de las Dinámicas de Conocimiento en Redes de Innovación (de sus siglas en inglés SKIN) (Ahrweiler & Wörmann, 1998). Este modelo es basado en agentes, usa la teoría de la difusión de innovación como explicación de los flujos de conocimiento y ha sido aplicado a datos empíricos en diferentes estudios de caso, en especial para describir las futuras políticas europeas de innovación de su momento y otras aplicaciones macro y microeconómicas tanto en Estados Unidos y Australia (Gilbert et al., 2014).

Cowan & Jonard (1999; 2004) estudiaron la difusión del conocimiento asumiendo diferentes estructuras de red. Modelaron la difusión como un proceso de Barter, donde los diferentes nodos o actores intercambian conocimientos formales e informales. En primer lugar, determinaron que el desempeño de la difusión es afectado por la estructura de la red. En segundo lugar, demostraron que el fenómeno de difusión tiene un mejor desempeño en una estructura de red de mundo pequeño, la cual desarrolla un estado estable de máximo conocimiento.

En el trabajo continuado por P. Morone & Taylor (2004; 2006) se describió que el principal mecanismo por medio del cual las personas adquieren conocimientos es el *aprendizaje social* o el contacto directo presencial (cara a cara). Adicionalmente, detectaron que la velocidad de aprendizaje de las personas depende de las condiciones iniciales de conocimiento. Las personas con alto nivel de conocimiento aprenden más rápido que las otras. Esta situación ha llevado a pensar en el uso de modelos con nodos heterogéneos, que puedan caracterizar aquellos individuos con diferentes habilidades de aprendizaje. La continuación de este trabajo fue desarrollada por A. Morone et al. (2007) donde identificaron que el mecanismo más importante de la dinámica del conocimiento en una red pequeña es el *aprendizaje interactivo*, donde los agentes eligen lo que quieren aprender en función de sus habilidades y oportunidades en la red.

Klarl (2009; 2014) presentó un modelo de difusión, donde el conocimiento acumulado en una sociedad es gobernado por tres mecanismos de transferencia o contagio, la TC exógena (el conocimiento proviene de una fuente externa), la TC inter-grupos y la TC intra-grupo. También propuso que el fenómeno tiene dos tipos de grupos, los innovadores y los imitadores. Los innovadores son adoptantes rápidos de los nuevos conocimientos, ya que responden temprano a la información inicial. Por el contrario, los imitadores necesitan más tiempo y experiencia para adoptar este nuevo conocimiento y aprenden de los adoptadores tempranos. Ello implica que los grupos y los individuos tienen diferentes aptitudes de absorción de conocimientos.

H. Wang et al. (2017) propusieron un modelo epidémico para explicar la difusión del conocimiento a través de redes complejas. El modelo tiene en cuenta los mecanismos de contagio por contacto, olvido y autoaprendizaje considerando que todos los nodos son homogéneos. Además, calculan en el modelo un umbral mínimo para poder iniciar la transmisión de conocimiento. En contraste, el trabajo de Zhang et al. (2017) argumentan que la TC no tiene dinámica epidémica ya que este fenómeno requiere un contacto humano continuo. Además, proponen que los mecanismos que explican en una mejor manera la difusión de conocimiento son el aprendizaje y el olvido. También muestran que existen mayores tasas de conocimiento transferido cuando se desarrollan relaciones entre individuos con mayores brechas de conocimiento entre ellos.

Las dinámicas de difusión de conocimiento han sido modeladas y simuladas en varios trabajos académicos. Las contribuciones anteriores han intentado modelar mecanismos de transferencia en diferentes estructuras de red asumiendo individuos homogéneos. Esta investigación argumenta que la transferencia de conocimiento tiene una dinámica epidémica (H. Wang et al., 2017), que es impulsada por el continuo contacto humano (Zhang et al., 2017). Una característica importante es que se ha analizado el fenómeno social de TC desde una perspectiva de subpoblaciones entre grupos heterogéneos, donde dichas subpoblaciones tienen diferentes capacidades para asimilar o absorber este nuevo conocimiento. Además, se ha corroborado que el modelo epidémico SIS como isomorfismo matemático-estadístico explica la tendencia de los datos reales, donde existe una estructura conocida (grafo). El trabajo también ha evidenciado que el conocimiento transferido y acumulado es el factor fundamental que promueve el desarrollo socioeconómico regional.

En el contexto de los procesos epidémicos, este trabajo ha revisado el trabajo de Nowzari et al., (2016) que describe los diferentes modelos de procesos de propagación en redes complejas. También se ha tomado la contribución de Pare et al. (2018) que amplía el análisis e identificación del modelo de proceso epidémico del SIS en tiempo discreto, y ha propuesto que los parámetros de infección y recuperación de la infección (curación) del fenómeno epidémico se pueden extraer de la dinámica del sistema, si existen al menos dos datos históricos. Este trabajo de investigación utilizó estos dos parámetros para representar la capacidad de absorción de conocimiento de cada nodo, que es análoga a la tasa de infección, y la ineficacia de la difusión de conocimiento (conocimiento perdido) que es análoga a la tasa de recuperación-curación.

### 6.3.2 Desarrollo del Modelo Epidémico de TC U-R sobre una Red Compleja

Este trabajo presenta un modelo de difusión de conocimiento basado en el proceso epidémico susceptible-infectado-susceptible (SIS) con parámetros de infección (contagio) y recuperación (curación) heterogéneos, los cuales modelan la diferencia de desarrollo de los territorios. Por un lado, el parámetro de infección o contagio de cada región explica la capacidad de absorción de conocimiento, el cual es considerado un mecanismo que dinamiza el fenómeno de TC. Por otro lado, el parámetro de recuperación representa la ineficacia (pérdida de conocimiento) del proceso de difusión del período anterior. De manera específica, el modelo explica la TC vía capital humano, de cómo los graduados de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) se mueven de los nodos universidades a los nodos compuestos por las organizaciones de las regiones. El modelo supone que el conocimiento se transmite por contacto continuo entre individuos o subpoblaciones, las cuales están estrechamente conectadas. Particularmente, para desarrollar este trabajo los nuevos egresados que vienen de las universidades transmiten sus conocimientos a las organizaciones de cada región. El desarrollo del modelo consta de dos partes, A) el proceso SIS que explica los flujos de graduados de las universidades a las regiones, y B) la relación entre los graduados y los productos del conocimiento, que también son función de la complejidad de la estructura productiva de cada región dada por la cantidad de empresas, tamaño y sectores de desarrollo e infraestructura disponible.

#### 6.3.2.1 El Modelo Susceptible-Infectado-Susceptible SIS

La primera parte del modelo está basada en los trabajos previos que han argumentado que la TC puede entenderse como un proceso de difusión (Klarl, 2014; P. Morone & Taylor, 2006, 2009; K. Wang & Sun, 2016; Zhang et al., 2017), los cuales son el fundamento para proponer que el fenómeno de estudio puede interpretarse como un proceso epidémico. En dicho proceso de propagación se puede observar dos tipos de agentes (individuos o subpoblaciones): aquellos que son capaces de absorber nuevas ideas y conocimientos, los cuales se definen como "susceptibles"; y aquellos agentes que poseen el conocimiento quienes pueden denominarse como "infectados", ellos potencialmente pueden transferir a otros agentes ese conocimiento. También se asume que puede existir la posibilidad de "olvidar o no usar" este conocimiento transferido, de modo que, algunos agentes pueden pasar de un estado de tener conocimiento (infectado) a un estado que, después de olvidar el conocimiento no deseado, puede estar abiertos a asimilar nuevos conocimientos o ideas (susceptible). Bajo esa consideración, se tiene un modelo básico susceptible-infectado-susceptible (SIS).

El modelo básico de SIS encontrado en la literatura (Newman, 2010; Nowzari et al., 2016) se presenta a continuación:

## 1. El Modelo Determinístico

En una población con  $N$  agentes o nodos, sea  $N^I(t) \in \{0, 1, \dots, N\}$  el número de agentes infectados con conocimiento (conocedores) en el momento  $t$ , entonces, el número de agentes susceptibles o abiertos a aceptar conocimiento viene dado por  $N^S(t) = N - N^I(t)$ . Adicionalmente, por ley de acción masiva la tasa efectiva de infección o transferencia de conocimiento está determinada por la expresión  $\beta^{eff} = \beta N^I N^S(t)$ , para  $\beta > 0$ . Ahora se define que  $p^I = N^I/N$  y  $p^S = (N - N^I)/N$  son las proporciones o probabilidades de los agentes infectados con conocimiento (conocedores –KO–) y de los agentes susceptibles o abiertos a adoptar-absorber nuevos conocimientos (adoptantes –KA–) respectivamente. Los adoptantes poseen una *capacidad de absorción de conocimiento*  $\beta$  y una *tasa de conocimiento perdido o no utilizado*  $\delta$ . De tal manera que el modelo SIS se puede escribir como sigue:

$$\begin{aligned} \dot{p}^S &= -\beta p^I p^S + \delta p^I, \\ \dot{p}^I &= \beta p^I p^S - \delta p^I. \end{aligned} \tag{Ec. (1)}$$

Suponiendo que  $N$  es un número muy grande y fijo, entonces  $p^S = 1 - p^I$ , de tal manera que la Ecuación (1) puede simplificarse como:

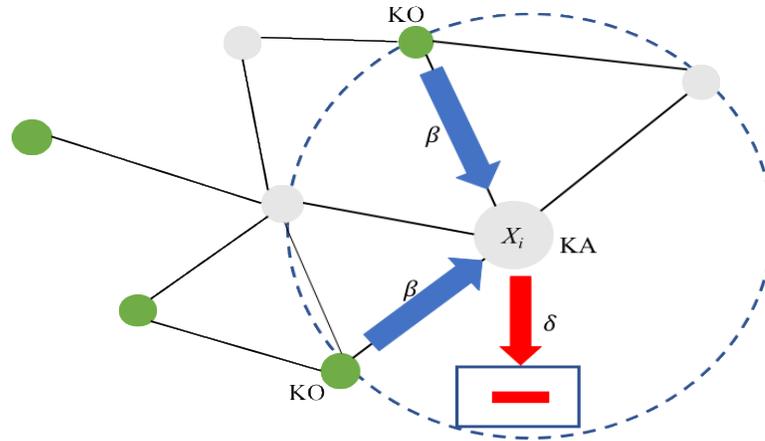
$$\dot{p}^I = \beta p^I (1 - p^I) - \delta p^I. \tag{Ec. (2)}$$

## 2. El Modelo de Red Estocástico

El proceso de propagación puede entenderse como un proceso de Márkov en tiempo continuo sobre redes (Pare et al., 2018). Sea  $G = (V, E)$  un grafo no dirigido con  $N$  nodos definidos por el conjunto de vértices  $V$ , y el conjunto de enlaces o aristas  $E \subset V \times V$ . Además, se tiene que la matriz de adyacencia se define por  $A \in \mathbb{R}^{N \times N} \geq 0$ , y la estructura del grafo se define como  $a_{ij} = 1$  si el nodo  $i$  está afectado por el nodo  $j$ , y  $a_{ij} = 0$  en caso contrario.

Dado el estado  $X_i(t)$  del nodo  $i$  en el tiempo  $t$ , si  $X_i(t) = 1$ , significa que el nodo  $i$  está infectado con conocimiento, de lo contrario, si  $X_i(t) = 0$  significa que el nodo  $i$  no ha sido infectado en el tiempo  $t$ . Los nodos conocedores (KO) pueden transferir ese conocimiento a los nodos adoptantes (KA), donde cada adoptante tiene una capacidad de absorción de  $\beta_i > 0$ . El fenómeno ocurre de acuerdo con la estructura del grafo  $G$ . Al mismo tiempo, los nodos KA presentan una ineficacia del proceso de difusión porque ellos no han utilizado todo el conocimiento que han recibido anteriormente. Esta ineficacia es capturada por el parámetro  $\delta_i$ . La Figura 6.2 muestra el comportamiento de contagio o propagación de conocimiento.

**Figura 6-2:** Dinámica del modelo susceptible-infectado-susceptible (SIS) de dos estados. Adaptado de (Nowzari et al., 2016, p. 32).



El modelo de propagación epidémico SIS puede ser representado por medio de un proceso de Márkov, como sigue:

$$X_i: 0 \rightarrow 1 \text{ with rate } \beta \sum_{j \in n_i} X_j, \quad \text{Ec. (3)}$$

$$X_i: 1 \rightarrow 0 \text{ with rate } \delta,$$

Donde  $X_i$  es el estado del nodo  $i$ , 1 si el nodo es un conocedor o 0 si el nodo es un posible adoptante de conocimiento, y  $n_i$  es el conjunto de vecinos del nodo  $i$ . En este proceso hay un estado atractor o estado de equilibrio libre de conocimiento, el cual puede ser alcanzado desde cualquier estado  $X(t) = [X_1(t), \dots, X_N(t)]^T$ . Esta condición indica que independientemente de la condición inicial  $X(0)$ , el proceso de difusión de conocimiento desaparecerá en un tiempo finito con probabilidad uno.

En los modelos SIS existen dos niveles de interpretación del fenómeno de difusión de la infección: el nivel individual, donde el estado  $x_i$  representa la probabilidad de infección (adopción de conocimiento) de cada persona  $i$ ; y el nivel sub-poblacional donde  $x_i$  significa la proporción de infección (personas con nuevos conocimientos) del grupo  $i$ . Este trabajo asume que cada nodo es una subpoblación de graduados para el caso del conocimiento proveniente de las universidades y una subpoblación de individuos que trabajan en el nodo de las organizaciones, quienes poseen algún nivel de conocimiento.

A partir de la Ecuación (3), realizando una aproximación de campo medio, se puede conseguir una estructura de red. Para el caso específico, se tiene una primera aproximación al modelo en tiempo continuo, el cual se describe como:

$$\dot{x}_i = (1 - x_i) \beta_i \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \delta_i x_i, \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde,  $i$  significa el  $i$ -ésimo individuo o grupo,  $x_i$  es el nivel de infección (nivel de concentración de conocimiento),  $\beta_i > 0$  denota la capacidad de absorción de conocimiento,  $\delta_i > 0$  es la tasa no utilizada del conocimiento transferido previamente, y  $a_{ij} > 0$  representa los enlaces o las aristas de la red (con sus pesos ponderados) entre individuos o grupos. Adicionalmente, aplicando el método de Euler a la Ecuación (4), se puede transformar el modelo a la forma de tiempo discreto, donde,  $k$  es el índice del tiempo y  $h$  es el parámetro de muestreo (Nowzari et al., 2016; Pare et al., 2018)

$$x_i^{k+1} = x_i^k + h \left( (1 - x_i^k) \beta_i \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^k - \delta_i x_i^k \right), \quad \text{Ec. (5)}$$

La Ecuación (5) se puede escribir en la forma matricial como sigue:

$$x^{k+1} = x^k + h \left( (I - X^k) BA - D \right) x^k, \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde  $X_k = \text{diag}(x_i^k)$ ,  $B = \text{diag}(\beta_i)$ , y  $D = \text{diag}(\delta_i)$ , y  $A$  es la matriz de adyacencia  $a_{ij}$ , que no necesita ser simétrica o binaria.

### 3. Estabilidad del Modelo de Red

Para probar que el comportamiento del fenómeno en la red tiende a la estabilidad en el tiempo, se necesita considerar los siguientes supuestos para que el modelo de la Ecuación (6) quede bien definido.

Supuestos:

1. Para todo  $i \in [n]$ ,  $x_i^0, x_i^k$ , también  $\in [0,1]$  y  $k \geq 0$
2. Para todo  $i \in [n]$ ,  $\delta_i \geq 0$  y para todo  $j \in [n]$ ,  $\beta_i \geq 0$ ,  $a_{ij} \geq 0$
3. Para todo  $i \in [n]$ ,  $h\delta_i \leq 1$  y  $h \sum_{j \neq i} \beta_{ij} \leq 1$
4. Se tiene que  $h \neq 0$  y  $\exists i \neq j$  donde  $\beta_i a_{ij} > 0$
5. La matriz  $BA$  es irreductible.

Adicionalmente se han usado los siguientes dos teoremas acerca de las condiciones de umbral para el sistema en red, las cuales son demostradas en Pare et al. (2018):

**Teorema 1:** Dadas los supuestos 1-5, si  $s_1(I - hD + hBA) \leq 1$ , donde  $s_1(\cdot)$  es la parte real del valor propio máximo en la estructura de red, entonces el estado libre de conocimiento es asintóticamente estable con dominio de atracción  $[0,1]^n$ .

**Proposición 1:** Dados los supuestos 1-5 en la Ecuación (6), si  $s_1(I - hD + hBA) > 1$ , entonces el sistema tiene dos estados de equilibrio, 0 y  $x^*$ , donde  $x^* \gg 0$ .

Teniendo en cuenta el Teorema 1 y la Proposición 1 se obtienen el siguiente teorema:

**Teorema 2:** Dados los supuestos 1-5, el estado de libre de conocimiento de la Ecuación (6) es el único estado de equilibrio si sólo si  $s_1(I - hD + hBA) \leq 1$ .

#### 4. La Recuperación de los Parámetros de Propagación en los Datos Históricos

El desarrollo matemático de Pare et al. (2018) en los dos teoremas planteados a continuación, ha propuesto que es posible recuperar los parámetros de difusión de conocimiento en dos escenarios: El primero que supone que todos los nodos participantes en la red de TC tienen las mismas características, en otras palabras, son nodos homogéneos; y el segundo que propone que los nodos son heterogéneos en torno a sus capacidades. Para recuperar los parámetros de difusión de conocimiento es necesario aceptar los cinco supuestos dados para la Ecuación (6), donde también se supone que se conoce la estructura de grafo de la red (matriz de adyacencia). Adicionalmente, existen datos sin ruido y están disponibles todas las mediciones de los estados durante  $T$  períodos consecutivos.

**Teorema 3:** Dado el modelo de la Ecuación (5) y bajo los supuestos 1-5, donde los parámetros  $\beta_i$  y  $\delta_i$  son los mismos para todos los  $n$  nodos, con  $n > 1$ , y asumiendo que  $A, x^0, \dots, x^T$  y  $h$  son conocidos. Entonces los parámetros de difusión pueden ser aprendidos-obtenidos del comportamiento evolutivo de los datos si y sólo si  $T > 0$ , y existe  $l \in [0, T]$  tal que  $x^l \neq x^0$ .

Entonces, dados  $A, x^0, \dots, x^T$  y  $h$  conocidos, usando la Ecuación (6) es posible crear la matriz

$$\Phi = \begin{bmatrix} h(I - X^0)Ax^0 & -hx^0 \\ \vdots & \vdots \\ h(I - X^{T-1})Ax^{T-1} & -hx^{T-1} \end{bmatrix}, \quad \text{Ec. (8)}$$

además, la Ecuación (5) se puede expresar como un sistema matricial, como sigue:

$$\begin{bmatrix} x^1 - x^0 \\ \vdots \\ x^T - x^{T-1} \end{bmatrix} = \Phi \begin{bmatrix} \beta \\ \delta \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (9)}$$

Por lo tanto, existe  $l \in [0, T]$  tal que  $x^l \neq x^0, T \geq 1, n > 1$  y una solución única para los parámetros de difusión calculados con la matriz pseudo-inversa.

$$\Phi^\dagger \begin{bmatrix} x^1 - x^0 \\ \vdots \\ x^T - x^{T-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta \\ \delta \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (10)}$$

**Teorema 4:** Dado el modelo de la Ecuación (5) y bajo los supuestos 1-5, donde los parámetros  $\beta_i$  y  $\delta_i$  se suponen diferentes para todos los  $n$  nodos, con  $n > 1$ , y asumiendo que  $A, x^0, \dots, x^T$  y  $h$  son conocidos. Entonces los parámetros de difusión de cada nodo  $i$  pueden ser aprendidos-obtenidos del comportamiento evolutivo de los datos si y sólo si  $T > 0$ , y existe  $l \in [0, T]$  tal que  $x^l \neq x^0$ .

Entonces, dados  $A, x^0, \dots, x^T$  y  $h$  conocidos, para cada nodo  $i$  es posible crear la matriz

$$\Phi_i = \begin{bmatrix} h(1 - x_i^0) \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^0 & -hx_i^0 \\ \vdots & \vdots \\ h(1 - x_i^{T-1}) \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{T-1} & -hx_i^{T-1} \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (11)}$$

Por lo tanto, tenemos

$$\begin{bmatrix} x_i^1 - x_i^0 \\ \vdots \\ x_i^T - x_i^{T-1} \end{bmatrix} = \Phi_i \begin{bmatrix} \beta_i \\ \delta_i \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (12)}$$

Los siguientes pasos de la demostración son similares al Teorema 3 para cada uno de los nodos.

### 6.3.2.2 Relación Cuadrática entre los Graduados STEM y los Productos de Conocimiento de las Regiones

La segunda parte del modelo ha explicado la relación entre los productos de conocimiento (PC) y la concentración de conocimiento regional, representada por los graduados STEM absorbidos, y la complejidad de la estructura productiva de cada región.

Existe una relación creativa positiva entre la concentración de graduados STEM y la cantidad de productos de conocimiento (PC) generados al interior de los SRI. Este efecto sucede porque las organizaciones como empresas públicas y privadas (incluidas las universidades) emplean a estos graduados que investigan, enseñan, diseñan e implementan iniciativas de emprendimiento y demás, dinamizando el proceso continuo de TC. El conocimiento transmitido por los graduados a las empresas aumenta la innovación, puesto que aumenta las capacidades de las organizaciones para asimilar, transformar y usar ese nuevo conocimiento para generar nuevos productos de innovación como patentes, modelos de utilidad, diseños industriales, crear start-ups, spin-offs y otra serie de productos y procesos (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Holí et al., 2008; Miguelez & Moreno, 2015; Stawasz, 2015). Otro aspecto con respecto a la generación de nuevos PC es que contribuyen a mejorar la complejidad de la estructura productiva de cada región. Esta complejidad significa que las regiones con una mayor concentración de empresas, universidades, centros de investigación, tienen mejores condiciones para absorber a los egresados y brindan mayores facilidades de infraestructura y oportunidades para crear más PC en contraste con aquellas que tienen una menor complejidad productiva (Colombia-CPC, 2017; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Foro Económico Mundial, 2013)..

La relación matemática, propuesta en esta segunda etapa del modelo, se determinó a través de un análisis exploratorio de los datos y al verificar su tendencia, buscando la expresión con el menor error de ajuste. El análisis caracterizó, sobre los datos históricos anuales, las siguientes variables: la variable supervisada o dependiente se asignó al resultado anual del número de PC que viene dada por la agregación de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales; y como variables explicativas la concentración de conocimiento dada por la cantidad de graduados STEM y el índice de complejidad de estructura

productiva de cada región. Las tendencias de los datos se compararon con diferentes formas exponenciales y polinómicas para encontrar similitudes y se tomó el un modelo matemático polinómico cuadrático el cual entregó el mejor ajuste a los datos.

Suponiendo que el número de PC es una función discreta de dos variables, tenemos la siguiente expresión:

$$P_i^k \approx \mathcal{F}(x_i^k, y_i); k \geq 1, \quad \text{Ec. (13)}$$

donde  $P_i^k$  es el número de PC en la  $i$ -ésima región y  $x_i^k$  es el conocimiento transferido acumulado representado por la concentración de conocimiento en el período  $k$ , e  $y_i$  es el índice de complejidad de la estructura productiva de cada región. Por consiguiente, las tendencias de los datos pueden ser caracterizadas por la siguiente función discreta:

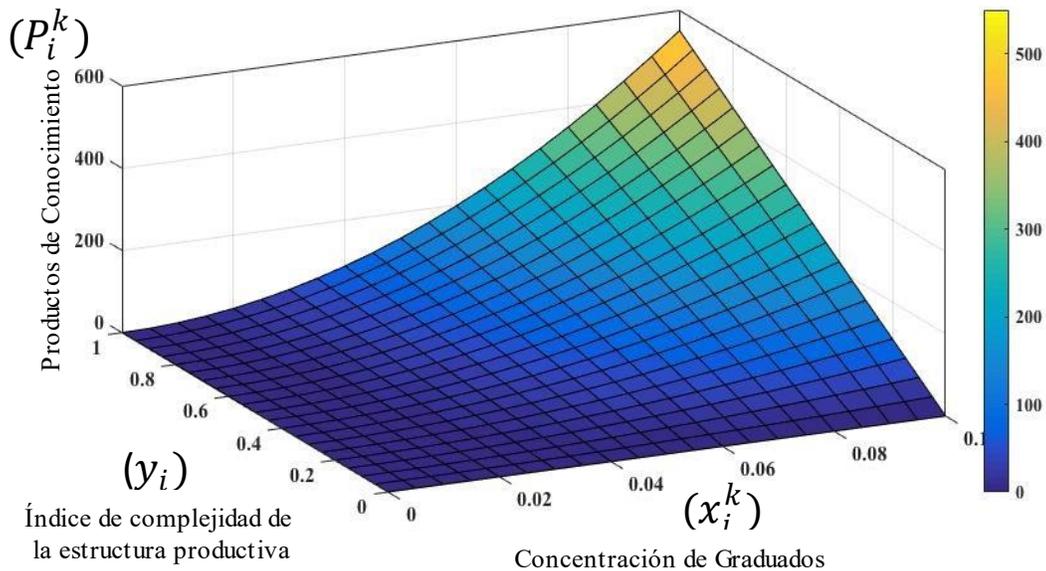
$$P_i^k = b_0 + b_1(x_i^k)^2 + b_2y_i, \quad \text{Ec. (14)}$$

Dónde  $b_0$ ,  $b_1$  y  $b_2$  son constantes.

La función cuadrática bi-variada que explica la cantidad de productos de conocimiento en los SRI se ilustra en la Figura 6.3.

**Figura 6-3:** Productos de conocimiento como una función de la proporción de graduados y el índice de complejidad de la estructura productiva

Con parámetros  $b_0=0$ ,  $b_1=10000$ , y  $b_2=1$ . (construcción propia en base a los datos)



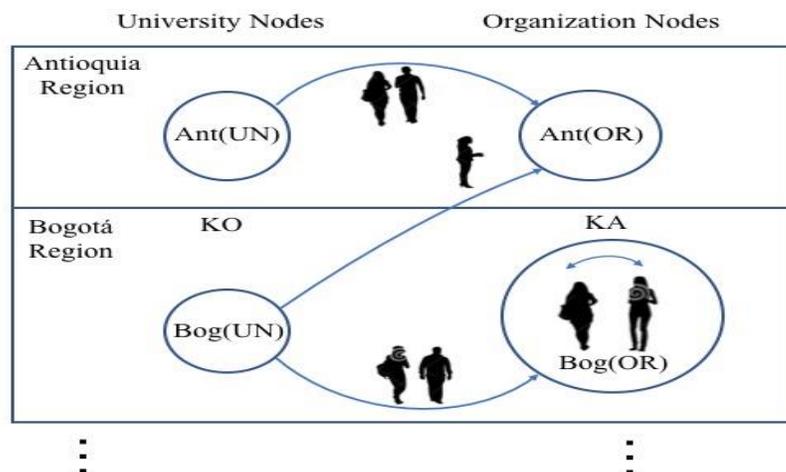
### 6.3.3 Proceso y Resultados de la Identificación y Simulación de la TC

Para visualizar y entender la dinámica del proceso de TC vía capital humano como un proceso epidémico o de difusión sobre redes complejas, en esta parte del trabajo investigativo se ha usado una adaptación del proceso de identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001) aplicado a un sistema socio-técnico donde no es posible diseñar un experimento para intervenir en el fenómeno social pasado. Sin embargo, existió la oportunidad de observar la dinámica a partir de los datos históricos, para entender y modelar el comportamiento de este sistema abierto.

Para el proceso de identificación de la TC como sistema, se utilizó el conjunto de datos de 13 años consecutivos (2003 – 2015), vectores dinámicos sobre los cuales se obtuvieron o recuperaron los parámetros de difusión que ha caracterizado el fenómeno de TC. Ello por medio de la aplicación de los teoremas 3 y 4 propuestos por Pare et al. (2018). Posteriormente, se simuló el comportamiento del modelo y sus resultados simulados fueron contrastados con los datos verdaderos para verificar la coherencia y el ajuste del modelo respecto a la realidad.

El experimento de identificación se realizó con los conjuntos de datos de siete regiones colombianas (Antioquia, Bogotá, Boyacá, Cundinamarca, Meta, Santander y Valle del Cauca). Los datos acerca de los graduados STEM producidos por las universidades y absorbidos por estas siete regiones fueron obtenidos de los Sistemas Nacionales de Información para la Educación Superior –SNIES- (Colombia-MEN, 2022) y del Observatorio Laboral para la Educación –OLE- (Colombia-MEN, 2018). Los conjuntos de datos acerca de los productos de conocimiento fueron obtenidos del Observatorio de Ciencia y Tecnología (Colombia-OCyT, 2018), y el índice de complejidad de la estructura productiva fue recuperado del informe de innovación y competitividad regional de Colombia (Colombia-CPC, 2017; Colombia-DNP & OCyT, 2021)

**Figura 6-4:** Transferencia de conocimiento de los nodos universitarios a los nodos de organización



El modelo se identificó en dos etapas, a) el proceso epidémico de difusión del conocimiento a través de redes complejas; y b) la relación entre los graduados de STEM y el número de productos de conocimiento a nivel regional. Para observar el fenómeno, se analizaron siete regiones colombianas, donde cada región se dividió en dos tipos de nodos, el nodo universitario, que representa la subpoblación de conocedores (KO) y el nodo de las organizaciones para representar la subpoblación de los potenciales adoptantes de conocimiento (KA) (ver Figura 6.4). Por lo tanto, se construyó una red de 14 nodos, donde los graduados fluyen desde las universidades y se movilizan hacia los nodos de las organizaciones regionales. Adicionalmente, la evolución de cada nodo y el comportamiento colectivo del sistema se verificó con los datos que van de 2003 a 2015, o los 13 vectores dinámicos  $x^0$  a  $x^{12}$  respectivamente.

### 6.3.3.1 Identificación del Modelo Epidémico de TC

En esta parte del proceso investigativo se buscó identificar si el modelo epidémico SIS (en estructura y parámetros) explica la primera etapa de movilidad de graduados, desde los nodos de las IES hacia los nodos de las organizaciones en las regiones. La estructura de la red o el grafo fue construido con información de los mapas de migración laboral publicada por el OLE<sup>57</sup> y los parámetros de absorción y de pérdida o ineficacia fueron recuperados o aprendidos de los vectores de datos históricos del fenómeno. Para ello, se plantearon dos escenarios con nodos homogéneos y heterogéneos para simular el comportamiento del sistema, donde el escenario heterogéneo tuvo un mejor ajuste.

La estructura de la red o el grafo (ver la matriz "A" en la Tabla 6.2) se construyó utilizando la información de los mapas de migración de los recién graduados del sistema de información –OLE- (Colombia-MEN, 2018) para el año 2014. El grafo se puede entender como la matriz de adyacencia ponderada, donde los valores de los enlaces o aristas son la proporción de graduados que transitan entre los nodos regionales. Además, se empleó la misma estructura de red durante todo el proceso de evaluación, ello supuso que la estructura ha sido estática durante los años del estudio, sobre la cual se ha presentado el proceso de difusión o movilidad de los graduados.

Los datos develaron una estructura de red dirigida con características de comportamiento complejo, porque se observó enlaces con diferentes intensidades. Se detectó que los enlaces con más intensidad se presentan entre las universidades y las organizaciones de las mismas regiones, seguidos de los enlaces de las universidades con las organizaciones de otros territorios, pero en especial con aquellas regiones cercanas y de alto desarrollo. En contraste, se evidenció que la intensidad de los enlaces, que van en dirección desde las organizaciones hacia las IES tiene menores intensidades, lo cual puede explicar que el capital humano que está en la industria, pero que a su vez es docente o colabora con las universidades es mínimo. Además, debido a la falta de información se tiene otro supuesto, que no existen enlaces entre IES, ni tampoco entre organizaciones. En ese mismo sentido, el intercambio de capital humano entre IES, así como la movilidad de profesionales entre las organizaciones no es significativa porque no se alcanza a detectar.

---

<sup>57</sup> OLE: Observatorio Laboral para la Educación del Ministerio de Educación Nacional

**Tabla 6.2:** Estructura del GRAFO o Matriz de Adyacencia (Matriz “A”) del fenómeno de TC como proceso de difusión sobre una red compleja

Nodos		Nodos-Universidades							Nodos-Organizaciones						
		<i>Ant(UN)</i>	<i>Bog(UN)</i>	<i>Boy(UN)</i>	<i>Cun(UN)</i>	<i>Met(UN)</i>	<i>Sdr(UN)</i>	<i>Val(UN)</i>	<i>Ant(OR)</i>	<i>Bog(OR)</i>	<i>Boy(OR)</i>	<i>Cun(OR)</i>	<i>Met(OR)</i>	<i>Sdr(OR)</i>	<i>Val(OR)</i>
Nodos-Universidades	<i>Ant(UN)</i> <sup>58</sup>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9.80%	0.10%	0.14%	0.04%	0.03%	0.08%	0.11%
	<i>Bog(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.20%	13.52%	3.65%	4.35%	0.56%	0.70%	0.45%
	<i>Boy(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.02%	0.13%	12.57%	0.04%	0.02%	0.07%	0%
	<i>Cun(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.01%	0.74%	0.48%	1.52%	0.05%	0.03%	0.02%
	<i>Met(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.02%	0.14%	0.27%	0.06%	4.60%	0.05%	0.02%
	<i>Sdr(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.04%	0.12%	0.60%	0.04%	0.03%	7.12%	0%
	<i>Val(UN)</i>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0.06%	0.13%	0.00%	0.04%	0.03%	0.00%	11.30%
Nodos-Organizaciones	<i>Ant(OR)</i>	76.77%	0.55%	0.53%	0.48%	0.37%	0.73%	0.65%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Bog(OR)</i>	1.58%	71.61%	13.94%	46.94%	7.60%	6.37%	2.72%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Boy(OR)</i>	0.12%	0.69%	48.07%	0.46%	0.26%	0.61%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Cun(OR)</i>	0.08%	3.90%	1.82%	16.39%	0.74%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Met(OR)</i>	0.13%	0.73%	1.05%	1.00%	62.78%	0.50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Sdr(OR)</i>	0.28%	0.62%	2.29%	0.45%	0%	65.00%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Val(OR)</i>	0.45%	0.70%	0%	0.38%	0.43%	0%	68.11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

<sup>58</sup> Ant(UN) significa nodo Antioquia de universidades y Ant(OR) es nodo Antioquia de organizaciones y de manera similar para las otras regiones

Los argumentos anteriores, llevaron a proponer a la TC vía capital humano como un grafo dirigido de conexiones heterogéneas, con nodos que también tienen capacidades heterogéneas. Esta estructura se puede expresar por medio de una matriz de adyacencia no simétrica y de pesos ponderados, tal como se muestra en la Tabla 6.2.

Continuando con el proceso de identificación de la TC como un proceso epidémico SIS, caracterizado por la Ecuación 6, se procedió a recuperar los parámetros de difusión del conocimiento. Para ello se plantearon dos escenarios, el primero considerando nodos homogéneos y el segundo con nodos heterogéneos. Los parámetros de la capacidad de absorción  $\beta$  y la ineficacia-inefectividad o pérdida de conocimiento  $\delta$  se aprendieron de los vectores de datos históricos del sistema, para los cuales se aplicaron como sigue: el Teorema 3 en el escenario homogéneo y el Teorema 4 para el escenario heterogéneo, de ahí calculando los parámetros de difusión para cada uno de los nodos de las 7 regiones escogidas, para luego proceder con el proceso de simulación del modelo epidémico.

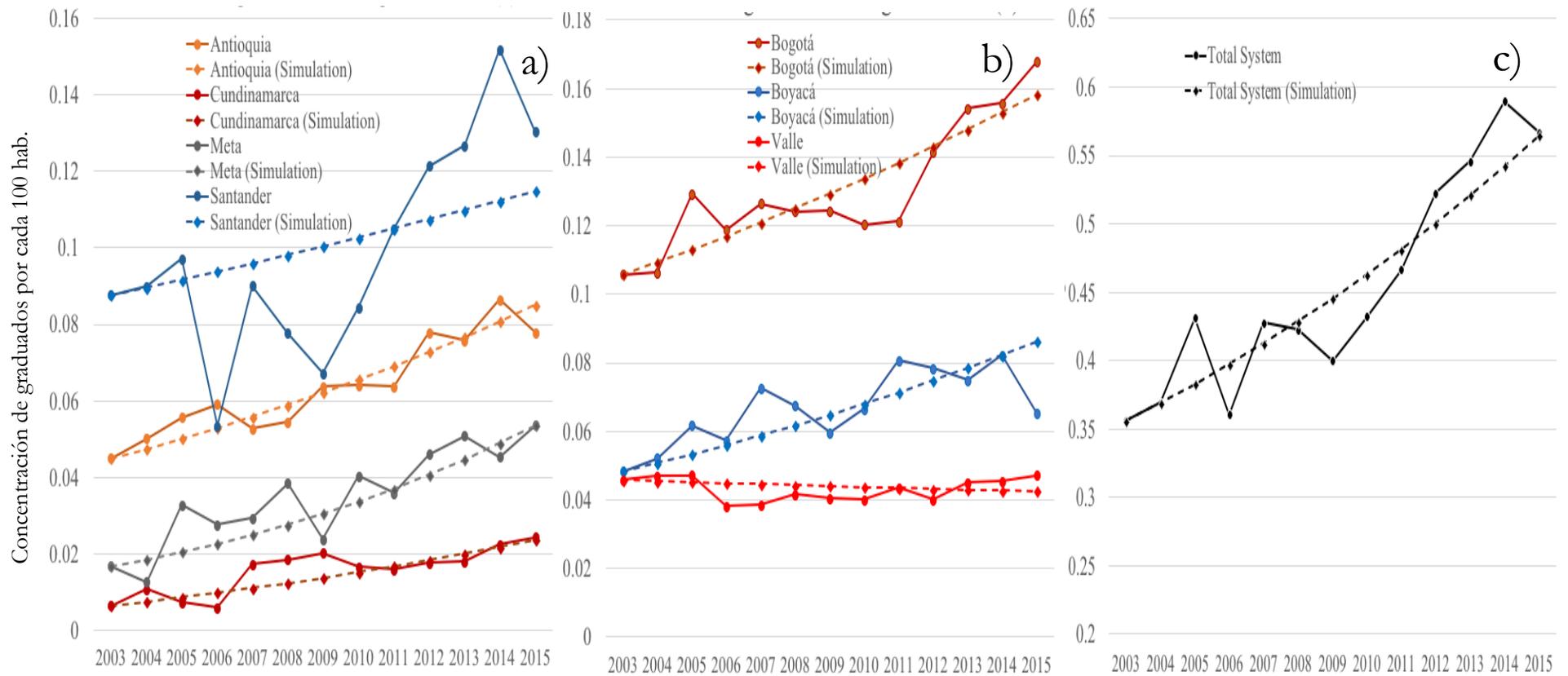
Los resultados de recuperación de los parámetros de los dos escenarios se muestran en la Tabla 6.3. De esos resultados se puede ver que el escenario homogéneo supuso que las 7 regiones han tenido las mismas capacidades, por tanto, los parámetros de absorción y de inefectividad o pérdida de conocimiento son los mismos. De otro lado, los resultados de recuperación de los parámetros del escenario heterogéneo produjeron valores diferentes para cada una de las regiones, comportamiento esperado que caracteriza la pluralidad en las capacidades territoriales. Estos resultados fueron usados para probar si el modelo epidémico se ajusta y da explicación de la movilidad de conocimiento vía graduados entre los 14 nodos analizados de las 7 regiones elegidas.

**Tabla 6.3:** Parámetros de difusión del fenómeno de TC (Teoremas 3 y 4) y errores

Parámetros Regionales	Escenario Homogéneo			Escenario Heterogéneo		
	$\beta$	$\delta$	Error	$\beta_i$	$\delta_i$	Error
Antioquia	0.05427	0.00076	9.32%	0.10169	0.02232	6.085%
Bogotá			7.16%	0.04481	0.00165	5.334%
Boyacá			15.39%	0.12342	0.00915	9.141%
Cundinamarca			41.34%	0.16328	0.00153	20.668%
Meta			40.33%	0.16581	0.01233	18.526%
Santander			21.02%	0.05123	0.00842	20.684%
Valle			35,56%	0.04444	0.03652	7.837%

Para probar si el modelo epidémico SIS es capaz de explicar el fenómeno de TC, con los parámetros aprendidos, se simuló para los dos escenarios la evolución del comportamiento de la red durante 13 períodos, donde se utilizó el primer año (2003) como condición inicial del sistema y los vectores de los siguientes 12 años como las respuestas evolutivas del proceso recursivo de TC vía capital humano. Los resultados del experimento de datos se observan en las tendencias por región representadas en la Figura 6.5.

**Figura 6-5:** Evolución del proceso de difusión de conocimiento en las regiones (contrasta los datos simulados VS los datos reales)  
 Construcción propia



Las simulaciones mostraron que el error de los datos obtenidos de la aplicación del modelo epidémico, al ser comparados con los datos reales, fue menor por nodo cuando se asumió que estos son heterogéneos. En contraste, el error simulado fue mayor cuando se supuso que los nodos eran homogéneos (ver Tabla 6.3). Los resultados que muestran la evolución de la red, para el caso heterogéneo, se pueden ver en las Figuras 6.5 (a) y (b). Estos datos representan el comportamiento de los nodos del lado de las organizaciones regionales, las cuales poseen capacidades heterogéneas, donde las líneas continuas representan los datos reales y las líneas punteadas son los datos simulados por el modelo epidémico. Adicionalmente, la Figura 6.5 (c) representa el comportamiento colectivo de todo el sistema en red que contiene las 7 regiones.

En el escenario de los nodos homogéneos, los errores de simulación de la Tabla 6.3 mostraron que el modelo de difusión explica mejor los nodos de Antioquia y Bogotá en comparación con los otros. Este comportamiento es esperado, debido a que estas regiones de Colombia han tenido un flujo continuo de graduados, ya que la alta presencia de IES en estas regiones ha brindado un mayor flujo de graduados entre las universidades y el aparato productivo de industrias y empresas, adicional a ello son regiones que tienen las mejores condiciones en la complejidad de su estructura productiva. Pero, suponer parámetros iguales para todas las regiones en el modelo epidémico ha generado errores altos y de diferentes dimensiones en los nodos de Boyacá, Cundinamarca, Meta, Santander y Valle del Cauca, lo cual sugiere que los parámetros de difusión en estas regiones son diferentes. En ese sentido el escenario homogéneo no es el más adecuado para explicar el fenómeno de difusión de conocimiento.

Ahora considerando el escenario heterogéneo, se pudo observar en los errores de simulación de la Tabla 6.3, que el modelo epidémico se ajusta mejor a los datos, porque al recuperar o aprender los parámetros de difusión por cada nodo, se obtuvo que los resultados para las 7 regiones fueron diferentes en cada caso. Ello implica que los parámetros aprendidos han caracterizado el comportamiento particular y diferente de cada región. Los errores de ajuste en los datos para los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, y Meta, se disminuyeron en promedio a la mitad. En cambio, para el Valle el error decrece aproximadamente 5 veces, región que adicionalmente presenta una disminución en la concentración de graduados a lo largo de los años. Condición que está dada porque los valores de los parámetros de absorción y de pérdida de conocimiento o ineficacia son muy cercanos.

En la misma línea de la heterogeneidad de las regiones, se evaluó el comportamiento colectivo de todo el sistema de red compleja con el error escalado, el cual es calculado con la Ecuación (15), como sigue:

$$\frac{\|\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}\|_F}{\|\mathbf{x}\|_F} = 0.12609, \quad \text{Ec. (15)}$$

donde  $\mathbf{x}$  representa los puntos de datos reales (línea continua en la Figura 6.5 (c)) y  $\hat{\mathbf{x}}$  representa los datos simulados (línea punteada en la Figura 6.5 (c)), y  $\|\cdot\|_F$  es la norma de Frobenius, que al aplicarse produjo como resultado un error de ajuste, de los datos simulados respecto a los reales, aproximado del 12.6%.

Por lo tanto, se puede concluir que el modelo epidémico SIS de la Ecuación (5) con parámetros de difusión heterogéneos que han caracterizado las capacidades diversas de las regiones, ha explicado el

fenómeno de difusión de conocimiento por medio de los graduados STEM, que fluyen de las universidades a las organizaciones en las regiones colombianas analizadas.

### 6.3.3.2 Identificación de Relación Cuadrática entre los Graduados STEM y los Productos de Conocimiento de las Regiones

Esta parte del proceso de investigación se identificó la segunda etapa del modelo de TC vía capital humano y se verificó la relación existente entre la concentración de los graduados STEM y el número de productos de conocimiento en una determinada región. Es necesario decir que los datos de entrada de esta etapa fueron los resultados del proceso previo de difusión de conocimiento, para el escenario heterogéneo (explicado en el punto 6.3.3.1), resultados que representan la variable de concentración de conocimiento en los nodos estudiados. La otra variable es representada por los datos del índice de complejidad de la estructura productiva recuperados de Colombia-CPC (2017) y Colombia-DNP & OCyT (2021)

Para probar si la expresión matemática discreta bivariada de la Ecuación (14) modeló la producción de activos de conocimiento, en primer lugar se recuperaron o aprendieron los parámetros del polinomio  $(b_0, b_1, b_2)$  de los datos empíricos. Ello bajo un proceso iterativo de ajuste cuyos resultados se pueden ver en la Tabla 6.4. En segundo lugar, con los parámetros obtenidos para cada una de las regiones, se simuló el comportamiento del sistema usando el modelo matemático descrito. Se verificó que los resultados simulados fueran coherentes y cercanos con el comportamiento del fenómeno real. Se pudo observar que los errores de simulación (ver Tabla 6.4), los cuales comparan los datos reales con los proyectados por el modelo, fueron relativamente bajos, y por tanto aceptables, si se considera que a este momento del experimento se tiene el error acumulado de las dos etapas del modelo que explican la TC-UR. En otras palabras, los resultados regionales simulados en las Figuras 6.6 (a) y 6.6 (b) muestran que las tendencias en los datos de producción de activos de conocimiento son descritas por la segunda etapa del modelo propuesto, donde las líneas continuas muestran los datos reales y las líneas punteadas representan los datos simulados. De igual manera sucede con el comportamiento colectivo de la red completa en la Figura 6.6 (c).

**Tabla 6.4:** Parámetros y errores de la expresión que modela los productos de conocimiento

Regiones	Parámetros de ecuación				Error de simulación
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	Índice de complejidad	
Antioquia	9.48	22885.57	2.23	0.81	0.175
Bogotá	0.00	14079.35	0.00	0.98	0.127
Boyacá	3.94	-445.63	0.83	0.45	0.335
Cundinamarca	5.37	62624.32	2.73	0.70	0.213
Meta	0.76	-0.03	0.94	0.25	0.367
Santander	-18.02	4243.46	-14.84	0.45	0.287
Valle	-5.35	7813.70	38.61	0.77	0.173

De manera particular, si se analiza los errores de simulación para regiones como Bogotá, Antioquia y Valle se tiene que la estructura matemática propuesta modela con un mejor ajuste estas regiones comparadas con las otras como Boyacá y Meta. El comportamiento anterior se explica porqué Bogotá, Antioquia y Valle son las más desarrolladas del país y tienen una mayor complejidad del aparato productivo, además tienen gran concentración de universidades y empresas, de tal manera que, producen mayor cantidad de graduados STEM y en su mayoría son absorbidos por la estructura productiva. Otra cosa relevante es que estas regiones están dotadas de instalaciones para la CTeI, lo cual contribuye para que tengan mejores oportunidades de generar con mayor frecuencia productos de conocimiento como patentes, diseños industriales y modelos de utilidad (Colombia-CPC, 2017; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; World Economic Forum, 2013). De otro lado, los departamentos de Cundinamarca, Santander, Boyacá y Meta muestran errores superiores y de manera ascendente, lo cual se asocia, no solo al desarrollo tecnológico y a la poca producción de activos de conocimiento, sino también a la escala comparativa donde Bogotá por ejemplo es 10 veces más productora que Cundinamarca.

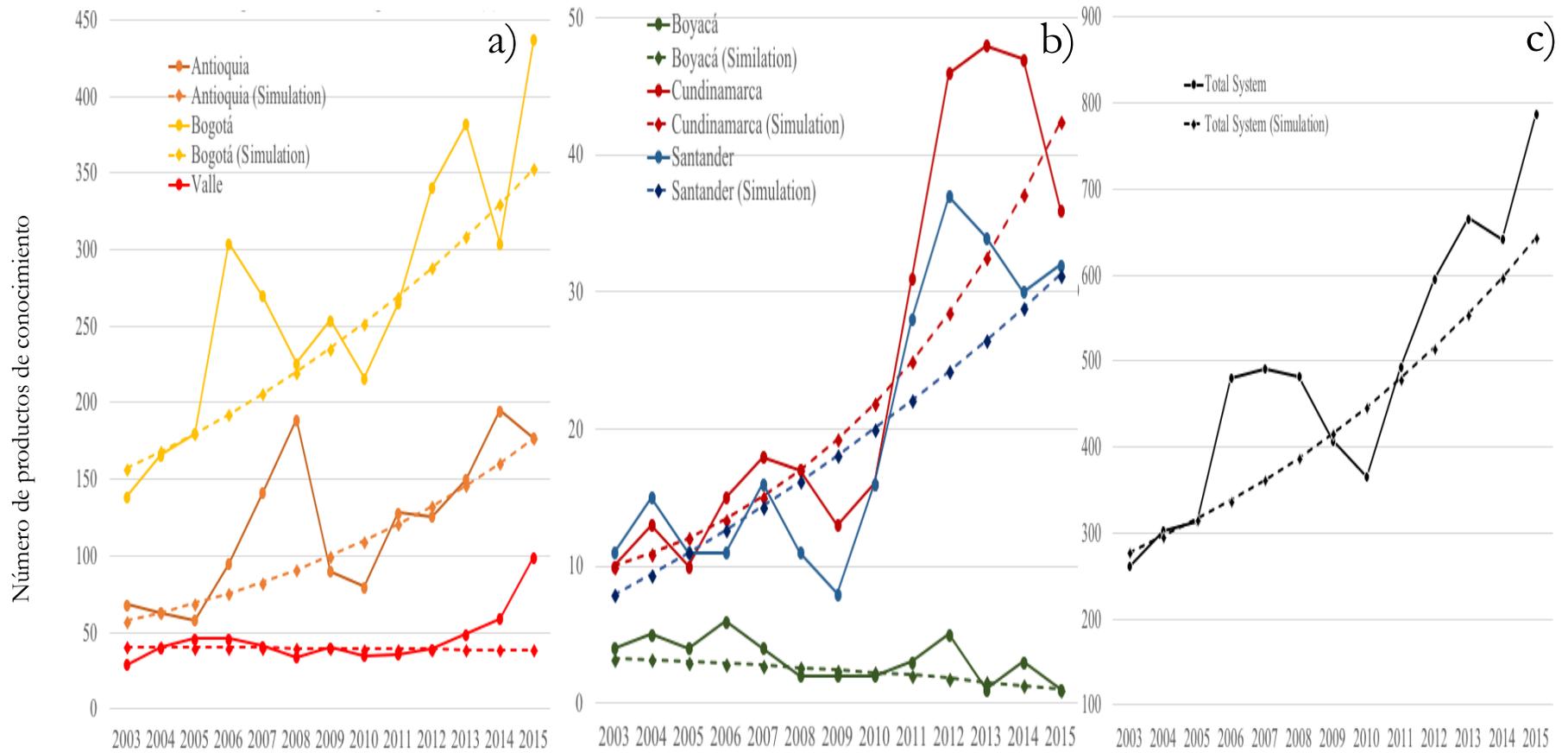
Desde un acercamiento general, se puede verificar el comportamiento colectivo del modelo en sus dos etapas calculando los errores de ajuste comparando los datos simulados por el modelo con los reales del fenómeno (ver Figura 6.6 (c)). En ese sentido el error agregado del comportamiento global del sistema se calculó con la Ecuación (16) como sigue:

$$\frac{\|\mathbb{P} - \hat{\mathbb{P}}\|_F}{\|\mathbb{P}\|_F} = 0.23961, \quad \text{Ec. (16)}$$

donde  $\mathbb{P}$  representa los datos reales del comportamiento colectivo (línea continua en la Figura 6.6 (c)) y  $\hat{\mathbb{P}}$  representa los datos simulados (línea de punteada en la Figura 6.6 (c)) y se verifica que el error agregado es aproximadamente del 24%. También se pudo observar que el error agregado es menor que el error de algunas regiones, como Boyacá, Meta y Santander, ello se debe a la influencia ponderada de las regiones desarrolladas, puesto que ellas poseen mucha más concentración de conocimiento, mayor cantidad de graduados, mejor estructura productiva y más productos de conocimiento, lo cual mejora el comportamiento colectivo del sistema.

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que un error agregado aproximado del 24% es relativamente bueno para el modelo propuesto de TC en dos etapas. Modelo que, aunque no se ajustó perfectamente a los datos, si verificó las tendencias de las dinámicas individuales y colectivas, tanto de la difusión de graduados, como de la generación de productos de conocimiento en las regiones estudiadas bajo la estructura de red compleja seguida del polinomio cuadrático bivariado. En conclusión, el modelo capturó el comportamiento regional y colectivo, por tanto, explica la TC desde las universidades a las regiones colombianas.

**Figura 6-6:** Evolución de la generación productos de conocimiento por región (contrasta los datos simulados VS los datos reales)  
 Construcción propia



## 6.4 La Alineación de la TC entre las Universidades y las Necesidades Regionales –Segundo Modelo-

Los países en desarrollo, como Colombia, han apostado a TC vía capital humano por medio de la formación de individuos en programas de maestrías y doctorados. Ello, como un elemento fundamental para mejorar las capacidades de ciencia tecnología e innovación (CTeI), generando a mediano plazo mejores condiciones de innovación, competitividad y bienestar para la comunidad de las regiones. Además, se ha planteado que en un sistema regional de innovación (SRI), en la medida en que la TC esté alineada con las necesidades y capacidades de cada territorio, brinda mejores condiciones para que el conocimiento sea absorbido por las regiones. Esto implica que los profesionales formados por las IES sean vinculados en el mercado laboral de las regiones para que contribuyan con la innovación y el desarrollo socioeconómico de estos territorios. (Göransson, Brundenius, & Benner, 2011; (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Jaeger & Kopper, 2014).

Para el fenómeno de TC vía capital humano (maestrías y doctorados), Colombia ha identificado cuatro problemas estructurales: 1) déficit capital humano con formación en investigación desarrollo e innovación (I+D+i); 2) limitada capacidad institucional y de infraestructura; 3) la baja vinculación de doctores en el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCTeI); y 4) la baja articulación Universidad-Estado-Empresa-Sociedad (UEES). Estos problemas han sido descritos en la etapa de identificación del problema de esta investigación, pero en este capítulo se ha hecho énfasis sobre el cuarto problema, el que ha mantenido vigente un fenómeno de falta de alineación entre la oferta universitaria y las necesidades y oportunidades de las regiones.

La baja articulación UEES tiene como efecto la limitada capacidad de investigación, innovación y desarrollo social de los territorios. Por ejemplo, regiones periféricas que pueden potencialmente desarrollarse con iniciativas de agricultura, biotecnología, recursos hídricos, energías renovables y otros; no tienen el capital humano calificado, ni la infraestructura especializada para ejecutar este tipo de proyectos. En adición, la baja articulación de las IES con los territorios ha contribuido con la concentración de capacidades en las principales regiones (UNAL-CID, 2020a, 2020b). La baja articulación en Colombia evidencia que en el país se presentan alineaciones bajas y desiguales en la TC vía capital humano, desde las IES hacia los sectores productivos y sociales de las diferentes regiones.

Hasta ahora se ha probado que la eficiencia-eficacia de la TC es heterogénea entre las diferentes regiones y esté mediada por la capacidad de absorción de los territorios. Pero en esta parte de la investigación se pretende probar que la TC también está mediada por el grado de alineación U-R. Por lo tanto, se ha propuesto un modelo conceptual de esta alineación, que puede ser entendida como un proceso que considera la perspectiva de los SRI, como también la visión organizacional.

Adicionalmente, de manera empírica se analizó la alineación del canal de TC de formación de alto nivel (maestrías y doctorados), por medio de la construcción de un índice compuesto que ha capturado el comportamiento de las políticas de formación superior a nivel territorial, las apuestas y necesidades productivas y de CTeI. Para ello se verificó desde el lado de la demanda las apuestas de desarrollo de los

territorios consignadas en los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales de CTeI (PAED), las Agendas de Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI), las cuales fueron contrastadas con la cantidad de graduados de maestrías y doctorados (por núcleo de conocimiento) entre los años 2001 y 2018. Estos datos fueron tomados del Observatorio Laboral para la Educación –OLE–; y la cantidad de investigadores activos se recuperaron de los sistemas de información de Minciencias. Dichas variables fueron clasificadas en los 8 focos de desarrollo propuestos por el ejercicio de prospectiva nacional de CTeI denominada Misión de Sabios 2019

### 6.4.1 Trabajos Relacionados a la Alineación de la TC U-R

En el contexto de los SRI, el concepto alineación entre lo que ofertan y producen las IES y la demanda regional es considerado un factor importante que dinamiza o limita la TC. (Jaeger & Kopper, 2014; Arturo Melo & Peña, 2017). En la construcción teórica de los SRI desde la perspectiva de la geografía económica, la alineación oferta-demanda aparece como el elemento de coherencia que promueve el apoyo de iniciativas de CTeI en focos en los cuales los territorios cuenten con una mayor oportunidad para el desarrollo de la región, ello de acuerdo con sus condiciones y ventajas. Se debe considerar que esta alineación es afectada por la política nacional, regional, las políticas e intereses de las universidades, las regulaciones económicas, ambientales y programas ya existentes en CTeI (Braczyk, Cooke, & Heidenreich, 2004; P Cooke, 2004; Philip Cooke, Gomez Uranga, & Etxebarria, 1997; Pinheiro, Benneworth, & Jones, 2012; Vukasović et al., 2012; Schot & Steinmueller, 2018).

Desde la perspectiva de la colaboración o cooperación universidad—empresa/industria—sociedad (CUES), los autores plantean la construcción de una alineación conjunta entre las industrias, empresas y las universidades. Ello implica que la universidad forme, investigue y genere iniciativas de extensión, las cuales deben dar respuestas a las necesidades de las empresas. Igualmente, proponen que las empresas soporten sus proyectos de investigación y desarrollo en las IES, contraten a los doctores graduados a través del desarrollo de programas de pasantías académicas y profesionales; ampliando de esa manera las oportunidades de interacción y dinamizando así la TC (A. Alexander et al., 2020; Ankrah & AL-Tabbaa, 2015; Dalmarco et al., 2019; Galan-Muros & Davey, 2019; Guerrero et al., 2015).

Dalmarco et al., (2019) argumentan que en la TC, el grado de madurez y desarrollo tecnológico de las IES y de las organizaciones juega un papel importante en el parámetro de alineación. A mayor sofisticación o complejidad del conocimiento que se necesite transferir, desde las IES con alta madurez en I+D+i; también se requiere empresas complejas y de mayor madurez tecnológica, y de manera análoga para IES y organizaciones de menor complejidad o madurez.

Desde una perspectiva analítica empírica, centrados en el canal de TC vía capital humano, Jaeger & Kopper (2014) proponen un índice de alineación entre las IES y las regiones alemanas, comparando el número de docentes por universidad y la cantidad de graduados que están trabajando por región en los diferentes núcleos de conocimiento. Este estudio identifica que las universidades de ciencias aplicadas se alinean o tienen una oferta de mayor coherencia con los requerimientos de las regiones, que aquellas universidades centradas en investigación. De manera similar, Navas et al., (2020) sin hablar textualmente de alineación de la TC, verifica para Colombia la eficiencia de las IES en cuatro dimensiones: una general,

la enseñanza, el empleo y la investigación; y concluye que existen diferentes alineaciones en las IES, por lo tanto se deben construir políticas diferenciales según la caracterización de las universidades, ya sean de especialización investigativa o de compromiso académico, con el fin de graduar personas con amplias oportunidades de empleo.

Otro punto de vista que existe en torno a la alineación de los graduados de las universidades y las necesidades del mercado laboral, se ha concentrado en analizar el desarrollo de habilidades blandas y específicas, que la industria desea en sus trabajadores. Habilidades que dependiendo del área de aplicación del conocimiento o sector, se han definido por los gobiernos en los marcos de cualificaciones (Anastasiu et al., 2017; Cleary & Noy, 2014; Madgali & Taylor, 2015).

### 6.4.2 La Alineación en la TC U-R como Modelo Conceptual

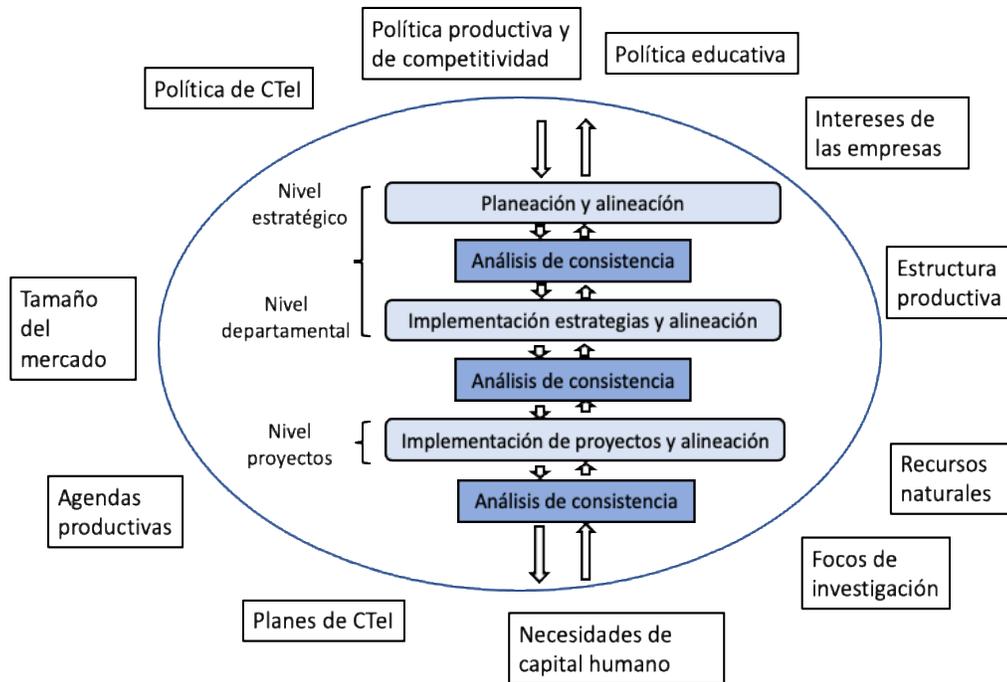
La alineación de la TC-UR es uno de los factores determinantes del lado de la universidad, el cual influye en la cantidad, calidad y pertinencia del conocimiento transferido. En este trabajo investigativo se ha conceptualizado dicha alineación U-R desde la perspectiva de los SRI, como también desde la perspectiva administrativa organizacional.

La *alineación* en la TC U-R, desde la perspectiva de los SRI, es la coherencia que existe entre la implementación de: políticas y programas de formación; proyectos de investigación, innovación y emprendimiento; iniciativas de extensión y colaboración; con las necesidades y oportunidades que promueven el desarrollo social, económico y científico de las regiones. De tal manera, que se fortalezcan las capacidades en CTeI, para que ese desarrollo sea sostenible en el tiempo (Braczyk, Cooke, & Heidenreich, 2004; P Cooke, 2004; Philip Cooke, Gomez Uranga, & Etxebarria, 1997; Pinheiro, Benneworth, & Jones, 2012; Vukasović et al., 2012; Schot & Steinmueller, 2018).

Se puede tomar el concepto de alineación desde la teoría organizacional, donde las escuelas del pensamiento estratégico del diseño y de la planeación proponen que la alineación estratégica es la coherencia de las políticas, objetivos, planes, proyectos que apuntan en la misma dirección y en sus diferentes niveles para lograr el desarrollo de la organización. Adicionalmente, el concepto es complementado por la escuela del aprendizaje y la contingencia, que propone que esa coherencia o consonancia multinivel se debe adaptar con las condiciones del ambiente y los cambios al interior de la organización (Mintzberg, Ahlstrand, & Lampel, 2008; Plantinga, Voordijk, & Dorée, 2020).

En ese mismo sentido, en las universidades la alineación es vertical con las políticas y estrategias del gobierno, es horizontal con las estrategias de los departamentos y facultades, es externa al estar en consonancia con la oferta-demanda de las regiones, y es interna con la estrategia organizacional. También se tiene que la alineación es un proceso continuo (Figura 6.7) que inicia con la planeación, seguido a ello se debe evaluar su consistencia para dar respuesta y ajustar la TC a los continuos cambios inherentes a la implementación de las estrategias y los proyectos en sus respectivos niveles. Esta alineación también obedece a la evolución de las necesidades e intereses de los diferentes actores que participan en el fenómeno de TC (A. T. Alexander & Miller, 2017; A. Alexander et al., 2020; Plantinga et al., 2020).

**Figura 6-7:** Proceso de alineación en la TC U-R , (construcción propia basada en A. T. Alexander & Miller, 2017; A. Alexander et al., 2020; Plantinga et al., 2020).



### 6.4.3 La Identificación y Resultados del Índice de Alineación U-R

Este aparte del trabajo ha identificado las diferencias de alineación entre la oferta de las IES y las necesidades de las regiones de Colombia en el proceso de TC U-R, especialmente en el canal de capital humano. Canal que se encarga de la movilidad de los individuos formados en maestrías y doctorados, quienes son absorbidos por el mercado laboral regional. También se ha estudiado la relación de esta alineación con el grado de desarrollo de dichas regiones. En ese sentido se construyó un índice compuesto de alineación departamental  $IA_D$ , para el cual se identificaron los parámetros desde los datos empíricos, para luego calcular-simular el comportamiento del modelo y compararse con el Índice Departamental de Innovación y Competitividad. El cual verificó que sí existe una afectación positiva causal de la alineación U-R con el desarrollo y la competitividad regional.

### 6.4.3.1 Construcción del Índice de Alineación U-R

Para estudiar las diferencias de alineación U-R y su relación con el desempeño de las regiones se ha propuesto la construcción de un índice compuesto<sup>59</sup> que considera 5 variables, como se ve a continuación:

Desde el lado de la demanda se tomaron 3 variables dicotómicas que identifican la presencia o no de las apuestas de desarrollo en los territorios, consignadas en los 1) Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales de CTeI (PAED), 2) las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI), y 3) los focos de desarrollo de la Misión de Sabios 2019. Del lado de la oferta educativa se tomaron dos variables continuas, 1) la cantidad de graduados de maestrías y doctorados (166.721 de un total de 4.8 millones) entre los años 2001 y 2018, tomados del Observatorio Laboral para la Educación –OLE- y 2) la cantidad de investigadores activos según (16.796) los sistemas de información de Minciencias.

Estas 5 variables fueron ponderadas por la población regional y re-escaladas entre 0 y 1 como paso previo, para luego ser combinadas linealmente y generar el Índice de Alineación Departamental ( $IA_D$ ), tal como se define en la Ecuación (17). Esta expresión hace una agregación, tanto de las variables dicotómicas asociadas a las necesidades de las regiones, como de las variables que representan la concentración de graduados e investigadores por núcleo de conocimiento por cada departamento.

$$IA_D = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^n w_i z_{ij} + \frac{1}{P_D} \sum_{i=m_1+1}^{m_2} \sum_{j=1}^n w_i x_{ij} \right) \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

$z_{ij}$  son las variables dicotómicas

$x_{ij}$  son las variables continuas

$n$  son los núcleos de conocimiento por departamento.

$P_D$  es la población por departamento

$w_i$  es el peso ponderado por cada una de las variables donde  $\sum w_i = 1$

La verificación del modelo lineal se realizó en dos etapas. La primera etapa (sección 6.4.3.2), que se ha denominado identificación de la alineación, recuperó los pesos específicos  $w_i$  de cada una de las variables del modelo que representa el Índice de Alineación Departamental ( $IA_D$ ) (Ecuación (17)).

<sup>59</sup> Las bases de datos de graduados STEM recuperadas del OLE e investigadores de las bases de Minciencias fueron ponderadas de acuerdo a la población de 2018 en cada departamento o región, adicionalmente se reagruparon los núcleos de conocimiento de 58 a 23 para lograr comparabilidad con las apuestas productivas, de CTeI y de desarrollo contenidos en los ADCI, PAED, y Misión de Sabios 2019.

La segunda etapa (sección 6.4.3.3) tomó los parámetros ya obtenidos en la primera etapa, y los comparó, en primera instancia entre departamentos para identificar y verificar las brechas entre ellos. En segunda instancia, estos valores calculados-simulados del  $IA_D$  se contrastaron con el Índice Departamental de Innovación –IDIC 2019- para corroborar si existe relación-asociación entre la alineación y el desempeño de los departamentos o regiones respecto a la innovación y competitividad.

### 6.4.3.2 Identificación del Índice de Alineación U-R

El proceso de identificación del índice recuperó los pesos específicos  $w_i$  de cada una de las variables del modelo lineal propuesto para índice compuesto como sigue:

Se tiene entonces que, de manera extensiva la Ecuación (17) puede ser escrita como una combinación lineal de los vectores columna ( $z_1 \dots z_5$ ) y ser llevada a una forma matricial como se ve en la Ecuación (18)

$$IA_D = w_1z_1 + w_2z_2 + w_3z_3 + w_4z_4 + w_5z_5$$

$$IA_D = W_D Z \quad \text{Ec. (18)}$$

Donde:  
 $W_D$  es la matriz diagonal de los pesos ponderados  
 $Z$  es la matriz de datos del modelo

Considerando que se conocen los datos de la matriz  $Z$  de la Ecuación (18), por lo tanto se conoce la estructura del sistema y las restricciones del mismo. En ese sentido, se realiza la recuperación de valores de la matriz diagonal  $W_D$ , denominados parámetros de ponderación de las variables. Para ello se hace uso de un proceso de optimización vía iteraciones numéricas, de las cuales, los resultados de los pesos ponderados se muestran en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5:** Pesos ponderados por variable del  $IA_D$

Variable	PAED CTeI	ADCI	Focos Misión de Sabios	Graduados	Investigadores
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$
Pesos	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$
	0,0027	0,1218	0,0701	0,3719	0,4336

De los cálculos e iteraciones realizadas para obtener los pesos por cada variable del  $IA_D$ , se puede observar que en los departamentos el capital humano es el elemento fundamental, ya que la concentración de investigadores (43%) y graduados (37%) representan el 80% en términos de la alineación con el territorio. En consecuencia, se puede afirmar que, según el modelo propuesto, es

necesario lograr una correcta y efectiva focalización en la formación de individuos en programas de maestrías y doctorados, así como la vinculación de doctores e investigadores ya que ello contribuye en mayor proporción en el desarrollo de las regiones y departamentos.

Adicionalmente, se observa que, siguiendo el orden de mayor a menor en la contribución de las variables al  $IA_D$ , la existencia de iniciativas contempladas en las ADCI aporta un 12.18%, así como las iniciativas y proyectos clasificados en el marco de la Misión de Sabios contribuyen con un peso de 7.01%. De lo anterior se puede decir que es necesario promover una mayor alineación formando más capital humano que apunte al desarrollo de este tipo de apuestas, así como desarrollar planes y proyectos productivos, de investigación, de emprendimiento y otros, que expandan estas nuevas perspectivas de desarrollo.

En contraste, se observa que la presencia de planes y proyectos que se desarrollan los PAED tienen un peso ponderado del 0.27%, que a la vez tiene una baja correlación con las demás variables. De un lado, este bajo peso ponderado se puede interpretar como la implementación de proyectos con baja pertinencia, los cuales se deberían re-focalizar en áreas de mejor aceptación y que estén en concordancia con las capacidades de capital humano y demás recursos para su ejecución. Por otro lado, pueden ser proyectos e iniciativas nuevas o disruptivas que no han sido consideradas hasta el momento. Proyectos que para brindarles un soporte se deben generar grandes esfuerzos en capital humano, recursos e infraestructura, esfuerzos de tal magnitud que las regiones de menor complejidad no podrían asumir.

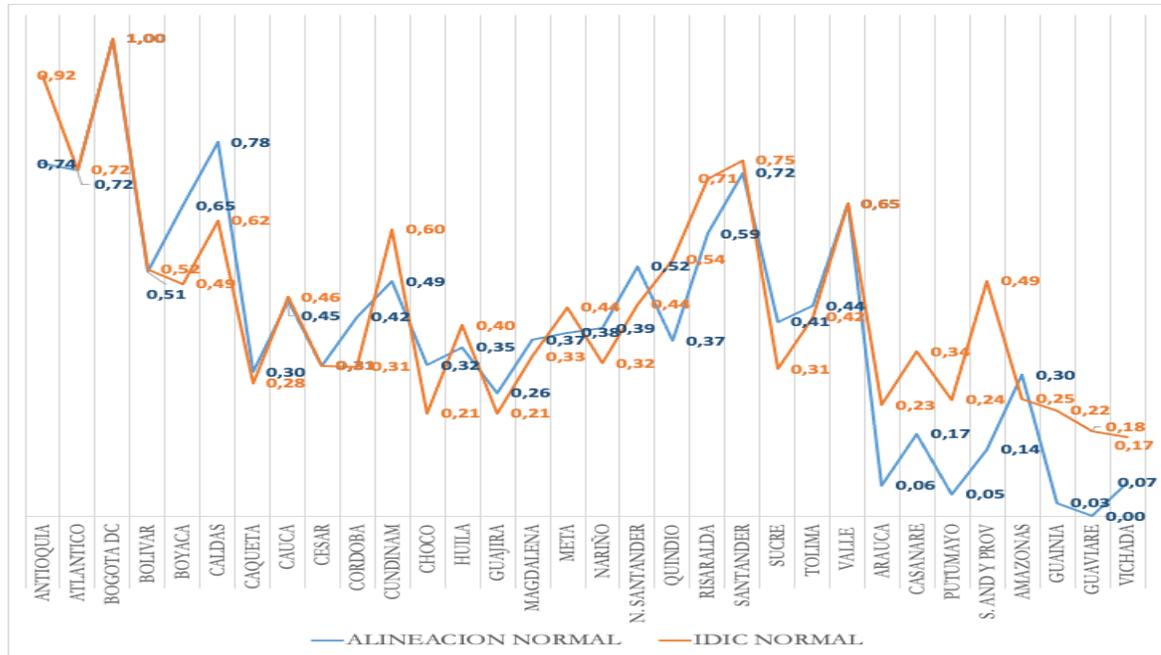
### **6.4.3.3 Identificación de las Diferencias de Alineación TC y su Relación con el Desempeño de las Regiones**

Para realizar la identificación de las diferencias de alineación entre territorios, con los pesos ponderados  $w_i$  calculados como parámetros de las variables en el apartado anterior, se simularon-calcularon los valores de del  $IA_D$  para 32 departamentos, para los cuales se pudo recuperar datos de los documentos y las bases respectivas. Los resultados del  $IA_D$  calculados se pueden ver en la línea azul de la Figura 6.8.

De los datos simulados-calculados, en primera instancia se puede decir que la alineación respecto a la TC U-R es diferente en las 32 regiones evaluadas, pero se conserva la tendencia, donde las regiones de mayor concentración de capital humano, con mejores recursos y de mayor complejidad del aparato productivo, son los departamentos que presentan una mejor alineación, a saber: Bogotá, Antioquia, Atlántico, Risaralda, Santander y Valle del Cauca. En el otro extremo, están las regiones de baja complejidad, con poco capital humano y baja capacidad para innovar como Vichada, Guaviare, Guainía, San Andrés y Casanare. De la comparación de los dos grupos se ven diferencias que deben ser atendidas y corregidas por medio de políticas públicas. Políticas que deben apuntar a formar capital humano de alto nivel de acuerdo a las necesidades de las regiones. Lo anterior, considerando el hallazgo de la primera parte de este análisis, que identificó la falta de pertinencia en la oferta desde las IES y la poca coherencia de las iniciativas de CTeI, las cuales han sido desarrolladas hasta ahora en las regiones. En ese sentido, se hace necesario que los gobernantes le apuesten a la generación de capacidades de CTeI, con enfoque territorial.

En segunda instancia, considerando que uno de los objetivos de este trabajo fue verificar-demostrar, de manera plausible, la relación existente entre la alineación en la TC U-R y el desempeño de las regiones, se tomaron los datos del  $IA_D$  calculado para cada departamento y se compararon con el IDIC 2019 del DNP. Como parte procedimental, estos dos índices fueron re-escalados entre 0 y 1, con el fin de facilitar su manejo estadístico y visualización. La comparación se puede observar en la Figura 6.8, donde la línea de color azul es el  $IA_D$  calculado y la línea naranja corresponde al IDIC 2019

**Figura 6-8:** Comparación Índice de Alineación Deptal. ( $IA_D$ ) VS Índice Deptal. de Innovación y Competitividad IDIC 2019



De manera gráfica se puede verificar que existe una tendencia en los datos de los dos índices. De esta tendencia se puede decir que la alineación de TC ( $IA_D$ ) calculada en este trabajo, posee una asociación positiva con el IDIC 2019. En adición, se puede observar que para las regiones de mejor desempeño, los índices se ajustan más y sus errores son muy pequeños al compararse con las regiones de menor complejidad. Lo anterior puede explicarse en la menor existencia de datos agregados para este tipo de regiones. De igual manera se conserva la tendencia hacia una mayor brecha en las regiones con menor desarrollo.

Continuando con la comprobación de la dependencia positiva entre la alineación U-R y el desempeño regional, se realizó una regresión lineal simple entre los resultados de los índices compuestos, donde la variable dependiente es el desempeño regional representado por índice IDIC 2019 y la variable independiente es el índice de alineación departamental simulado-calculado –  $IA_D$ -, resultados que se pueden observar en la Tabla 6.6.

La interpretación de los resultados de la Tabla 6.6, permite verificar-comprobar que el modelo lineal calculado, respecto a los datos de los dos índices, tiene un buen ajuste al fenómeno que explica la dependencia del desarrollo regional con la alineación en la TC U-R. En términos estadísticos, el

coeficiente de correlación de 0,868 indica una correlación fuerte y positiva hacia una dependencia lineal. Adicionalmente, el coeficiente  $R^2$  ajustado indica que el modelo captura el 75% de la varianza. Finalmente, el valor crítico de F es mucho menor que 0,05, lo cual confirma, con una confiabilidad del 95%, la dependencia lineal positiva entre los índices  $IA_D$  e IDIC 2019. Por lo tanto, la alineación de TC U-R por medio del capital humano de alto nivel está directamente relacionada con el desempeño de las regiones de Colombia.

**Tabla 6.6:** Resultados regresión  $IA_D$  VS IDIC 2019

Estadísticas de la Regresión	
Coef. Múltiple R	0.86801727
Coef. Determ. $R^2$	0.75345398
$R^2$ Ajustado	0.74523578
Error Estándar	0.10871328
Observaciones	32

Análisis de Varianza					
	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio de los Cuadrados	Valor de F	Valor Crítico de F
Regresión	1	1.08354068	1.08354068	91.6811361	1.2456E-10
Residuos	30	0.35455735	0.01181858		
Total	31	1.43809803			

## 6.5 Análisis de los Mecanismos Causales de la TC U-R y el Cumplimiento de Objetivos de la Investigación.

Este aparte del trabajo se pretende brindar las explicaciones de los mecanismos e interacciones presentes en la TC-UR, así como al cumplimiento de objetivos propuestos en la investigación. El autor ha usado argumentos deductivos, inductivos y abductivos fundamentados en los resultados obtenidos de los dos modelos propuestos y los autores que son base de los constructos de esta investigación.

Del desarrollo investigativo se tiene que el primer modelo explica la TC vía capital humano, el cual ha identificado y verificado a *la capacidad de absorción, el parámetro de ineffectividad o de pérdida de conocimiento y la complejidad del aparato productivo* como mecanismos determinantes del lado de la región. Lado que recibe, aprende y usa ese conocimiento para generar productos de innovación. Productos que dependen de la concentración de graduados STEM en un SRI. De manera adicional, se ha verificado que el segundo modelo explica cómo *la alineación*; entre la oferta educativa, de investigación y de extensión de las universidades y las necesidades y oportunidades de las regiones; es también un mecanismo determinante del lado de las IES, con respecto a la eficacia-efectividad de ese conocimiento transferido. Por lo tanto, esa alineación está directamente relacionada con el desempeño en innovación y competitividad de los SRI estudiados.

Ahora, se va a determinar si los mecanismos hipotéticos, planteados previamente en el diseño, tienen coherencia con los hallazgos de la investigación.

### 6.5.2 Verificación de los Mecanismos Hipotéticos.

Bhaskar (2008) y Peña-Reyes (2010) argumentan que los mecanismos hipotéticos son posibles causas que están dando origen, en el nivel de lo real, a los eventos deseados o no, en los fenómenos que se pretenden explicar de manera científica, de tal manera que desde los resultados que se tienen hasta ahora y los argumentos de los autores estudiados, se va a verificar la coherencia de los 5 mecanismos propuestos acerca de la TC U-R en la etapa de diseño de la investigación, como sigue:

M1: La cantidad de graduados en sus diferentes niveles ayuda a desarrollar la capacidad de innovación de una región.

La investigación se centró en la transferencia de conocimiento vía-capital humano, específicamente en los graduados de STEM de maestrías y doctorados en el sistema educativo superior colombiano. De la experimentación con datos para la segunda etapa del modelo TC U-R que estudia la relación entre la concentración de conocimiento y la producción de activos de innovación (Ecuación (14)), se identificó y verificó que los graduados STEM de maestrías y doctorados impactan cuadráticamente en la generación de activos de conocimiento en los SRI, tales como patentes, modelos de utilidad y diseños industriales. Ello implica de manera causal que, este tipo de graduados ayudan a desarrollar la capacidad de innovación de las regiones, puesto que ellos desarrollan en su proceso educativo capacidades de CTel, las cuales son aplicadas en el entorno donde se desempeñan. De otra parte, no se puede afirmar que los graduados de otros niveles aportan al desarrollo de capacidades de innovación de los territorios, ya que no fueron tomados como objeto de investigación, lo cual se configura en una restricción del estudio.

M2: Las iniciativas de emprendimiento mejoran el desempeño de los SRI.

M3: Los proyectos de investigación cooperativa mejoran la capacidad de absorción de una región.

Estos dos mecanismos hipotéticos no pueden ser analizados de manera directa, puesto que los canales de emprendimiento e investigación colaborativa no fueron abordados en el estudio. Pero haciendo uso de argumentos abductivos se puede decir que, tanto en la implementación de iniciativas de emprendimiento, como en el desarrollo de proyectos de investigación colaborativa existe transferencia de conocimiento, habilidades, tecnología y formas de hacer, ya que el mecanismo fundamental de la TC es la interacción continua entre individuos, y en el desarrollo de estos dos tipos de proyectos existe un contacto intensivo y directo de los investigadores, estudiantes, emprendedores, gerentes y todas las personas que son cercanas a la implementación de estas iniciativas. Si se observa desde una perspectiva causal, las iniciativas de emprendimiento e investigación transfieren conocimiento vía interacción humana mientras sucede su implementación; por lo tanto, se generan y mejoran las capacidades individuales en torno a la CTel de las personas de las regiones que participan en el desarrollo de estas iniciativas (A. T. Alexander & Childe, 2012, 2013; Klarl, 2014; P. Morone & Taylor, 2006, 2009). Sin embargo, no es posible, desde lo experimentado y revisado en este trabajo, determinar la relación causal

propuesta en M3 si *“los proyectos de investigación cooperativa mejoran la capacidad de absorción de una región”*.

Por otro lado, retomando el emprendimiento como mecanismo causal, se ha probado que estas iniciativas generan nuevas empresas, lo cual contribuye en aumentar el número de empresas-industrias en el aparato productivo de una región, lo que a su vez genera más puestos de trabajo. Ahora bien, si esas nuevas organizaciones son tecnológicas, innovadoras y de uso extensivo-intensivo de conocimiento, contribuirán con la sofisticación y la complejización de la estructura productiva de las regiones, aumentando las posibilidades para la generación de activos de conocimiento como patentes, modelos de utilidad, diseños industriales y empresas en forma de spin-off, start-up y demás (Carayannis & Campbell, 2011; Etzkowitz et al., 2001; Galán-Muros & Plewa, 2016; Göransson & Brundenius, 2011; Lau & Lo, 2015; Arturo Melo & Peña, 2017; Miguez & Moreno, 2015; Qureshi & Mian, 2021; Urbano & Guerrero, 2013; Yam et al., 2011). En ese sentido el mecanismo hipotético M2 el cual propone que *“Las iniciativas de emprendimiento mejoran el desempeño de los SRI”* ha sido verificado desde la literatura.

M4: La alineación de los canales de transferencia de conocimiento con las necesidades de las regiones tienen efectos de mejora sobre su capacidad de absorción.

Como se ha argumentado, el alcance de la investigación se limitó a estudiar la TC vía capital humano de alto nivel, igualmente el cálculo de alineación se hizo en torno al capital humano disponible en las regiones, bajo el supuesto que el parámetro  $\beta$ , recuperado del proceso de identificación para el modelo de difusión de graduados en las 7 regiones, representa la absorción de la región (Tabla 6.3, escenario heterogéneo). En ese contexto, no existe un patrón claro que verifique si las regiones con mejor alineación, como Bogotá, Antioquia, y Valle, son las que tienen una mejor absorción y viceversa. No existe evidencia empírica ni tampoco trabajos en la literatura que verifiquen o contradigan el mecanismo causal M4, lo cual puede ser tomado como una posible línea de trabajo futuro.

M5: La alineación y la absorción son factores determinantes de la TC-UR

Este mecanismo hipotético es una de las grandes conclusiones de este trabajo de investigación, la alineación como factor determinante del lado universidad que se correlaciona positivamente con el desempeño en innovación y competitividad de las regiones y la absorción como factor determinante del lado región que adquiere, asimila, transforma y explota el conocimiento recibido desde las universidades, aunque empíricamente no se pudo verificar si las regiones con mejor desempeño son aquellas que tienen una mejor absorción y viceversa.

### 6.5.3 Cumplimiento en Torno a los Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos se pueden denominar los componentes de un proyecto, los cuales mediante su desarrollo van construyendo de manera progresiva hacia el alcance del objetivo general, de tal manera que el cumplimiento de cada objetivo específico está asociado a un logro, hito importante o un producto, donde el supuesto grande es que si se completan y complementan los objetivos específicos, se ha dado desarrollo al alcance del proyecto de investigación. A continuación se dan los argumentos en torno al cumplimiento de cada uno de ellos:

Los dos primeros objetivos:

- Identificar los aportes que han realizado las Instituciones de Educación Superior (IES) en la transferencia de conocimiento en los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) que se tomen para el estudio.
- Identificar las necesidades de transferencia de conocimiento en los SRI estudiados, de acuerdo a sus apuestas productivas.

Estos objetivos fueron desarrollados en la etapa de análisis de texto (aparte 5.3.1), la cual analizó esta información, identificó y determinó el problema de alineación o coherencia que existe entre el capital humano disponible y el que se requiere de acuerdo a las iniciativas de desarrollo productivo y de CTel de cada departamento o región en el país. Lo anterior considerando que el fenómeno evaluado, ha estado acotado a la TC vía capital Humano. Los resultados de esta etapa fueron insumos necesarios en el aparte de construcción del índice de Alineación Departamental  $IA_D$ . Esta información secundaria fue recuperada y analizada de la siguiente manera:

Desde el lado de la demanda, se recogieron las necesidades de 32 departamentos, considerando las apuestas de desarrollo de los territorios documentadas en: 1) los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales de CTel (PAED), 2) las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI); y 3) en los focos de desarrollo de la Misión de Sabios 2019. Desde el lado de la oferta educativa o de las IES, se recogieron los aportes por departamento respecto a: 1) la cantidad de graduados de maestrías y doctorados (166.721 de un total de 4.8 millones) entre los años 2001 y 2018 tomados del Observatorio Laboral para la Educación –OLE- y 2) la cantidad de investigadores activos según (16.796) los sistemas de información de Minciencias.

El tercer objetivo:

- Formular modelo básico de transferencia de conocimiento desde las IES a las regiones.

Fue desarrollado ampliamente tras la construcción del modelo conceptual en la etapa de re-descripción de la TCU-R (aparte 5.4). Modelo de tres lados, el lado universidad, el lado de los 5 canales y el lado región. En dicho modelo, la TC es mediada por la alineación del conocimiento transferido y la absorción del conocimiento recibido. Adicionalmente, acotando el fenómeno a la TC vía capital humano, el trabajo ha desarrollado un modelo matemático-estadístico en dos etapas del aparte (6.3) que fue identificado y verificado, asegurando la capacidad que tiene el modelo para explicar la movilidad de graduados desde las IES a las regiones, así como la generación de productos de conocimiento en función de la cantidad de esos graduados localizados en un determinado SRI.

El cuarto objetivo:

- Evaluar el modelo propuesto por medio de simulación sistémica compleja (redes) el proceso de transferencia de conocimiento entre las IES y los sistemas regionales de innovación.

También fue llevado a cabo en el proceso investigativo. Del modelo propuesto para describir el fenómeno de TC U-R en dos etapas, desarrollado en el aparte 6.3. La primera etapa es un modelo que se ajusta a la movilidad de graduados STEM, desde las universidades a las organizaciones de las regiones. El modelo en referencia es un proceso epidémico SIS, proceso que por definición es un fenómeno de difusión sobre redes complejas. Ello porque cada enlace tiene un peso ponderado diferente, lo que

implica heterogeneidad en los nodos. De esa manera, la TC vía capital humano ha sido modelada como un sistema complejo, que tiene como medioambiente una estructura de red. Adicionalmente, en la etapa de simulación y posterior verificación (evaluación), el ajuste de los datos simulados con respecto a los reales generó un error escalado de 12.6%, lo que ha permitido asegurar que la estructura epidémica discreta SIS explica científicamente la TC U-R respecto al capital humano.

### **6.5.2 Cumplimiento en Torno al Objetivo General.**

Considerando que: se han implementado los cuatro objetivos específicos; que adicionalmente, se ha verificado la coherencia y aproximación de modelo epidémico que explica la difusión de graduados, desde las IES hacia las organizaciones; que además, la concentración de graduados y la complejidad de la estructura productiva de una región, tienen asociación positiva con la generación de productos de conocimiento; y que la alineación U-R está relacionada directamente con el desempeño de los SRI. Se puede afirmar que se ha dado cumplimiento al siguiente objetivo general:

- Desarrollar un modelo sistémico y complejo que explique la relación entre el conocimiento transferido, desde las universidades a las regiones, y el desempeño de los sistemas regionales de innovación en Colombia, que ha regido el desarrollo de esta investigación.

## 7. Etapas de Evaluación y Acción

Siguiendo el proceso de investigación se ha llegado a las etapas *evaluación y acción* (Tabla 7.1). La etapa de *evaluación* da respuesta a la pregunta ¿cómo la situación puede ser diferente?, después de haber entendido, en la etapa de análisis, los mecanismos causales que están generando efectos no deseados en la TC U-R. En este punto de la investigación se han tomado como referencia los mecanismos causales probados y se han descartado aquellos que no son coherentes o no brindan explicación del fenómeno. Además, se han propuesto alternativas para mejorar la situación actual, para lo cual, se supone un esquema de sistema cerrado. Esto implica que se debe hacer énfasis en las variables o mecanismos que se desean mejorar, bajo el supuesto que los demás factores permanecen constantes. Es necesario decir que, las propuestas de mejora descritas en este capítulo, han sido creadas en base a los datos, los modelos construidos, la literatura científica analizada y la experiencia de haber trabajado en el sector educativo; pero en especial, al proceso de abstracción ordenada y metodológica aprendida a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación. Estas propuestas de mejora fueron llevadas al mundo social (según Habermas) para ser contrastadas y verificadas en una sesión con expertos el 20 de noviembre del 2020. Esta verificación hizo parte del trabajo investigativo alterno, en el cual el autor estuvo vinculado, trabajo denominado “*Lineamientos de política de formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación*” realizado por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo –CID- para Minciencias.

Finalmente, en la etapa de *acción* se propuso la promoción e implementación de cambios deseables y alcanzables, según la gobernabilidad del investigador, para mejorar las situaciones en torno a los tres problemas estructurales de TC vía capital humano de alto nivel en Colombia, que son la escasez de graduados e investigadores, la falta de alineación oferta-demanda en las regiones y la falta de articulación y colaboración entre las universidades y las organizaciones productivas y sociales de los territorios. En ese sentido, esta parte del documento ha relacionado las actividades académicas y técnicas en las que el desarrollo de esta tesis ha aportado para mejorar los problemas estructurales planteados.

**Tabla 0.1:** Matriz de la multi-metodológica etapas de evaluación y acción. Construcción propia, adaptada de (Mingers, 2006; Peña-Reyes, 2010)

Nivel	Identificación	Apreciación	Análisis	Evaluación	Acción
Social	Identificación no estructurada, etapa 1 (Checkland, 1999).  Entrevistas y conversaciones con expertos MEN, DNP, Minciencias y Territorios -OCAD-		Comparación del modelo conceptual con la realidad, Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Verificación con expertos	Lineamientos para construcción de política pública educativa.
Personal		Resolución desde la etapa de Diseño (Wilensky & Rand, 2015)  Alineación desde el análisis de texto (Santander, 2011) de los Planes de Desarrollo y Acuerdos de CTeI y de la Política Nacional de CTeI  Re-descripción, construcción del primer modelo de TC U-R	Planteamiento de estructuras hipotéticas (Sayer, 2000)		
Material	Identificación estructurada, etapa 2 (Checkland, 1999).  Revisión de informes de gestión del MEN, MinCIT, OECD  Análisis exploratorio de bases de datos.	Revisión sistemática Achimugu et al. (2014); Kitchenham y Charters (2007),	Construcción de Modelos Epidémico E1, E2 de TC, y Alineación TC  Identificación de sistemas (Söderström & Stoica, 2001)  Etapas de Verificación Validación (Wilensky & Rand, 2015)	Definir los cambios factibles y deseables.	

## 7.1 Mejorar la TC U-R Afectando los Mecanismos Causales –Evaluación-

Para mejorar la situación actual del fenómeno de TC U-R, en torno a los tres problemas estructurales respecto al capital humano que se presentan en el país (ver aparte 4.2.2 de este documento), se asume que es necesario intervenir sobre los mecanismos causales del sistema, los cuales fueron identificados y verificados en la etapa de análisis. Para tal fin se deben realizar acciones directas e indirectas que afecten estos mecanismos. Ello implicará que algunas condiciones y variables del sistema de TC, por ejemplo, la cantidad y pertinencia de graduados que se forman en las IES deben ser modificadas respecto a las necesidades productivas y apuestas de desarrollo tecnológico de los territorios; de tal manera que se dinamice la absorción localizada y las respuestas del sistema mejoren y evidencien la evolución colectiva del sistema hacia una mayor producción innovativa, por tanto un mejor desarrollo científico-tecnológico regional, así como económico y social.

En la etapa anterior de esta investigación, donde se desarrollaron los dos modelos que han explicado la TC vía capital humano, se identificaron y verificaron los mecanismos causales: *alineación, absorción, pérdida de conocimiento, y complejidad de la estructura productiva*, para los cuales en este aparte han propuesto unas posibles alternativas para mejorar la situación actual del fenómeno de TC-UR, en las regiones colombianas, intentando contribuir a corregir los problemas estructurales del fenómeno estudiado como se muestra a continuación

### 7.1.1 Respecto a la Alineación

La *alineación* ha sido denominada la coherencia o correspondencia entre lo ofertado por las IES; en términos de programas de educación, proyectos de investigación conjunta entre las IES y las organizaciones, programas y proyectos de extensión y emprendimiento; con las necesidades y ventajas comparativas de las regiones. Se comprobó que la alineación es un factor determinante del lado de las IES, el cual tiene una correlación positiva con el desempeño en torno a la innovación y competitividad de los departamentos. Las siguientes son algunas actividades y estrategias que incrementarían la alineación:

- En primer lugar, uno de los problemas estructurales de la TC U-R en Colombia es la escasez de capital humano de alto nivel, en ese sentido el país debe aumentar la cantidad de investigadores y personas con habilidades en CTeI, ya que son el elemento fundamental para incrementar la capacidad de identificar, producir, difundir, usar e integrar el conocimiento científico y tecnológico para generar desarrollo y bienestar. La cantidad de investigadores e innovadores formados son el resultado directo del aumento de graduados en los programas de maestrías y doctorados; y, por tanto, del aumento de matrícula en las universidades en este tipo de programas. Ello implicaría a su vez, el aumento de los programas de alto nivel ofertado por las IES de nivel nacional y regional, públicas y privadas, así como la flexibilización de ingreso a los programas para personas de regiones periféricas del país.

Colombia está obligada a impulsar la innovación como motor de productividad y de competitividad, especialmente en los territorios como respuesta a la necesidad de fortalecer los vínculos entre las necesidades de la sociedad y los procesos de investigación, transferencia e innovación; lo cual al final de día, contribuye con el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad de esos territorios. (CONPES 3981, 2019; OECD,2014). En síntesis, la transferencia de conocimiento y la efectividad en la generación de productos de innovación dependen cuadráticamente del grado de concentración de graduados en una determinada región, graduados que contagian y re-contagian el conocimiento de manera continua a las organizaciones incrementando sus capacidades de CTeI. Por eso, al aumentar la matrícula en programas de alto nivel, a mediano plazo se estaría mejorando el desempeño innovativo de los territorios colombianos.

Aumentar la matrícula de alto nivel en las IES colombianas requiere generar recursos, incentivos y estrategias pertinentes por parte del gobierno nacional y regional (Mineducación, Minciencias, MinCIT, y Gobernaciones departamentales en torno al FCTeI del SGR<sup>60</sup>) para movilizar la demanda, de tal forma que la profesión como investigador sea una forma de vida atractiva para las personas que han terminado algún programa de pregrado o de maestría. El país conoce y ha utilizado diferentes vías de financiación al respecto, con recursos públicos y privados, nacionales y de fondos internacionales. Una forma de incrementar los recursos para la formación de alto nivel es convencer a las organizaciones del sector productivo para que formen sus propios doctores, en esquemas mixtos de financiación y sostenimiento. Otra opción son los fondos concursables (públicos, privados y mixtos, internacionales) para desarrollar programas y proyectos de investigación, donde paralelamente con el ejercicio de generación de conocimiento, se deben formar estudiantes doctorales. Es más, desde los proyectos de investigación y de emprendimiento realizados por las IES, por los cuales reciben generosos montos económicos, se debería apoyar económicamente la formación de individuos en alto nivel.

- En segundo lugar, se ha argumentado en este trabajo que la alineación es un proceso cíclico que debe articular de manera coherente las necesidades y oportunidades de desarrollo científico, tecnológico, productivo, social y medioambiental de las regiones con las políticas a todo nivel. Ya sea nacional, regional, departamental, incluso local, pasando por las políticas de desarrollo de las IES y las organizaciones que forman parte de la estructura productiva de los territorios.

Colombia debe construir una política de país integradora de largo plazo que articule los esfuerzos de los Ministerios de Educación, Ciencia Tecnología e Innovación, Comercio Industria y Turismo, sus pares territoriales y las apuestas productivas y de CTeI de las regiones. Desde el punto de vista del sector educativo se puede plantear el siguiente escenario como ejemplo:

---

<sup>60</sup> FCTeI del SGR: Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Bajo la premisa que la apuesta de la nación está enmarcada en los focos propuestos por la Misión de Sabios realizada en 2019, los cuales al contrastar estos focos con la masa de graduados en maestrías y doctorados (2001-2018), se puede observar que la mayoría de los graduados están focalizados en dos categorías: 1) Ciencias Sociales Desarrollo y Equidad (47,8%), a la cual corresponden los núcleos de formación en ciencias de la educación (30,1%), ciencias sociales (10,4%), y ciencias humanas (7,3%); y 2) Otros (29,4%) a los cuales pertenecen los núcleos de economía administración y contaduría (21,8%), construcción e infraestructura (4,6%), industria militar y otras ingenierías (3%). En el otro extremo está el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, los cuales muestran solo una participación del 0,1%. Lo anterior comprueba una disparidad de graduados de alto nivel en las diferentes áreas de conocimiento, en donde los territorios tradicionalmente más desarrollados concentran este tipo de graduados reproduciendo el desbalance regional (UNAL-CID, 2020c, 2020a).

Entonces para corregir esa desalineación y desbalance es necesario aclarar, desde una política de estado, cuál es esa visión de país, para lo cual en los últimos años se han construido dos documentos de Política Nacional de CTeI 2015-2025 y 2022-2031. Documentos que tienen un enfoque regional e intentan movilizar el desarrollo de la CTeI por medio de llevar y acercar la tecnología a las regiones (Arias & Collazos, 2015; Colombia-DNP, 2015, 2021). La implementación de lo sugerido en estos documentos tiene un gran reto para el gobierno, este es la coordinación interinstitucional a nivel nacional y regional para que las iniciativas de todos los niveles (agendas de competitividad, planes de CTeI, apuestas productivas y sociales de los planes de desarrollo departamental) apunten y se sincronicen, tanto a resolver los problemas y a promover las apuestas de desarrollo regional, como a buscar el avance en la visión construida como nación. Otro elemento importante, es que el proceso de implementación de estas iniciativas debe comprometerse en construir capacidades localizadas (no solo a llevar tecnología) por medio de la formación en CTeI, de tal manera que se genere o se mejore la capacidad instalada que permita continuar con futuros desarrollos.

- En tercer lugar, se tiene que para desarrollar capacidades territoriales hay que involucrar la participación de las IES (públicas y privadas) de toda la geografía colombiana. Lo anterior, con el fin de graduar individuos en maestrías y doctorados en coherencia con las necesidades de las apuestas estratégicas, productivas y científico-tecnológicas de sus regiones (para que los graduados se queden o vuelvan a su región). Graduados que contribuyan a la transformación de la matriz productiva y el apoyo a las necesidades sociales. Ello implica que las IES deben fortalecer su capacidad institucional en las regiones, para aumentar su matrícula y el número de programas de alto nivel, así como la vinculación de más docentes con doctorado. Para movilizar los grandes esfuerzos que deberán hacer las universidades, con el desarrollo de una oferta alineada con las apuestas de las regiones, se debe promover, desde la institucionalidad, los incentivos económicos y de facilidad de procedimientos para la creación rápida y el mantenimiento de programas pertinentes. Programas que probablemente no serán rentables en el corto plazo, pero sí necesarios para implementar algún foco de desarrollo. Adicionalmente, para cumplir con los requisitos básicos para la creación y funcionamiento de un programa de alto nivel se requiere docentes, laboratorios, recursos bibliográficos y demás. En ese sentido, se deben desarrollar los mecanismos legales que promuevan la creación de alianzas entre las universidades de diferente complejidad, incluso con los laboratorios de investigación. Estas

alianzas deben permitir el compartir profesores, investigadores, realizar movilidad de estudiantes, construir de manera conjunta y compartir infraestructura, compartir recursos y equipos para desarrollar los procesos de formación. Lo dicho anteriormente, para llevar los nuevos programas de alto nivel ajustado a las regiones (UNAL-CID, 2020b).

- En cuarto lugar, para alinear la oferta de las universidades y las necesidades de las regiones, se debe conocer de manera precisa qué requieren los territorios. En ese orden de ideas, Colombia, desde el gobierno nacional (Minciencias, MinCIT, Mineducación) debe hacer un diagnóstico o estudio que recoja las apuestas e iniciativas de desarrollo en las dimensiones productiva, científico-tecnológica, social y ambiental, desde una visión prospectiva de hacia donde cada región planea desarrollarse. Ejercicio que debe tener en cuenta las potencialidades de la región, sus recursos naturales como ventajas comparativas, sus recursos económicos de mediano y largo plazo para garantizar una sostenibilidad, sus potencialidades geográficas y de cercanía con otros polos de desarrollo que dinamizan el intercambio de conocimiento y tecnología, su infraestructura y complejidad productiva. De tal manera que, con esa información construida colectivamente (cualitativa y cuantitativa), se pueda construir una ruta formativa, investigativa, emprendedora y social desde el lado de las universidades y con la participación de las regiones, asegurando así un cierre de brechas entre los intereses operativos y estratégicos de las IES en sus tres misiones y las demandas de las organizaciones productivas, las agrupaciones sociales, la comunidad y el medio ambiente, en busca de un desarrollo sostenible basado en el uso de conocimiento.

### 7.1.2 Respetto a la Absorción

La *absorción* es la capacidad agregada de aprendizaje que desarrollan las organizaciones y los territorios. Esta capacidad, que es un factor determinante de lado de la región, sucede como un proceso secuencial; el cual inicia con la adquisición o recepción e identificación del conocimiento; continúa con la asimilación, donde se interpreta y se entiende; sigue con la transformación, donde se combina el con la experiencia; y termina con la explotación, donde ese conocimiento se convierte en nuevos productos, procesos, servicios y demás. Adicionalmente, esa absorción está relacionada significativamente con el capital humano altamente innovador, con capacidades probadas en CTel y sus redes de colaboración.

Lo planteado en el párrafo anterior conlleva a que, los graduados de maestrías y doctorado tienen mejores capacidades para discriminar, entender y transformar el conocimiento en nuevos productos, procesos, formas de hacer y tecnologías. En ese sentido, estas personas tienen mayores oportunidades de generar activos de conocimiento, características propias de individuos formados en maestrías y doctorados. Lo cual significa que las personas formadas en maestrías y doctorados contribuyen individualmente a mejorar la capacidad de absorción de las organizaciones y en consecuencia la capacidad de absorción de los territorios; por lo tanto, la capacidad de transformar el conocimiento recibido y generar innovación, desarrollo económico y bienestar (Lau & Lo, 2015; Miguélez & Moreno, 2015; Miguélez & Moreno, 2013; Miguélez & Moreno Serrano, 2013; Profiroiu & Brişcariu, 2021).

El estudio de (Estupiñán, 2014), acerca de la inserción de personas con doctorado en una muestra de 24 empresas en Colombia, encontró que el 57% de las empresas reportaron la creación de productos innovadores y el 50% reportó que se habían desarrollado nuevos procesos que mejoraron la eficiencia o modificaron las formas de hacer, y al final del proyecto 37% de estas organizaciones se convencieron en contratar de manera directa estas personas formadas en alto nivel, debido a su valor agregado en torno a que el uso de conocimiento se puede transformar en mejor desempeño de las organizaciones.

Considerando la premisa que los graduados de programas de alto nivel, en especial los graduados de doctorado, mejoran la capacidad de absorción, es necesario generar los mecanismos para movilizar la inserción de doctores en la industria y en el sector público, teniendo en cuenta que según los datos de Fedesarrollo el 86.4% de los doctores en Colombia se encuentran vinculados laboralmente a la educación superior y solo el 6.81% al sector productivo, y el 6.76% sector público y organizaciones sin ánimo de lucro (Fedesarrollo, 2022). La inserción de doctores se debe acelerar, teniendo en cuenta que va creciendo la cantidad de doctores que se están graduando y se graduarán en los próximos años, tanto en el país, como los que volverán del exterior para vincularse al aparato productivo y al SNCTeI. En caso de que no se vinculen, existe la probabilidad de que estas personas salgan del país y terminen aportando a naciones que no invirtieron en su formación, por tanto la tasa de retorno de la inversión hecha por Colombia en pro de desarrollo científico y social no sería la mejor (Colombia-DNP, 2019; Minciencias, 2019).

Colciencias/Minciencias desde el 2011 viene implementando convocatorias que han movilizado la inserción de doctores en el aparato productivo y en el SNCTeI. Ello con el fin de fortalecer las capacidades de investigación e innovación de Colombia. Según las convocatorias 535 de 2011; 656 de 2014; luego en 2017 y 2018 el “Programa de estancias posdoctorales para beneficiarios de Colciencias” (Colombia-DNP, 2019); continuado por las convocatorias 848 y 917 de 2019 y 2022<sup>61</sup> respectivamente, el Gobierno ha beneficiado alrededor de 720 doctores. Los anteriores esfuerzos no han sido, ni serán suficientes, si se toma en cuenta que, a diciembre de 2021, existen 6,974 estudiantes doctorales en el sistema educativo colombiano, más los doctores que puedan retornar del exterior (Colombia-MEN, 2022).

Con base en lo expuesto, existe la necesidad de generar desde la institucionalidad, los incentivos requeridos para que la estructura productiva se convenza de que existe una ventaja competitiva el tener empleados con maestrías y doctorados. Algunas acciones para movilizar la demanda de personas con formación de alto nivel por parte de las estructuras productiva de los territorios pueden ser:

---

<sup>61</sup> Fuente: Minciencias

## Desde las Universidades

- Promover programas de alto nivel e investigaciones en ciencias aplicadas, de interés para la industria
- Realizar pasantías doctorales o de maestría en las empresas – industrias, con el fin de articular los proyectos de investigación o de grado con problemas aplicados a una necesidad real.
- Diseñar y vincular las tesis doctorales y de maestría a las necesidades de innovación o de resolución de un problema complejo de la industria o de las regiones, por tanto, la investigación recibe apoyo financiero de la industria o de los territorios
- Construir currículos compartidos entre las IES y las empresas en torno a los programas de maestrías y doctorados, ello para asegurar las futuras oportunidades de empleo que cubran las necesidades de los empresarios
- Desarrollar un esquema de pasantías profesionales, los doctores de la industria enseñan e investigan también en las IES, ello como mecanismo de obtener otras habilidades prácticas y afianzar la realimentación por parte de la industria.
- Socializar desde la academia los resultados de investigaciones previas en un esquema de marketing dirigido y especializado a las empresas o industrias que pueden tener un problema similar
- Formar varios doctores a la luz de un proyecto bajo el mismo tema

## Desde el Gobierno

- Alfabetizar, enseñar y concientizar a las empresas sobre los beneficios de apoyar la formación de alto nivel tanto en sus empleados, como en la contratación de este tipo de personas, por el gran retorno sobre la inversión que su valor el agregado aporta a las organizaciones.
- Ampliar la cobertura de los instrumentos de incentivos económicos y tributarios que ya existen para las empresas que emplean personas formadas en alto nivel.
- El estado debe dar ejemplo, contratando doctores en cargos directivos.
- Hacer de los institutos de investigación, entidades de altas capacidades científicas donde los investigadores tienen una financiación mixta, desde las IES y desde los laboratorios que reciben aportes de la industria por las investigaciones realizadas.
- Promover la financiación; tanto para la investigación, como para la formación de alto nivel desde las empresas, la cual debe ser tomada como una inversión de la organización con su respectivo retorno.
- Reducir el tiempo de la formación doctoral, para que sea económicamente viable para las personas y las empresas. Las personas que hayan estudiado una maestría en un tiempo cercano, esa maestría puede ser considerada la fundamentación del programa de doctorado.
- Desarrollar programas de doctorado en la empresa, donde la empresa es el ambiente de aplicación, pero regido por la formación de una universidad donde está la capacidad científica.

### 7.1.3 Respetto a la Inefectividad o Pérdida de Conocimiento

La Inefectividad o pérdida de conocimiento representa, según el modelo SIS (ver aparte 6.3.2.1), una característica de “no uso o de olvido del conocimiento transmitido con anterioridad”. De tal manera que para ciertos nodos adoptantes (KA), el conocimiento recibido desde el nodo conocedor (KO) no es absorbido, por lo tanto, este se hace inefectivo; por ejemplo, el graduado de algún programa de alto nivel que no trabaja o termina haciendo algo completamente diferente para lo que se formó, sin aportar al desarrollo de las capacidades de CTeI de la región donde se localiza. Esta situación termina siendo una pérdida, en ese sentido, es una deficiencia del sistema. El argumento abductivo que relaciona la alineación con el no uso de conocimiento es el siguiente: suponga que un territorio está desalineado, por tanto, las IES estarán formando profesionales en áreas en las cuales el territorio no las necesita, de tal manera que esos futuros graduados tendrán menores oportunidades para que el aparato productivo los contrate. Ahora bien, se ha verificado que esta alineación tiene una correlación positiva con el desempeño en innovación y competitividad de los territorios. En ese sentido, la misma alineación corrige la inefectividad de la transferencia debida a la pérdida de conocimiento en el receptor, ya que la alineación mejora la pertinencia del conocimiento transmitido, de tal manera que aumenta las posibilidades para que el futuro graduado sea empleado cubriendo una necesidad manifiesta de la región, la cual se pretende mejorar o desarrollar en términos de capacidades científico-tecnológicas.

### 7.1.4 Respetto a la Complejidad de la Estructura Productiva

La complejidad de la estructura productiva es un factor determinante del lado de las regiones y está relacionado con las capacidades productivas de un determinado territorio. Capacidades que se ven reflejadas en la cantidad de empresas, tamaño y sectores de desarrollo. También hace referencia a la diversidad, grado de sofisticación y ubicuidad de lo que la estructura productiva ofrece en sus productos, así como la disponibilidad de instituciones e instalaciones para desarrollo tecnológico e innovativo, necesidades de conectividad y logística de la región. Es un factor asociado positivamente con la capacidad de absorción de conocimiento, ya que una mayor complejidad requiere más graduados con altas capacidades innovativas que dinamizan la generación de más y mejores productos basados en el conocimiento (Alexander & Childe, 2013; Colombia-CPC, 2017; Lau & Lo, 2015; Ruiz Corrales, 2020; World Economic Forum, 2013). Cabe anotar que este mecanismo fue verificado y usado como una variable de entrada al sistema (independiente o reguladora) en la construcción del modelo que explica la relación entre la concentración de graduados y la generación de productos de innovación en los territorios.

Existe una relación creativa positiva entre la concentración de graduados STEM y la cantidad de productos de conocimiento generados al interior de los SRI. Este efecto sucede porque las organizaciones como empresas públicas y privadas (incluidas las universidades) emplean a estos graduados que investigan, enseñan, diseñan e implementan iniciativas de emprendimiento y demás, dinamizando el proceso continuo de TC. El conocimiento transmitido por los graduados a las empresas aumenta la innovación, puesto que aumenta las capacidades de las organizaciones para asimilar, transformar y usar ese nuevo conocimiento para generar nuevos productos de innovación como patentes, modelos de utilidad, diseños industriales, crear start-up, spin-off y otra serie de productos y

procesos (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Holi et al., 2008; Miguelez & Moreno, 2015; Stawasz, 2015).

Otro aspecto con respecto a la generación de nuevos productos de innovación es que estos contribuyen a mejorar la complejidad de la estructura productiva de cada región, por ejemplo, las spin-off y las start-up aumentan el número de unidades productivas que demandan el uso de conocimiento, por tanto, aumentan la demanda de personal calificado en su implementación y gestión. Esta complejidad significa que las regiones con una mayor concentración de empresas, universidades, centros de investigación, tienen mejores condiciones para absorber a los egresados y brindan mayores facilidades de infraestructura y oportunidades para crear más activos de conocimiento, en contraste con aquellas que tienen una menor complejidad productiva (Colombia-CPC, 2017; Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Foro Económico Mundial, 2013).

Los elementos visibles que representan la complejidad de la estructura productiva de una región son la concentración de empresas de alto valor agregado, las universidades, la cantidad de infraestructura e instalaciones que promueven la innovación. Entonces, fundamentado en la proposición de que las iniciativas de emprendimiento tecnológico generan empresas innovadoras y de uso intensivo de conocimiento, se proponen las siguientes acciones y estrategias que contribuyen a mejorar la complejidad de la estructura productiva de las regiones:

### **Desde las Universidades**

- Desarrollar el emprendimiento de base universitaria como fuente de generación de empleo y de nuevas empresas. Ello implica brindar apoyo para que los estudiantes y futuros doctores y maestros lleguen a formar parte de la estructura productiva por medio de la generación de sus propias empresas. De tal manera que, es importante que las universidades fortalezcan sus programas de innovación y emprendimiento, relacionándolos con los proyectos de investigación, especialmente los proyectos doctorales, ya que potencialmente generan futuras start-up, spin-off, patentes, modelos de utilidad e iniciativas que mejoran la complejidad de la estructura productiva de las regiones, generando mayor empleo e ingresos para la comunidad, productividad y competitividad para las organizaciones.
- Incrementar la comunicación y gestión de las interrelaciones entre Universidad-Empresa/Industria-Sociedad, para articular las oportunidades de desarrollo de proyectos de innovación y emprendimiento conjuntos, donde las IES junto a las empresas lleven a cabo los procesos de madurez y escalamiento para su posterior explotación.
- Articular la investigación con el emprendimiento, especialmente para desarrollar proyectos con altos potenciales de comercialización.
- Potenciar la transferencia de tecnología desde el punto de vista del licenciamiento y la explotación de activos de conocimiento por medio de la consolidación de OTRIS (OTC, UTC o UTI). Adicionalmente, estas unidades de transferencia ofrecen apoyo a las spin-off académicas y a los investigadores, ya que su objetivo es facilitar el paso del conocimiento y el know-how desde la academia al sector industrial y empresarial.

- Desarrollar y fortalecer la cooperación entre la universidad-industria/empresa para mejorar las ventajas competitivas de las empresas, de tal manera que estas accedan a nuevos desarrollos tecnológicos. De igual manera, las universidades e institutos de investigación pueden industrializar sus investigaciones y generar beneficios económicos mutuos universidad-industria para el desarrollo de nuevas iniciativas.

### Desde el Gobierno

- Minciencias, MinCIT, Minhacienda, junto con los gremios, las Cámaras de Comercio, las cajas de compensación y las universidades, deberían implementar un programa nacional de emprendimiento que incluya financiación y asistencia técnica desde las IES a las iniciativas de investigadores y estudiantes de alto nivel para que desarrollen emprendimientos altamente innovadores, empresas de base tecnológica como *start up* y *spin off*, para aumentar la complejidad del aparato productivo y la creación de empleo
- Minciencias, MEN, MinCIT, MinTIC, junto con los gremios y las Universidades deberían desarrollar una campaña de socialización-comunicación y de gestión de las relaciones entre Universidad-Empresa/Industria-Sociedad, para visibilizar los resultados de investigaciones y emprendimientos, como también, las nuevas ofertas hacia el aparato productivo, además de conocer las necesidades del sector productivo desde de las universidades, alineando los intereses comunes de I+D+i, y de esta manera, aumentar las oportunidades de colaboración y apoyo entre las IES y la estructura productiva de los territorios.
- Minciencias, el MEN, las universidades y el sector productivo, deberían promover la creación de alianzas a partir de las redes con instituciones de investigación, y deberían además habilitar la normatividad para compartir infraestructura y equipos entre universidades públicas, privadas, centros de investigación y parques tecnológicos, de tal manera que los investigadores y emprendedores puedan hacer uso de estas infraestructuras, tanto locales, como remotas.

### 7.1.5 Respuestas y Propuestas de la Sesión de Expertos

Las propuestas para dinamizar los mecanismos causales en busca de mejorar la situación actual de la TC-UR fueron contrastadas y verificadas en una sesión con expertos o “mesa técnica”, llevada a cabo el 20 de noviembre del 2020, como parte del trabajo investigativo alterno denominado “*Lineamientos de política de formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación*” para Minciencias. En esta sesión se construyeron tres preguntas directoras en torno a la formación de alto nivel que se ha dado en el país. A continuación, se muestra el resumen de la relatoría donde se presentan las ideas recogidas de los expertos en forma de categorías concretas (bullets). La relatoría completa de la sesión de expertos se encuentra en el anexo 2.

1. ¿Qué piensa sobre lo que se ha hecho desde la educación formal y actividades ACTI para despertar vocaciones en la formación de alto nivel en CTel)
  - Mayor número de graduados sin un enfoque definido
  - Mayor oferta, pero con diferencias en calidad
  - El problema no es de número sino de la función de los doctorados y los incentivos / estabilidad
  - Diseñados con poco conocimiento del país
  - Reducida pertinencia
  - Poca presencia regional
  - Diferencias por áreas de conocimiento y disciplinas con financiaciones distintas.
  - Casi no hay ciencia aplicada y tecnologías suficientes.
  - Se debe revisar impacto en vinculación de los graduados
  - Reconocimientos en escalafones docentes que privilegian producción intelectual y los "aíslan" de pregrados y colegios.
  
2. ¿Cuáles son las principales tendencias que deberían considerarse para el fomento de vocaciones y formación de alto nivel en CTel?
  - Tendencia 4ta revolución industrial.
  - Interdisciplinariedad (no concentrados en un solo tema).
  - Tendencia a educación virtual / debilidad conectividad
  - Se requieren docentes con experiencia y sentido de formación doctoral.
  - Aprender a conseguir recursos por parte de las IES, docentes y de los estudiantes
  - Deben brindar estabilidad emocional
  - Se debe fomentar el emprendimiento y creación de empresa para condonación
  
3. ¿Cuáles serían los lineamientos de política y programas estratégicos que se propondrían?
  - Esfuerzos articulados de financiación que no sean apuestas individuales.
  - Demandas del país articuladas con fortalezas de las regiones.
  - Doctorados no para publicar sino para transformar el entorno.
  - Incluir competencias blandas en la formación.

- Mecanismos de financiación y colaboración nacionales e internacionales.
- Grupos de Excelencia, redes y grupos de investigación.
- Redes de oferta e investigación doctoral.
- El estado debe valorar e incentivar a los doctores. Incentivar la formación financiada desde el estado.
- Alfabetización de las empresas sobre los beneficios de invertir en investigación e innovación.
- Se debe apostar a los temas fuertes para el país.

En un ejercicio de contraste de ideas, entre lo propuesto por el autor y las categorías descritas en el resumen de la relatoría, se puede observar que existe coherencia entre las ideas de las dos propuestas, que, aunque en diferente orden, las acciones, iniciativas y estrategias apuntan a corregir los problemas estructurales descritos en esta investigación, intentando modificar los mecanismos causales identificados, lo cual verifica y valida lo desarrollado por el autor.

## 7.2 La Etapa de Acción

Finalmente, la etapa de *acción* supone la implementación de cambios deseables y alcanzables desde la gobernabilidad del investigador, donde se intenta mejorar la situación actual de la TC U-R en las regiones colombianas, en torno a los tres problemas estructurales mostrados en este proceso investigativo, los cuales se pueden resumir en: escasez de graduados e investigadores, falta de alineación entre la oferta de las IES y la demanda de las regiones y la falta de articulación y colaboración entre las universidades y las organizaciones productivas y sociales de los departamentos. Problemas estructurales que se ven modificados por los mecanismos causales que se identificaron en este trabajo, los cuales son la alineación, la absorción, la pérdida de conocimiento y la complejidad de la estructura productiva.

Por lo tanto, esta parte del documento muestra las actividades y acciones académicas y técnicas en las que el desarrollo de esta tesis ha aportado, tanto de manera directa, como alterna para mejorar los problemas descritos en torno a la TC -UR desde la etapa de identificación.

### 7.2.1 Acciones Para Mejorar la TC U-R

#### 1. Conceptualización del Ecosistema de Innovación Transferencia y Emprendimiento – ITEM- de la Universidad Nacional de Colombia, bajo Resolución 276 de 2020

En el contexto del proyecto “Avanzando hacia una sociedad de conocimiento desde la extensión”, desde la Dirección Nacional de Extensión y Propiedad Intelectual –DINEPI- en la Vicerrectoría de Investigación, el autor contribuyó en la fundamentación teórica del Ecosistema de Innovación Transferencia y Emprendimiento para la Universidad y sus 9 sedes. Ello ayudó a la consolidación del sistema en mención a nivel nacional. De manera alterna, en este mismo proceso de conceptualización de los ecosistemas ITEM, se generaron aportes y sugerencias para la modificación de la Política de Innovación y Gestión Tecnológica como parte de la Política de Extensión de la Universidad Nacional de Colombia.

Los trabajos escritos producto de esta actividad fueron:

1. “Innovación Institucional de la Universidad”: documento en el cual se realizó una revisión del estado del arte en torno a cómo se entiende la innovación en el contexto organizacional de las IES en el cumplimiento de sus tres misiones (Melo-Román & Ramos-Pachón, 2020a).
2. “La Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a las Organizaciones en los Ecosistemas de Innovación y Emprendimiento”: documento que muestra la revisión de la literatura en torno al conceptos de Conocimiento, Transferencia de Conocimiento, Transferencia de Tecnología, entre las universidades y las organizaciones del sector productivo y social de una región, y propone una visión de la TC como un ecosistema desde el punto de vista organizacional (Melo-Román, 2020).

3. “Una Visión Sistémica de los Ecosistemas de Innovación Transferencia y Emprendimiento en las Instituciones de Educación Superior”: documento que hace una propuesta acerca de un modelo general de un Ecosistema de Innovación, Transferencia y Emprendimiento, donde se presentan los componentes o subsistemas, la estructura, los procesos y los elementos que debe contener. El concepto que se propone tiene una estructura en capas, de tal manera que sobre el gran ecosistema de innovación se desarrolla el subsistema de transferencia de conocimiento, donde el emprendimiento es un canal o subsistema que transfiere tecnología y conocimiento tácito en forma de spin-off, start-up y que a su vez contribuyen a ampliar y complejizar el aparato productivo (Melo-Román & Ramos-Pachón, 2020c).
4. “Instrumento de Recolección de Información acerca de los Ecosistemas de Innovación Transferencia y Emprendimiento en las IES Colombianas”: el cual es un formulario de recolección de información basado en la revisión de la literatura (Melo-Román & Ramos-Pachón, 2020b). Instrumento que tiene los siguientes objetivos:
  - Caracterizar las IES respecto a Investigación, Innovación, Transferencia y Emprendimiento
  - Clasificar las formas de gestión en torno a la Innovación Transferencia y Emprendimiento
  - Determinar el grado de importancia que las IES le han otorgado a las actividades de Innovación Transferencia y Emprendimiento
  - Caracterizar el compromiso de las IES respecto al desarrollo de las regiones

## **2. Proyecto de Investigación “Lineamientos de Política de Formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación” bajo orden OSE 402 del 2020**

El autor participó como investigador principal en el proceso de diagnóstico y construcción de los lineamientos para la política de formación y vocaciones en CTeI de la Política Nacional de CTeI 2021-2030, en lo relacionado con Formación de Alto Nivel (Maestrías, Doctorados y pasantías Posdoctorales). Este proyecto fue dirigido por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo CID-UNAL, sus resultados fueron entregados a la Dirección de Formación y Vocaciones en CTeI del Viceministerio de Talento y Apropiación Social de Conocimiento de Minciencias

De este trabajo compartido entre cinco investigadores principales surgieron tres documentos base para la construcción de la política nacional de CTeI, y especialmente para la dimensión de formación de vocaciones y capacidades de las personas que asisten al sistema educativo colombiano en los niveles de preescolar, básica, media, pregrado, maestrías, doctorados y pasantías posdoctorales. Esos documentos son.

“Diagnóstico de la Formación de en Ciencia Tecnología e innovación”: en síntesis para la formación de alto nivel, el estudio detecta cuatro problemas estructurales: la escasez de capital humano formado en alto nivel con capacidades investigativas e innovativas; la falta de capacidad institucional y de infraestructura para formar en alto nivel; la falta de una política integradora que guíe hacia donde se debe desarrollar el país, desde un enfoque regional; y la falta de articulación entre la universidad la empresa/industria y la sociedad (UNAL-CID, 2020a)

“Documento Contextual y Conceptual”: inicialmente el documento muestra una descripción de cómo está Colombia en términos de contexto y la caracteriza en términos demográficos, socio-económicos y educativos. Posteriormente se dan los elementos conceptuales aplicados a cada nivel educativo-vocacional. Para el caso de formación de alto nivel se definen términos como innovación, formación para la investigación, investigación formativa y al final se propone un nuevo marco de política fundamentado en experiencias internacionales y las mega tendencias del mundo (UNAL-CID, 2020c).

“Lineamientos de Política y Plan Operativo para la Política de Fomento y Formación de Vocaciones en CTel”: este documento recoge un resumen concreto de los documentos anteriores, pero lo importante es que presenta las estrategias y posibles acciones que ayuden a mejorar las condiciones actuales respecto a las capacidades de CTel. Para formación de alto nivel se proponen estrategias de cómo dinamizar la demanda y cómo fortalecer la oferta de programas, se habla también de crear programas pertinentes a las necesidades regionales y dinamizar la comunicación y cooperación entre la universidad, el aparato productivo y la sociedad en pro de la articulación y la alineación (UNAL-CID, 2020b).

### **3. Construcción del Índice ITEM para la Universidad Nacional de Colombia y sus 9 sedes regionales, bajo orden OCO-02 del 2021**

Esta acción se llevó a cabo entre los años 2021 y 2022 y al igual que la primera, esta iniciativa se realizó en el contexto del proyecto de inversión “Avanzando hacia una sociedad de conocimiento desde la extensión”, desde la Dirección Nacional de Extensión y Propiedad Intelectual –DINEPI–, donde el autor contribuyó en la construcción de la primera versión del Índice Compuesto de Innovación, Transferencia y Emprendimiento (ITEM) al interior de la Universidad Nacional de Colombia y sus 9 sedes. La construcción de este índice ha tenido como objetivo verificar las fortalezas, las capacidades y los puntos de mejora de cada una de las 9 sedes. Se ha verificado desde los datos y desde la literatura que la presencia de las IES contribuye con la innovación y la competitividad de las regiones. En ese sentido, se quiere observar los aportes de las sedes de la UNAL que están localizadas en una región de influencia, sedes que aportan al desarrollo de un ecosistema regional ITEM. Este índice pretende visibilizar las iniciativas de investigación, extensión y emprendimiento que se han llevado a cabo para beneficiar organizaciones públicas, privadas y sociales externas a la universidad en cada una de las regiones. En adición, el índice ha buscado verificar las capacidades, necesidades y oportunidades comparativas y competitivas que tienen las sedes regionales.

Los trabajos escritos finales que fueron producto de esta actividad se describen a continuación:

1. “Índice de Innovación Transferencia y Emprendimiento en la Universidad Nacional de Colombia”: es el documento maestro que presenta el modelo conceptual, las cinco dimensiones medidas, las 23 variables utilizadas, el modelo estadístico, los resultados, los perfiles de cada una de las 9 sedes y los análisis respectivos en torno a la aplicación del modelo del índice ITEM propuesto. A partir de este modelo se pudo observar que las 9 sedes son organizaciones diferentes ya que tienen diferentes capacidades, necesidades y oportunidades (Melo-Román & Malagón-Prada, 2022b).

2. “Documento Técnico Metodológico para el Cálculo del Índice de Innovación Transferencia y Emprendimiento en la Universidad Nacional de Colombia”: este documento muestra detalladamente los procedimientos de preparación de datos, así como las formas de realizar los cálculos y ponderaciones por indicador y por dimensión para obtener el índice para cada sede (Melo-Román & Malagón-Prada, 2022a).

De manera alterna, como parte del desarrollo del proyecto, se participó en las reuniones semanales del equipo de trabajo del Sistema Nacional de Innovación Transferencia y Emprendimiento (SITE) de la universidad. Espacios en los cuales se brindaron algunas sugerencias para posicionar la ITEM desde el nivel nacional, buscando que sea declarada como una línea estratégica de desarrollo desde el Consejo Superior Universitario, lo cual es un legado y ejemplo para el país, ya que la Universidad Nacional estará transitando hacia una universidad de 4ª generación. Ello reconoce a la transferencia de conocimiento y al emprendimiento como un canal viable y de alto impacto que acelera la creación de activos de innovación y de nuevas empresas basadas en uso intensivo de conocimiento. Efectos deseables para generación de empleo de alto valor que mueve positivamente la complejidad de la estructura productiva de las regiones de influencia de la Universidad Nacional.

Adicionalmente, es importante decir que la implementación de proyectos de innovación y emprendimiento tienen una dinámica diferente y acelerada, en términos de asignación y uso de recursos. Al comparar esta situación a la realidad de cómo funciona la universidad y sus procesos administrativos, se ve que es necesario crear dinámicas que se ajusten a la velocidad de la innovación. En ese sentido, se propuso la creación de un nuevo proyecto de inversión dedicado a este tipo de iniciativas, así como una flexibilización de la normatividad para ganar autonomía y respuestas ágiles a la dinámica de la innovación. Ese proyecto estratégico de inversión fue formulado y aprobado para el año 2022, el cual se ha denominado “Innovación Transferencia de Conocimiento y Emprendimiento” con una asignación inicial de 3.000 millones de pesos. Finalmente, respecto a la flexibilidad de la normativa, el equipo del SITE ha venido participando en algunas modificaciones, por ejemplo, el manual de convenios y contratos que brinda cierta autonomía y respuestas en menor tiempo a las dinámicas de este tipo de proyectos.

#### **4. Docente tiempo parcial en la facultad de Ingeniería, Departamento de Ingenierías de Sistemas e Industrial.**

Durante los años 2021 y lo avanzado del 2022 se ha participado como docente tiempo parcial en el desarrollo de los cursos “Pensamiento Sistémico” e “Introducción a la Ingeniería de Sistemas” para el programa de “Ingeniería de Sistemas”. A través de estos cursos se ha promovido en los estudiantes la estructuración de proyectos, el uso de la tecnología como medio que potencia el alcance en la resolución de problemas sociales y técnicos, así como el emprendimiento como una forma de generar sus propios empleos al finalizar su programa educativo.

## 7.2.2 Eventos Académicos

### Documentos

- Melo, A., & Peña, J. (2017). Knowledge Transfer Phenomenon from Universities to Regions as a Multilayer Network. *4to Coloquio Doctoral Facultad de Ingeniería*, Bogotá, Colombia.
- Melo, A., & Peña, J. (2017). Knowledge Transfer Phenomenon from Universities to Regions as a Multilayer Network. *1st Latin American Conference on Complex Networks*. Puebla, México.
- Melo, A., Beck, C. L., Pena, J. I. & Pare, P. E. (2018). Knowledge transfer from universities to regions as a network spreading process. *4th IEEE International Symposium on Systems Engineering, ISSE 2018* - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/SysEng.2018.8544398>
- Melo, A., & Peña, J. (2019). Knowledge transfer from universities to regions as a network spreading process. *2nd Latin American Conference on Complex Networks*. Cartagena Colombia.
- Melo, A., Pena, J. I. & Días, A. F. (2022). Knowledge Transfer Aligment Between Universities and Regions. A Graduated Programs Perspectivte. *Journal of Technology Transfer* (artículo en evaluación)

### Pasantía

Como parte de desarrollo del trabajo de investigación se realizó la pasantía internacional en el “Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas Empresariales de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign en Estados Unidos, bajo la Tutoría de la Profesora Carolyn Beck. De esta experiencia surgió el desarrollo de dos modelos matemáticos-estadísticos que explican el fenómeno de transferencia de conocimiento vía capital humano (graduados STEM) como un proceso epidémico de movilidad de graduados de las IES a las regiones. Para proponer estos dos modelos el investigador fortaleció sus conceptos matemáticos y estadísticos tomando los cursos: “ECE 534 Random Processes”, GE- 524 Data-Based System Modeling en la Universidad de Illinois, e “ISYE6644 Symulation and Modeling for Engineering and Science” de Geogia Tech.

## 8. Conclusiones y Observaciones

Este aparte de la tesis aborda las conclusiones del trabajo investigativo. Se presentan conclusiones generales desde el marco teórico y el contexto. Conclusiones específicas desde la metodología y desde el proceso investigativo. También se presentan algunas recomendaciones para los actores del SIN, considerando que las acciones-recomendaciones específicas fueron presentadas en la etapa de evaluación. El capítulo finaliza sugiriendo posibles líneas futuras de investigación.

### 8.1 Conclusiones Generales

- Los sistemas de innovación son constructos teóricos que intentan explicar el papel de la innovación en el desarrollo económico, científico, tecnológico y social de estos sistemas sociotécnicos. Adicionalmente, el desempeño de los sistemas; en sus diferentes niveles (ya sean nacionales, regionales, sectoriales, locales) como también en cualquiera de sus configuraciones (triple, cuádruple, quintuple, o n-hélice); está regulado y determinado por la efectividad del proceso de TC entre sus actores. Es necesario decir que en este trabajo investigativo tal desempeño se evidenció en la cantidad de productos o activos de innovación y conocimiento, tales como patentes, modelos de utilidad y diseños industriales que se han producido en cada una de las regiones que fueron parte del análisis llevado a cabo. Es decir, la TC es el factor determinante del desempeño de cualquier tipo y configuración de los sistemas de innovación.
- La TC U-R puede ser considerada un subsistema complejo de los SRI. Este subsistema de TC tiene 5 formas o canales para hacer esa movilidad de activos de conocimiento. Esos canales son: las publicaciones y eventos académicos, el capital humano representado por los graduados, las iniciativas de emprendimiento de donde se derivan las spin-off y las start-up, la investigación colaborativa universidad-empresa, y la gestión de relaciones y redes entre las IES y las organizaciones externas. Ese conocimiento transmitido por los canales es adicionalmente impulsado o limitado por los intereses de las IES y su estrategia de desarrollo, por la capacidad de absorción y uso de ese conocimiento por parte de las organizaciones en las regiones, y por la dinámica de las relaciones e interacciones entre las IES y las organizaciones del aparato productivo. Relaciones que están supeditadas a la confianza y a la conciliación de intereses de los dos lados del fenómeno
- Desde un punto de vista secuencial, la TC U-R es un proceso que tiene como punto de partida el conocimiento generado en las universidades y en los centros de investigación. Este conocimiento es transferido bajo un mecanismo de difusión, principalmente vía interacción humana. Inicialmente ese conocimiento es codificado, desde un estado tácito a un estado explícito por la persona o las personas

que lo van a diseminar (transmisores). Seguido a ello, sucede la transmisión de ideas, hábitos, experiencias, donde las personas y organizaciones receptoras asimilan ese conocimiento en forma de información, lo clasifican y escogen según sus intereses y necesidades, donde luego lo incorporan a su estructura y a su ser (de estado explícito a tácito). Posteriormente ese conocimiento incorporado es transformado al combinarse con la experiencia, para finalmente ser usado y explotado por medio de la creación de nuevos productos, procesos e innovaciones. Donde, la capacidad de absorción de las organizaciones y las regiones comprende los estados de asimilación, clasificación, incorporación, transformación y explotación.

- El análisis de patrones y tendencias confirmó que la cantidad de sedes de IES en las regiones tiene una asociación positiva con el desempeño de estas regiones, ello en términos de innovación y competitividad al verificar el índice IDIC 2019 a 2021 en cada uno de los 33 departamentos de Colombia. De esa tendencia se puede deducir que, la influencia debido a la proximidad geográfica de las universidades aumenta o acelera la TC U-R, ello debido a que se benefician las interacciones entre las IES y las organizaciones de la estructura productiva de los territorios.
- Según los resultados de esta investigación, el fenómeno de TC U-R vía capital humano (de acuerdo a la metodología de identificación de sistemas) se pudo establecer que: con el primer modelo se identificó y verificó que la movilidad de graduados desde las IES a las regiones se puede explicar como un proceso epidémico S-I-S, donde la concentración de graduados de una región contribuye de manera cuadrática en la generación de productos de innovación. Con el segundo modelo se identificó y verificó que la alineación o coherencia de la oferta educativa, investigativa y de extensión con las necesidades y oportunidades de las regiones tiene una correlación positiva con el desempeño de competitividad e innovación de los departamentos. De tal manera que se demuestra la necesidad e importancia de movilizar la formación de capital humano de alto nivel en concordancia con los requerimientos de las regiones, ya que acelera los procesos de innovación. Lo anterior con el fin de hacer eficiente y focalizada la TC al formar individuos que serán absorbidos con una mayor oportunidad por la estructura productiva de esos departamentos.
- Los tres mecanismos causales que median y dinamizan el fenómeno de TC U-R, de acuerdo a los modelos estudiados son, *la alineación* desde el lado de las IES, *la absorción* y *la ineffectividad o pérdida de conocimiento* desde el lado de la región. Las intervenciones para modificar estos mecanismos con el fin de incrementar el conocimiento transferido U-R de manera efectiva, de tal forma que llegue a ser incorporado, transformado y usado de una manera adecuada, son intervenciones de gobernabilidad de la política pública y de los intereses de las universidades. Corregir la alineación se puede hacer de manera directa, si se influye con los incentivos necesarios para que las IES se interesen por desarrollar e interactuar de manera pertinente con los territorios. Mejorar esa alineación, a su vez estaría contrarrestando la ineffectividad de la TC, ya que el conocimiento transferido tendría una mejor oportunidad de ser absorbido. En contraste, mejorar la capacidad de absorción es un trabajo mancomunado que requiere una serie de intervenciones, las cuales deben generar y desarrollar más y mejores capacidades de CTeI, así como de competitividad en las regiones. Ello implica que, en un ambiente de colaboración-cooperación se deben incrementar las complejidades de los aparatos productivos departamentales, por lo cual se deben implementar estrategias y proyectos que generen más empresas, que desarrollen más proyectos investigativos aplicados a las necesidades de las

organizaciones, más iniciativas de emprendimiento y más instalaciones de innovación e infraestructura. Iniciativas que deberán tener la disciplina de focalizar los esfuerzos en temas en que las regiones tienen oportunidades comparativas con respecto a las demás, pero a su vez articuladas con la apuesta de desarrollo como nación.

## 8.2 Desde el Marco Teórico y el Contexto

- El concepto de los sistemas de innovación (SI) y en especial el de Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) es un constructo teórico que fue acuñado por Freeman (1995), que a su vez proviene de las ideas de los sistemas nacionales de economía política en Alemania propuestos por Frederick List en 1841 (List, 1997). Concepto que intenta explicar el papel de la innovación en el desarrollo económico, social y científico-tecnológico de los países, regiones, sectores económicos y sociales. Son sistemas que están constituidos por entidades públicas y privadas, entre ellas las instituciones de gobierno que impulsan, regulan y financian la CT&I, universidades que generan conocimiento, empresas privadas que innovan y producen desarrollos tecnológicos, financiadores particulares, intermediarios y aceleradores de las innovaciones. Este constructo intenta explicar las formas de organización y las interacciones que se dan entre el Estado, las Universidades, las Empresas, la Sociedad, y el Medio Ambiente para fortalecer la innovación, donde el flujo de conocimiento (producción, transferencia, explotación y uso) entre sus actores y el aprendizaje se presentan como los elementos dinamizadores que permite construir o potenciar las capacidades innovativas que impactan el desarrollo económico, científico, tecnológico y social de una zona geopolítica o sectorialmente localizada (Carayannis & Campbell, 2011).
- Los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) son una extrapolación del concepto de los SNI propuestos por P Cooke (2004), Philip Cooke et al. (1997) hacia las regiones internas de un país o de un continente. Concepto que tiene su origen en la geografía económica, que intenta compensar el supuesto de homogeneidad de desarrollo de las regiones al interior de los países. Un SRI se define como un territorio limitado geopolíticamente, el cual posee relaciones y dinámicas que promueven la innovación como fuente de crecimiento económico y de bienestar dentro de esa región. El enfoque sistémico del concepto ha sido usado para el desarrollo de esta tesis, de tal manera que el SRI está compuesto por 5 subsistemas: 1) el subsistema de generación de conocimiento conformado por las IES y los institutos de investigación que generan conocimiento; 2) el subsistema que usa el conocimiento para innovar por medio de las organizaciones de la estructura productiva; 3) el subsistema de los agentes y agencias que apoyan la innovación, tales como parques tecnológicos, incubadoras e incluso las Unidades de Transferencia de Conocimiento (UTC, OTI, OTRI) y empresas altamente innovadoras; 4) el subsistema que financia las actividades de innovación; y 5) el subsistema formado por las organizaciones gubernamentales y las agencias de desarrollo regional que regulan, promueven y priorizan toda la serie de actividades en torno a la innovación en la región política y económicamente autónoma.

- Los modelos de innovación intentan explicar la forma de cómo fluye o se difunde la innovación desde que se genera conocimiento, se transfiere, se explota, hasta cuando se usa o se crea alguna innovación en las organizaciones productivas. En la historia han surgido diferentes modelos, entre ellos:

El Modelo Lineal (modo 1) o paradigma tecno-económico de Vannevar Bush en 1945 quien propuso que la ciencia es el motor del desarrollo económico y del bienestar de la sociedad de un país, por tanto, es deber de los gobiernos impulsar el desarrollo científico y tecnológico desde la política pública. El modelo propuso que la innovación es una sucesión de la investigación básica, investigación aplicada, transferencia, tecnología, e innovación (Gibbons et al., 1994; Sanz Merino, 2008). Modelo que ha sido criticado por su posición disciplinar que no toma en cuenta la participación de otros actores, ni en su diseño, ni en su implementación por su alto grado de especialización. El Modelo No Lineal (modo 2) propone que la producción de conocimiento debe responder a las necesidades de quienes demandan ese conocimiento, por lo tanto, es un conocimiento aplicado, que tiene como base un sistema realimentado, interactivo y recursivo, donde el flujo de información se presenta en doble vía y ha permitido brindar soluciones a la realidad de las organizaciones y la sociedad (Carayannis & Campbell, 2010; Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). La crítica a este modelo radica en que la producción de conocimiento sigue estando en manos de un solo lado del sistema (el subsistema generador), limitando a individuos y organizaciones especializadas dicho conocimiento, lo cual continúa reproduciendo las desigualdades de la sociedad.

Los modelos Triple y N-Hélice: El modelo Triple Hélice es una aplicación del modo 2 de producción de conocimiento y da gran relevancia a las interacciones entre las tres hélices Universidad-Estado-Empresa. La universidad como generadora de conocimiento científico y tecnológico, el estado como acelerador y regulador de las relaciones, y las empresas como el espacio donde se da la innovación productiva. En este modelo aparece la universidad emprendedora, la cual actúa como un dinamizador del desarrollo regional, que complejiza la estructura productiva, ya que contribuye con la incubación de firmas de base tecnológica y promueve la articulación de los intereses entre la universidad y la empresa. Los modelos Cuádruple y Quintuple Hélice son una extensión del modelo Triple Hélice que adicionan como nuevas hélices a la sociedad y el medio ambiente respectivamente. Del modelo Cuádruple Hélice en adelante aparece el modo 3 de generación de conocimiento, ello se ve representado en perspectivas de co-evolución, co-desarrollo y co-especialización. Ello sugiere la creación participativa de conocimiento por parte de los actores que harán uso y serán beneficiarios de la explotación de ese nuevo conocimiento. Este tipo de sistemas promueven la interdisciplinariedad y el desarrollo de una sociedad ecológica y socialmente sostenible. Los Modelos N-Hélices proponen la creación de las hélices requeridas (después de la tercera) asociadas a los desarrollos en especialidades regionales, las cuales se pretendan abordar (Carayannis & Campbell, 2010, 2011, 2012; Lew & Park, 2021).

De los documentos de política revisados como los Planes de Desarrollo 2014-2018 y 2018-2022, así como los documentos de Política Nacional de CTeI 2015-2025 (borrador) y 2022-2031 (CONPES 4069), se puede argumentar que hasta ahora el diseño de las políticas de CTeI para el país se ha regido por el modelo triple hélice, del cual se tiene como logro la consolidación de las métricas que ha hecho que el país sea comparable con el mundo. En la reciente historia de Colombia, el gobierno ha realizado importantes esfuerzos para formar capital humano, mejorar la calidad educativa de las universidades,

ha promovido la innovación y el desarrollo, pero lo ha hecho desde un ámbito central y ha descuidado la diversidad en torno a las necesidades y capacidades de los territorios. También ha trabajado de manera desarticulada, puesto que las acciones desde el sector científico y educativo han dejado por fuera el sector productivo y viceversa. Para corregir los efectos de la centralización de los últimos 30 años, los documentos de política descritos dan énfasis al desarrollo regional, pero nuevamente bajo un esquema reduccionista de llevar ciencia y tecnología, donde realmente se hace necesario desarrollar capacidades. En conclusión, el diseño y desarrollo de la política pública de CTel en el país debe transitar hacia un modelo cuádruple o quíntuple hélice para que se puedan articular los intereses de los actores, entre ellos los gobiernos locales, las IES, las organizaciones productivas y sociales, cuidando el medio ambiente para garantizar un desarrollo equitativo y sostenible.

- El desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación en Colombia está íntimamente relacionado con la evolución de Colciencias-Minciencias, el cual en este documento se ha presentado en 6 periodos. También se tiene que cada país define la estructura de sus sistemas de innovación de acuerdo a sus necesidades y particularidades. Colombia en la Ley 1651 de 2019 propuso una macroestructura denominada el Sistema de Nacional de Competitividad e Innovación SNCI (Colombia-DNP, 2022), dentro del cual está definido el SNCTeI, según la Ley 1286 de 2009, sistema que ha sido objeto de estudio y caracterización de esta investigación. Adicionalmente se consideró que los SRI son una extrapolación o isomorfismo de los SNI (ver Figura 1.11) a nivel regional-departamental, de tal manera que se definió que este tipo de sistemas, tanto el SNI como los SRI, tienen 5 subsistemas: *el productivo* formado de empresas e industrias y gremios productivos; *el tecnológico* o aceleradores de innovación como los parques y centros tecnológicos; *el científico académico* que genera conocimiento formado por IES, institutos, laboratorios y grupos de investigación; *el financiero* que brinda los recursos para la innovación conformado por bancos de primer y segundo piso, así como de fondos de riesgo; y el *facilitador* formado por entidades gubernamentales y agencias que formulan y despliegan la política de CTel.

Respecto a los SRI, el desarrollo de este trabajo de investigación supone que cada uno de los 33 departamentos pueden ser considerados como un SRI, ya que son territorios geopolíticamente definidos, con autonomía suficiente para definir y ejecutar su política de CTel, de los cuales Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Santander y Norte de Santander han sido los más estudiados por ser relevantes, ya que ellos contribuyen con el 64.8% del PIB del país. Sumado a ello, se tiene el proyecto Diamante Caribe (con 11 departamentos) que desde el 2014 se encuentra en construcción. Existe entonces una visión e información limitada de los demás territorios, de ahí que sea necesario desarrollar un ejercicio prospectivo para los demás SRI departamentales, donde se caractericen e identifiquen sus aportes, capacidades (universidades), recursos, necesidades y oportunidades. Ello con el fin de diseñar y desarrollar una política regional de largo plazo, alineada con sus apuestas de desarrollo territorial, las cuales deberían estar en línea con los 8 focos de la Misión de Sabios del 2019.

- Este trabajo de investigación ha hablado acerca de la TC, más su objetivo no es discutir qué es el conocimiento. Pero sí se ha argumentado que existen diferentes perspectivas, donde el conocimiento puede ser abordado como: un estado de la mente; como un objeto administrable que se puede transar; como un proceso de aprendizaje y uso del mismo; como un privilegio de acceso a la información; y como una capacidad de asimilar, discriminar, absorber, transformar y usar ese conocimiento. De las cuales, las perspectivas relevantes para el desarrollo de esta investigación han sido: ver el conocimiento

como un objeto que se puede transmitir y gestionar; como un proceso; y como una capacidad que tienen las regiones para dar uso a ese conocimiento generando desarrollo y bienestar. También se ha propuesto que los tipos de conocimiento que son relevantes para explicar la TC son el conocimiento tácito, el explícito y el implícito. Donde el conocimiento *tácito* se refiere a las formas de hacer y se transfiere con la observación y la aplicación; el conocimiento *explícito* que está sistematizado, documentado y organizado, el cual se puede comunicar; y el implícito que es el estado de transición entre el tácito y el explícito en sus dos sentidos. Se describe lo anterior porque en el fenómeno de TC, la transición entre estos tipos de conocimiento se da permanentemente, considerando los postulados de Alexander & Childe (2012, 2013); Bourdieu & Passeron (1996, 2009) que proponen que la TC se da debido a la interacción humana continua al interior de las organizaciones o de un grupo social.

El fenómeno de TC se puede explicar como sigue: si una persona posee cierto conocimiento específico y requiere transmitirlo, lo primero que sucede es que el transmisor debe *codificar* el conocimiento tácito que está en su cerebro a conocimiento explícito, ello para poder comunicarlo. De manera consecutiva se da la *transferencia*, donde se crea la oportunidad de aprendizaje para el individuo receptor. Entonces, el receptor de acuerdo a sus condiciones intelectuales, intereses, experiencia y *capacidad de absorción recodifica* el conocimiento explícito recibido en tácito y lo guarda en su mente para luego ser usado en alguna aplicación de mejora o de innovación.

En ese sentido, retomando los dos párrafos inmediatamente anteriores, es necesario promover la interacción entre conocedores y aprendices por medio de la llegada de más graduados y la implementación de proyectos aplicados de investigación y de emprendimiento, los cuales deben tener la participación de las personas y organizaciones regionales. Ya que con la llegada de nuevos graduados y la implementación de estas iniciativas de manera local, se incrementa el conocimiento transferido, por lo tanto, se desarrolla o mejora las capacidades y potencialidades innovadoras de las organizaciones.

- Existe evidencia teórica y empírica que TC U-R es un componente o subsistema de los SRI. También se ha argumentado que el desempeño de estos sistemas depende de la calidad y cantidad de conocimiento transferido y aprendido por las organizaciones localizadas en la región. Esta TC ha sido abordada desde varias aproximaciones, entre ellas: la difusión, dada como el fenómeno de libre movilidad de conocimiento en un efecto de spill-over; la transferencia con un objetivo específico, con un transmisor, canal y la autonomía del receptor si absorbe o no el conocimiento que le ha llegado; la transferencia de tecnología (TT) relacionada al licenciamiento y a la comercialización del conocimiento; la colaboración/cooperación universidad-empresa/industria que ve a la TC como un proceso en doble vía que intenta articular las necesidades de la industria con lo que se genera desde las IES. De tal manera que, para englobar las anteriores perspectivas, fundamentado en los autores prominentes de este trabajo, el autor de la tesis ha propuesto que la TC es:

*“El proceso constituido por toda la serie de actividades de intercambio de conocimiento, tecnología, experiencia y capacidades de colaboración entre los actores de los sistemas de innovación, ya sean nacionales, regionales, sectoriales, locales etc. Para el caso en particular, la transferencia de conocimiento hace referencia a la movilidad de los activos de conocimiento desde y hacia las universidades para que sean aplicados más allá de sus límites y generen beneficios en la economía y en la sociedad” (Fernández-Esquinas & Pérez-Yruela, 2015; Galán-*

*Muros & Plewa, 2016; Hamm et al., 2012; Jaeger & Kopper, 2014; Holi et al., 2008; Stawasz, 2015; Zygmunt, 2014).*

- Para estudiar la TC, se hizo uso de diferentes teorías y conceptos entrelazados como se puede ver en el desarrollo de la investigación. Esa articulación inicia con explorar y entender a los SRI desde su determinación como una región geográfica y políticamente definida, por tanto, autónoma en decidir sus políticas regionales de innovación y de desarrollo. En dicho sistema, se presentan relaciones asimétricas y realimentadas entre actores heterogéneos, quienes toman decisiones particulares y que a su vez generan comportamientos emergentes e inesperados para el sistema. De tal manera que, los SRI pueden ser considerados *sistemas complejos*. Adicionalmente, sobre ese sistema complejo existe una estructura de TC vía capital humano que va desde las IES hacia las regiones, de tal modo que esa estructura se puede entender como una red compleja. Dicha red se compone de universidades y organizaciones que son consideradas nodos de diferentes capacidades y necesidades. En ese sentido, la movilidad de los graduados STEM puede tomar diferentes caminos para ir desde las IES a las organizaciones de las diferentes regiones. De manera complementaria, ese fenómeno de movilidad a su vez presenta las características de un *proceso epidémico* sobre redes complejas, en el cual se identificaron los mecanismos causales que regulan dicha movilidad. Finalmente, la TC se da por la interacción humana de manera continua, ya que el conocimiento, según Alexander & Childe (2012, 2013) y Bourdieu & Passeron (1996, 2009), *se contagia, se hereda, se enseña y se aprende*.

Nuevamente, el país debe promover ese contagio de conocimiento como parte de la solución, con el fin de mejorar las condiciones y las capacidades de las organizaciones en los territorios. Regiones que han sido relegadas a la aplicación de la política pública bajo una visión centralizada de la misma.

### 8.3 Desde el Realismo Crítico como Paradigma de Investigación

- La aplicación del Realismo Crítico (RC), como paradigma de investigación en el desarrollo de esta tesis, está ligado a la naturaleza de la TC, ya que es un fenómeno que tiene elementos de los dos grupos paradigmáticos investigativos descritos en el capítulo 3 (ver Figura 3.1), grupos que tienen sus extremos en el positivismo y en el constructivismo. El haber tomado una posición desde el RC se ha debido a que la TC sucede sobre un sistema sociotécnico, donde convergen los intereses de individuos y de organizaciones como el gobierno, las IES, las empresas y demás organizaciones públicas y privadas. Sistema donde suceden interacciones que son mediadas por componentes artificiales, como la tecnología, las normas, las políticas educativas y científico-tecnológicas, tanto de nivel nacional como regional. De tal manera que, al estudiar dicho sistema sociotécnico complejo se ha pretendido entender los mecanismos causales que mueven la TC, con el fin de definir las posibles acciones que se pueden realizar para dinamizar el fenómeno en estudio.

Entonces, tomando en cuenta las posiciones del RC respecto al fenómeno de TC se tiene que: a) Desde la *posición ontológica*, la TC U-R es un fenómeno que existe independiente de la existencia del investigador y del conocimiento que este tenga del fenómeno. b) Desde la *posición epistemológica*, la construcción de

conceptos y explicaciones de cómo funciona la TC en Colombia está ligada a las interpretaciones que hace el investigador de manera subjetiva, de ahí que “la esencia del objeto como una realidad absoluta no pueda ser alcanzada”. c) Desde la *posición metodológica*, el RC habilita la combinación de múltiples métodos (cuantitativos, cualitativos, mixtos) para identificar, apreciar, analizar desde sus mecanismos hipotéticos que explican los comportamientos emergentes vistos en tendencias, así como las estructuras que se perpetúan a lo largo del tiempo. Adicionalmente, la variedad de métodos utilizados ha permitido evaluar los mecanismos hipotéticos y los encontrados, probar su validez, para generar acciones que corrijan los problemas estructurales que no hacen ni eficaz ni eficiente la TC en las regiones colombianas. d) Desde la posición axiológica, el RC habilita el reconocimiento de los valores personales, culturales, éticos y científicos que influyen en la interpretación de los resultados y en las propuestas que el investigador pueda realizar sobre el fenómeno de la TC U-R para el país.

Es necesario declarar los sesgos que le ha dado el investigador a este trabajo, puesto que es una visión desde la ingeniería, la estadística descriptiva y la identificación de patrones, donde el componente cuantitativo y sus métodos sobresalen sobre los demás. Adicionalmente, las propuestas para dinamizar la TC U-R se han dado en torno a las acciones que se deberían realizar desde la política pública, la cual es propia del gobierno, así como de las políticas y estrategias de las IES. De tal modo que, las propuestas se dieron en un esquema de diseño top-down, sin considerar, en una primera aproximación, que las comunidades, las organizaciones y el medio ambiente de los territorios también pueden contribuir de manera colectiva en la construcción de políticas productivas, educativas y de CTeI que legitimen las necesidades y oportunidades actuales de los territorios.

## 8.4 Desde la Identificación y Apreciación

- La etapa de identificación se realizó desde dos aproximaciones, una social y una científica. Desde la perspectiva social, se mostró que el país tiene tres problemas estructurales en torno a la TC U-R vía capital humano de alto nivel:

El primer problema es la escasez de capital humano formado en alto nivel (maestrías y doctorados), ya que estos individuos son los potenciales investigadores y quienes tienen habilidades en CTeI. Se ha demostrado que ellos aportan en la creación y transferencia de conocimiento, así como en la innovación y el emprendimiento. Los datos muestran que entre 2001 y 2018 solo el (3,4%) de graduados en el país lo hicieron en maestrías y doctorados, de los cuales solo (0,1%) se formaron como doctores. Adicionalmente, el país tiene para el año 2019 335<sup>62</sup> investigadores por millón de habitantes, que al compararse con el promedio de Latinoamérica y el Caribe de 985<sup>63</sup> y con el promedio de los países de la OECD de 4.336<sup>64</sup>, sigue existiendo una brecha en la cantidad de investigadores (UNAL-

---

<sup>62</sup> Cálculos realizados con el número total de investigadores y la población colombiana a noviembre de 2021

<sup>63</sup> Cálculos realizados con el número total de investigadores para la población en LAC con datos del 2018 tomados de [http://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=CPERSOPF&start\\_year=2009&end\\_year=2018](http://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=CPERSOPF&start_year=2009&end_year=2018)

<sup>64</sup> Fuente: Global Innovation Index 2019.

CID, 2020). De los datos de educación también se observa que Colombia en el 2021 graduó a 932 doctores y a 27.727 en maestrías, que si lo comparamos con España, un país de similar en el número de habitantes, en el mismo periodo graduó 9.353 doctores y 131.267 en maestría, aproximadamente 10 y 5 veces más graduados que en Colombia respectivamente (España-Ministerio de Universidades, 2022). Otro elemento para considerar es que, si esto se compara regionalmente, existen brechas pronunciadas de capital humano, donde las regiones más importantes tienen una mayor concentración de estas personas. En síntesis, Colombia debe aumentar la formación de capital humano en maestrías y doctorados, para que el país se fortalezca en la creación, transferencia y aplicación de conocimiento, emprendimiento social, tecnológico e innovación, con el gran reto que beneficie a las regiones.

El segundo problema estructural tiene que ver con la falta de alineación entre la oferta educativa, investigativa y de extensión entre las IES y las necesidades y oportunidades de las regiones. Problema que es desarrollado en la etapa de apreciación que complementa el modelo básico conceptual. La falta de alineación ha causado que exista poca pertinencia entre los programas y proyectos ofertados por las universidades y los procesos de investigación, transferencia e innovación, donde el capital humano es el elemento primordial para mejorar o construir capacidades para generar, identificar, difundir, absorber, transformar el conocimiento en innovaciones considerando las necesidades y ventajas comparativas de las regiones, que al final del ejercicio, contribuyen con el desarrollo socioeconómico de los territorios.

El tercer problema del país es la falta de articulación, cooperación y colaboración entre las universidades y las empresas-industrias, las organizaciones públicas, así como también con las organizaciones sociales de las regiones. Este inconveniente limita los procesos de conciliación de intereses entre las IES y la estructura productiva de los territorios. Es necesario generar un ambiente de confianza por medio de la comunicación y la gestión de relaciones de forma bidireccional, de tal manera que investigaciones, innovaciones, y activos de conocimiento potencialmente aplicables y comercializables sean conocidos por las organizaciones externas a las IES, así como las potenciales necesidades del sector productivo sean conocidas por las universidades. Ello con el fin de realizar proyectos investigativos y de innovación de manera colaborativa-cooperativa que resuelva problemas aplicados y generen soluciones pertinentes y ajustadas a las realidades, lo cual promueve la confianza y la generación de recursos para desarrollar y apalancar nuevas iniciativas. Ya que la desarticulación presente en el país ha generado desalineación, por tanto, ineficiencias e ineffectividades en la TC U-R.

- Desde el punto de vista científico, el fenómeno de TC U-R vía capital humano puede ser considerado un subsistema de los SRI, donde la efectividad con la que se da esa TC determina el desempeño de los SRI. En este trabajo presentan dos aportes. El primero es dar una explicación al fenómeno de TC vía capital humano, haciendo uso de un modelo matemático-estadístico que explica la movilidad de los graduados de las IES hacia las organizaciones de las regiones como un proceso epidémico. En él se identificó a la capacidad de absorción (CA) y el parámetro de olvido o de no uso de conocimiento como los mecanismos que median dicha difusión. Seguido a ello, también se identificó que la cantidad de graduados en una región afecta de manera cuadrática y la estructura productiva de manera lineal la producción de activos de conocimiento (patentes, modelos de utilidad y diseños industriales), de tal manera que se reafirma la importancia del capital humano en el impacto sobre el desarrollo científico y tecnológico de los territorios.

El segundo aporte es la explicación teórico-empírica del proceso de alineación universidad-región entre la oferta educativa, investigativa y las necesidades y oportunidades de las regiones. Alineación que, según los resultados, tiene una correlación positiva con el desempeño en competitividad e innovación de los departamentos de Colombia. El autor de este trabajo considera que la alineación es el mecanismo que se puede corregir de manera relativamente rápida, con política aplicada por parte de las IES y las carteras de MinCIT, del MEN y Minciencias, política encaminada desarrollar las potencialidades de las regiones en base a un ejercicio de prospectiva regional articulada con la Misión de Sabios de 2019

- Desde la re-descripción, el modelo conceptual acerca de la TC fue construido en base a la literatura revisada y se propuso como un modelo de tres lados: 1- el lado de las IES quienes ofertan los programas y proyectos educativos, de investigación y extensión. Instituciones que crean su oferta de acuerdo a la política del país y de la región sumado a sus intereses, de tal manera que aparece el mecanismo de alineación respecto a los requerimientos de las regiones. 2- Al otro lado está la región, que identifica, interpreta, transforma y explota, en otras palabras, absorbe y usa ese nuevo conocimiento para generar nuevos productos, servicios, activos etc., que al final del día representan desarrollo y bienestar para las comunidades que son afectadas positivamente por la presencia de las IES. 3- El tercer lado es el representado por los canales o flujos de conocimiento (transferencia básica, capital humano, emprendimiento, investigación colaborativa, movilidad y redes), los mecanismos y acciones que hacen que suceda esa movilidad de conocimiento desde las universidades a las organizaciones productivas y sociales de las regiones (ver aparte 5.4).

## 8.5 Desde los Modelos Explicativos y el Análisis

Para explicar la TC se presentaron dos modelos complementarios:

- El primer modelo explica la movilidad de graduados (difusión) desde las IES hacia las regiones, las cuales tienen diferentes capacidades para absorber ese conocimiento; y cómo la concentración de estos graduados STEM contribuyen a la generación de productos de conocimiento (patentes, modelos de utilidad y diseños industriales). La metodología de identificación de sistemas evidenció que la difusión de conocimiento de las universidades a las regiones (vía capital humano) puede explicarse como un proceso epidémico de estructura susceptible-infectado-susceptible (SIS) en una red dirigida, donde los parámetros de difusión están relacionados con la capacidad de absorción de los egresados y la ineficacia para que algunos egresados, previamente transferidos, sean absorbidos por la estructura productiva territorial. El modelo ha sido capaz de explicar la heterogeneidad de la CA de las regiones. Adicionalmente, el modelo ha explicado cómo los productos de conocimiento generados tienen una dependencia cuadrática con respecto a la concentración de egresados STEM y una dependencia lineal con respecto del índice de complejidad de la estructura productiva.

La verificación mostró coherencia y ajuste del modelo propuesto con respecto a la realidad, ello porque replicó las tendencias y patrones de evolución de los sistemas regionales evaluados y del sistema en general. Adicionalmente se evidenció diferentes niveles de ajuste para cada región. Los menores errores de simulación se presentaron en regiones con mayor complejidad productiva y viceversa. Esta situación

se produjo porque las regiones desarrolladas tienen mayores concentraciones de graduados, empresas, universidades e infraestructura, de tal manera que tienen más oportunidades en generar una mayor cantidad de productos y activos de conocimiento, por tanto, un mejor desarrollo científico-tecnológico.

Existe un círculo virtuoso entre los graduados de STEM, los productos de conocimiento y la complejidad de las estructuras productivas regionales, como sigue: Los graduados, que se difunden desde las IES a las regiones, son absorbidos por la estructura productiva. Esa concentración de graduados genera nuevos productos, nuevos activos de conocimiento y se constituyen nuevas necesidades empresariales, tales como proyectos de investigación colaborativa y emprendimiento. Estas iniciativas, en un futuro próximo, serán el origen de nuevas empresas basadas en el uso de conocimiento, tales como spin off, start up y de servicios complementarios. Por lo tanto, se mejorará la complejidad de la estructura productiva, y estas nuevas empresas emplearán a más graduados. Como consecuencia, habrá una mejora tanto científico-tecnológica, como socioeconómica en los sistemas regionales de innovación.

- El segundo modelo conceptualiza, identifica, verifica la existencia de la alineación U-R como fenómeno, ello por medio de la construcción de un índice de alineación departamental IAD y valida la relación que existe entre la alineación U-R y el desempeño de los departamentos colombianos, como sigue:

En primera instancia el modelo conceptual argumenta que el conocimiento ofertado por las IES debe ser coherente con las necesidades y las potencialidades de los territorios, con el fin de acelerar el desarrollo de los mismos. El concepto de *alineación U-R* es abordado desde la perspectiva organizacional y es extrapolado a las universidades como parte de los sistemas regionales/nacionales de innovación. Se ha planteado que la alineación U-R es un proceso continuo y multinivel, el cual verifica la coherencia de manera vertical de las políticas de las universidades con las políticas y estrategias del gobierno nacional y regional. De igual manera, la alineación es horizontal, ya que verifica la consonancia de las políticas de universidad con la implementación de las estrategias a nivel de departamento y de las facultades. Adicionalmente, es externa, ya que verifica la conformidad de las políticas, planes, programas y proyectos con la demanda de las regiones. También se dice que, la alineación es interna, al armonizar los planes y proyectos misionales con la estrategia organizacional. En consecuencia, el grado de alineación o consonancia de la oferta de las IES con las necesidades y oportunidades de las regiones es causal directo del desempeño y desarrollo de estos los SRI, ya que, a una mayor alineación, mayor es el conocimiento transferido.

En segunda instancia, para identificar los mecanismos y verificar las tendencias de la alineación U-R vía capital humano, este trabajo construyó un índice de alineación departamental I<sub>AD</sub>, bajo un modelo agregado, el cual consideró 5 variables: 3 factores del lado de la demanda, los cuales verificaron la presencia de apuestas productivas y de CT<sub>El</sub> en las regiones, y 2 variables continuas del lado de la oferta, que representan el capital humano de graduados e investigadores. La aplicación del índice de alineación identificó que los graduados de maestrías y doctorados más los investigadores son las variables que aportan el 80% a la alineación U-R. Por lo tanto, es importante que Colombia por medio de su política de formación y vocaciones de CT<sub>El</sub> fomente la formación de alto nivel focalizada en desarrollar capacidades y en aprovechar oportunidades que tienen las diferentes regiones del país.

También se observó que las apuestas productivas aportan un 12.2%, lo cual implica que se deben hacer mayores esfuerzos de promoción y articulación de este tipo de iniciativas. En contraste, se observó que la presencia de iniciativas de CTeI incluidas en los PAED tiene un peso ponderado del 0.27%, lo cual se puede interpretar como la baja pertinencia de ese tipo de proyectos, los cuales se deberían re-focalizar en concordancia con las capacidades de capital humano y demás recursos para su ejecución. De manera adicional, se comprobó la existencia de una correlación positiva entre la alineación U-R y el desempeño de las regiones medido por el Índice Departamental de Innovación y Competitividad – IDIC 2019- 2021 .

El cálculo de  $I_{AD}$  evidenció nuevamente las brechas pronunciadas en la TC U-R de las regiones periféricas menos complejas, cuando estas fueron comparadas con las regiones centrales y de mejor desarrollo, tendencias que se pueden mejorar desde la intervención del estado, llevando educación y capacidades de CTeI a los territorios.

Con los hallazgos tras la aplicación del segundo modelo, se puede concluir que los tres problemas estructurales que Colombia presenta en torno a la TC vía capital humano (escasez, alineación, articulación-colaboración) se pueden mejorar si desde la formulación de la política pública educativa y de CTeI, se promueve una oferta coherente y pertinente entre los programas y proyectos de formación de alto nivel (maestrías y doctorados), los servicios de investigación y emprendimiento de lado de las IES y las necesidades y las potencialidades de los territorios. Estudios recientes como UNAL-CID (2020a, 2020b) sugieren como estrategia el desarrollo de las áreas STEAM desde la movilización de la oferta, para lo cual es necesario tener en cuenta la oportunidad de desarrollo de los focos de conocimiento, emprendimiento e innovación de las regiones. Lo anterior aumentaría la cantidad de investigadores en áreas de conocimiento requeridas y de alta proyección, creando mejores capacidades de CTeI y recursos en los territorios. También generando más emprendimientos y nuevas empresas, ayudando a incrementar la complejidad y la sofisticación del aparato productivo. En ese sentido, las regiones demandaran mayor cantidad de capital humano, tanto para universidades como para las organizaciones productivas.

Una crítica al desarrollo de los modelos es que han sido construidos en base a los datos y los resultados que son evidencias empíricas registradas en las diferentes bases de datos y repositorios de las diferentes entidades públicas y privadas que fueron fuente de esta investigación, de tal manera que son modelos técnicos y reduccionistas (isomorfismos recursivos en su estructura), si estos son vistos o evaluados por personas e investigadores de tendencia cualitativa.

## 8.6 Desde la Evaluación y la Acción

- Considerando que la etapa de análisis identificó y verificó que los mecanismos causales que dinamizan la TC U-R son la alineación, absorción, pérdida de conocimiento, y complejidad de la estructura productiva, en el proceso de evaluación se documentaron algunas alternativas para mejorar la situación actual del fenómeno de TC-UR, en las regiones del país. Alternativas que se focalizaron en corregir los tres problemas identificados, escasez, falta de alineación y falta de articulación – cooperación.

La escasez de capital humano formado en alto nivel se debe gestionar, tanto desde el gobierno como desde las universidades para *ampliar la capacidad* (recursos técnicos, humanos y financieros) de formación de las IES y de la oferta educativa, así como los mecanismos técnicos y legales que permitan la creación rápida de esos nuevos programas. También se hace necesario generar los incentivos para que las personas vean atractiva la formación de alto nivel y la investigación como un modo de vida, formación que contribuirá al desarrollo personal del investigador y científico-tecnológico del país.

Respecto a la alineación, se debe buscar coherencia del capital humano, de la investigación, la extensión y el emprendimiento con las oportunidades de los departamentos, lo cual pasa por *la coordinación interinstitucional* (liderada por MinCIT el MEN o Minciencias, etc.) de las entidades competentes, tanto a nivel nacional como regional para que las apuestas se desarrollen de manera articulada y en un misma visión local, regional y nacional construyendo capacidades en los territorios. Alineación que también corrige la pérdida de conocimiento.

Mejorar la articulación y la cooperación entre la universidad y las organizaciones es construir y mantener un ambiente de confianza a través de la *gestión de relaciones* entre las IES y las organizaciones externas de tal manera que la oferta de las universidades sea conciliada con las necesidades de estas, ello con el fin de que las empresas contraten a magísteres y doctores y realicen proyectos investigativos, de extensión y de innovación de manera colaborativa-cooperativa que resuelvan problemas aplicados y generen soluciones pertinentes y ajustadas a las realidades de los dos lados del fenómeno de TC U-R.

## 8.7 Recomendaciones e Investigaciones Futuras

- Este trabajo de investigación fue realizado desde la perspectiva del Sector Educativo (MEN) y del Sector de CTeI (Minciencias), en ese sentido, se recomienda que en una siguiente aproximación se debe considerar también al sector que lidera el aparato productivo (MinCIT) y probablemente el sector que media desde las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), ello con el fin de tener una visión más cercana, no solo en la explicación del fenómeno; sino también en las intervenciones que se pueden realizar de manera articulada para generar un mayor impacto y acelerar los procesos de desarrollo científico, tecnológico, productivo y por ende social de las regiones colombianas. Por ejemplo, contribuir a la complejización y la transformación del aparato productivo, no se hace solo desde la educación, es necesario invertir en programas productivos, construir infraestructura, movilizar el comercio y la competitividad, donde deben estar involucradas las entidades nacionales y regionales competentes, así como las organizaciones y los gremios empresariales.
- Para alinear la oferta del conocimiento que se debe transferir desde las IES hacia las regiones, el primer paso es conocer las necesidades de los departamentos de Colombia. Es necesario saber cuáles son las apuestas de desarrollo económico y productivo, cuáles son las necesidades y apuestas en CTeI, cuáles son los recursos, capacidades y oportunidades de estos territorios. Por lo tanto, se recomienda realizar un diagnóstico que contenga un ejercicio de prospectiva departamental que defina y focalice los

programas, planes, agendas y proyectos en un mismo sentido para identificar las potencialidades de cada región y construir en esa línea, de la mano con lo planteado desde la Misión de Sabios del 2019.

- Desde una perspectiva científica, es necesario considerar en estudios futuros, los demás canales de TC U-R ya que es un fenómeno multivariado y los canales o flujos de conocimiento se complementan. Por ejemplo, en Colombia se puede extender el modelo insertando como variables explicativas, los proyectos de regalías en CT&I, tanto los de investigación como los proyectos de desarrollo tecnológico y de creación de instalaciones como laboratorios y parques para la innovación, los proyectos de emprendimiento, e incluso las publicaciones académicas.
- También se propone verificar el poder explicativo-predictivo del modelo, considerando que existen nuevos datos de los años subsiguientes, lo cual completaría la etapa de validación del modelo. Paralelamente al modelo desarrollado en esta investigación, también se construyó un modelo dinámico general que dio indicios de la existencia de un retardo de 2 o 3 años entre la entrada de los graduados en las organizaciones y el inicio en la generación de producto de innovación, se propone continuar esa línea, donde el fin pudiese ser la minimización de esos retardos con el fin de acelerar los buenos impactos que se desprende de la TC
- En torno a lo que no se pudo explicar con este estudio, de acuerdo a los mecanismos hipotéticos planteados sería importante determinar cómo se dan las relaciones dinámicas causales entre los proyectos de investigación, el emprendimiento y la mejora en las capacidades de absorción de los territorios.

# Bibliografía

- Achimugu, P., Selamat, A., Ibrahim, R. & Mahrin, M. N. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and Software Technology*.
- Ackroyd, S. (2004). Part II Critique and development. In Steve Fleetwood & S. Ackroyd (Eds.), *Critical realist applications in organisation and management studies* (pp. 121–153). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Agrawal, A. (2001). University-to-industry knowledge transfer. *International Journal of Management Reviews*, 3(4), 285–302.
- Ahrweiler, P. & Wörmann, S. (1998). Computer simulations in science and technology studies. In *Computer Simulations in Science and Technology Studies* (p. 245). Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-58270-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-58270-7_3)
- Alavi, Maryam, E. Leidner, D. (2001). Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *MIS Quarterly*, 25(1), 107–136.
- Alexander, A. T. & Childe, S. J. (2012). A framework for the transfer of knowledge between universities and industry. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 384 AICT, 534–548.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-33980-6\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33980-6_58)
- Alexander, A. T. & Childe, S. J. (2013). Innovation: A knowledge transfer perspective. *Production Planning and Control*, 24(2–3), 208–225. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.647875>
- Alexander, A. T. & Martin, D. P. (2013). Intermediaries for open innovation: A competence-based comparison of knowledge transfer offices practices. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(1), 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.07.013>
- Alexander, A. T. & Miller, K. (2017). University knowledge transfer: exploring organisational structures to create strategic alignment. *International Journal of Technology Transfer and Commercialisation*, 15(4), 385.  
<https://doi.org/10.1504/ijttc.2017.10010818>
- Alexander, A., Martin, D. P., Manolchev, C. & Miller, K. (2020). University–industry collaboration: using meta-rules to overcome barriers to knowledge transfer. *The Journal of Technology Transfer*, 45(2), 371–392. <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9685-1>
- Alvesson, M., & Deetz, S. (2000). *Doing Critical Management Research*, Sage.
- Anastasiu, L., Anastasiu, A., Dumitran, M., Crizboi, C., Holmaghi, A. & Roman, M. N. (2017). How to align the university curricula with the market demands by developing employability skills in the civil engineering sector. *Education Sciences*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/educsci7030074>
- Ankrah, S. & AL-Tabbaa, O. (2015). Universities-industry collaboration: A systematic review. *Scandinavian Journal of Management*, 31(3), 387–408. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2015.02.003>
- Anzola, L. S. (2015, April 23). Muere el Sistema Nacional de Ciencia , Tecnología e Innovación – SNCTI –. *Desde Abajo*, pp. 1–15.
- Aparicio, J. J. (1995). El conocimiento declarativo y procedimental que encierra una disciplina y su influencia sobre el método de enseñanza. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 10, 23–38.
- Arias-Robles, M. E. (2019). *Sistemas Regionales de Innovación de la Industria Agroalimentaria de Colombia*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Arias, O. & Collazos, J. (2015). Knowledge management in research groups of higher education institutions in Colombia. In M. M. & G. A. (Eds.), *Proceedings of the 16th European Conference on Knowledge Management, ECKM 2015* (Vol. 0, pp. 47–55). Academic Conferences and Publishing International Limited.
- Arocena, R., & Sutz, J. (2002). Innovation Systems and Developing Countries. DANISH RESEARCH UNIT FOR INDUSTRIAL DYNAMICS.

- Audretsch, D. B., & Feldman, M. P. (2004). Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation. In J. V Henderson & J. . Thisse (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 4, pp. 2713–2739). Elsevier B.V All.
- Bhaskar, R. (2008). *A Realist Theory of Science*. Taylor & Francis Group.
- Bhaskar, R. (2010). *Plato Etc. Problems of Philosophy and their Resolution*. Taylor & Francis Group.
- Bilbao-Osorio, B. (2009). *The Basque Innovation System: a policy review. Clusters, Regional Development and Innovation Series*. Orkestra - Basque Institute of Competitiveness Deusto Foundation.
- Bloedon, R. V. & Stokes, D. R. (1994). Making University/Industry Collaborative Research Succeed. *Research-Technology Management*, 37(2), 44–48.
- Bolzani, D., Munari, F., Rasmussen, E. & Toschi, L. (2020). Technology transfer offices as providers of science and technology entrepreneurship education. In *Journal of Technology Transfer* (Issue 0123456789). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10961-020-09788-4>
- Bourdieu, P. & Passeron, J. (1996). *La Reproduccion. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza* (2a ed.). Editorial Laia S.A.
- Bourdieu, P. & Passeron, J. (2009). Los Herederos, los Estudiantes y la Cultura. In *Sociología y política* (2a ed. arg). Siglo XXI Editores Argentina S.A.
- Braczyk, H. J., Cooke, P. N. & Heidenreich, M. (2004). *Regional Innovation Systems: The Role of Governance in a Globalized World*. Routledge.
- Brescia, F., Colombo, G. & Landoni, P. (2014). Organizational structures of Knowledge Transfer Offices: an analysis of the world's top-ranked universities. *The Journal of Technology Transfer*, 132–151.
- Bulut, K. & Kayakutlu, G. (2011). Analysing the impact of universities on regional development: A case study using Fuzzy Cognitive Maps. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011*, 2, 1089–1093.
- Caicedo Asprilla, H. (2012). Análisis del sistema regional de ciencia , tecnología e innovación del Valle del Cauca. *Estudios Gerenciales- Icesi*, 28, 125–148.
- Caniëls, M. C. J. & Van den Bosch, H. (2011). The role of Higher Education Institutions in building regional innovation systems. *Papers in Regional Science*, 90(2), 271–286.
- Carayannis, E. G. & Campbell, D. F. J. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41–69.
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41–69.
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2011). Open Innovation Diplomacy and a 21st Century Fractal Research, Education and Innovation (FREIE) Ecosystem: Building on the Quadruple and Quintuple Helix Innovation Concepts and the “Mode 3” Knowledge Production System. *Journal of the Knowledge Economy*, 2(3), 327–372. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0058-3>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2012). *Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems*.
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 2.
- Carayannis, E. G., Grigoroudis, E. & Alexander, J. M. (2020). In pursuit of smart growth: technology transfer theories, policies and practices. *Journal of Technology Transfer*, 0123456789, 1–4. <https://doi.org/10.1007/s10961-020-09779-5>
- Cecez-Kecmanovic, D. "Basic assumptions of the critical research perspectives in information systems", dans: *Handbook of Critical Information Systems Research. Theory and Application*, D. Howcroft et E. Trauth (eds.), Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, 2005, pp. pp. 19-46.
- Checkland, P. (1999). *Systems Thinking, Systems Practice: includes a 30-year retrospective*. John Wiley and Sons Ltd.
- Cleary, J. & Noy, M. Van. (2014). *Lessons and Future Directions in the Development of Jobs- - Driven Strategies*.
- Colciencias. (2019). *Misión internacional de sabios para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. (p. 13). COLCIENCIAS.
- Colombia-ANDI. (2022). La ANDI presenta el Ranking Nacional de Innovación Empresarial 2021. Retrieved February 23, 2022, from <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/17080-la-andi-presenta-el-ranking-nacional-de>

- Colombia-Colciencias. (2005). Propuesta de Reforma de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología. Bogotá.
- Colombia-Colciencias. (2008). Colombia Construye y Siembra Futuro: Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación. Bogotá: Colciencias-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CNCyT).
- Colombia-Colciencias. (2016). *Boletín Estadístico No. 4* (p. 156). Colciencias.
- Colombia-Colciencias. (2016a). Actores del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTeI.
- Colombia-Colciencias. (2016b). Historia del Departamento. Retrieved October 26, 2016, from [http://www.colciencias.gov.co/colciencias/sobre\\_colciencias/historia](http://www.colciencias.gov.co/colciencias/sobre_colciencias/historia)
- Colombia-Colfuturo. (2022). Qué es COLFUTURO. Retrieved February 20, 2022, from <http://www.colfuturo.org/que-es-colfuturo>
- Colombia-Confecámaras. (2022). Directorio de Cámaras. Retrieved February 23, 2022, from <https://www.confecamaras.org.co/directorio-de-camaras#B>
- Colombia-CPC. (2017). *Índice Departamental de Competitividad*. Consejo Privado de Competitividad & Universidad del Rosario.
- Colombia-Dane. (2021). PIB por departamento. Retrieved March 2, 2022, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- Colombia-Dane. (2022). Divipola. Retrieved March 1, 2022, from <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/territorio/consulta-divipola-division-politico-administrativa-de-colombia/>
- Colombia-DNP & OCyT. (2021). *-IDIC 2021-índice Departamental de Innovación para Colombia*.
- Colombia-DNP. (1994). Documento Conpes 2739: Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1998. Bogotá: Colciencias-Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2000). Documento Conpes 3080: Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2002). *Documento Conpes 3179: Política Integral de Apoyo a los Programas de Doctorado Nacionales* (p. 15). Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2002). Documento Conpes 3179: Política Integral de Apoyo a los Programas de Doctorado Nacionales. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2008). Documento Conpes 3527: Política Nacional de Competitividad y Productividad. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2009). Documento Conpes 3582: Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2010). Documento Conpes 3674: Lineamientos de Política para el Fortalecimiento del Sistema de Formación de Capital Humano. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2015a). *Documento CONPES: Borrador. Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, 2015-2025* (pp. 1–161). Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2015b). Documento CONPES 3835: Declaración de Importancia Estratégica del Proyecto de Apoyo a la Formación del Capital Humano Altamente Calificado en el Exterior. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2015c). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. "Todos por un Nuevo País"* (Vol. 1). Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2016). *Documento Conpes: Política Nacional de Desarrollo Productivo*. (pp. 1–107). Departamento Nacional de Planeación.
- Colombia-DNP. (2019). Documento CONPES 3981. Declaración de importancia estratégica del proyecto "Capacitación de recursos humanos para la investigación nacional". Bogotá, Colombia.
- Colombia-DNP. (2021). *Documento Conpes 4069: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031* (p. 108).
- Colombia-DNP. (2022). *Sistema Nacional de Competitividad e Innovación - SNCeI*. [https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/Sistema Nacional de Competitividad e Innovación \(SNCI\).aspx](https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Paginas/Sistema%20Nacional%20de%20Competitividad%20e%20Innovaci%C3%B3n%20(SNCI).aspx)
- Colombia-DNP. (2022a). El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES. Retrieved February 22, 2022, from <https://www.dnp.gov.co/CONPES>
- Colombia-DNP. (2022b). Funciones del Departamento Nacional de Planeación. Retrieved February 22, 2022, from <https://www.dnp.gov.co/la-entidad/funciones-dnp>

- Colombia-Findeter. (2014a). *Diamante Caribe & Santanderes. Tomo 1. El Territorio: Punto de partida para un nuevo desarrollo* (Primera). Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Colombia-Findeter. (2014b). *Diamante Caribe & Santanderes. Tomo 2. Las ciudades de los departamentos del Diamante* (Primera). Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Colombia-Findeter. (2016). *Diamante Caribe & Santanderes. Tomo 3. El Libro Blanco* (Primera). Bogotá, D.C., Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Colombia-Ley 2056. (2020). *Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías*. 76.
- Colombia-Ley 30. Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. (1992). Colombia: Congreso de la República, 28 de diciembre de 1992.
- Colombia-Ley\_1286. Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 47.241 de 23 de ene (2009). Colombia: Congreso de la República.
- Colombia-Ley\_1530. Por la cual se regula la organización del Sistema General de Regalías (2012). Colombia: Congreso de la República.
- Colombia-Ley\_1678. Por medio de la cual se garantiza la educación de posgrados al 0.1% de los mejores profesionales graduados en las instituciones de educación superior públicas y privadas del país. (2013). Colombia: Congreso de la República.
- Colombia-Ley\_1753. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país” (2015). Colombia: Congreso de la República.
- Colombia-Ley\_344. Por la cual se dictan normas tendientes a la racionalización del gasto público, se conceden unas facultades extraordinarias y se expiden otras disposiciones. Diario Oficial No. 42.951, de 31 de diciembre de 1996 (1996). Colombia: Congreso de la República.
- Colombia-MEN. (2018). *Observatorio Laboral para la Educación -OLE-*.  
<http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/w3-channel.html>
- Colombia-MEN. (2019). Instituciones de Educación Superior. Retrieved March 9, 2022, from <https://www.mineducacion.gov.co/portal/Educacion-superior/Sistema-de-Educacion-Superior/231240:Instituciones-de-Educacion-Superior>
- Colombia-MEN. (2021a). Resumen indicadores Educación Superior Ministerio de Educación Nacional - Corte a mayo de 2021-. Retrieved February 23, 2022, from <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/Informes-e-indicadores/Resumen-indicadores-Educacion-Superior/>
- Colombia-MEN. (2021b). Sistema Nacional de Información para la Educación Superior en Colombia: Consulta de Instituciones. Retrieved March 7, 2022, from <https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/ies>
- Colombia-MEN. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior -SNIES-*.  
<https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>
- Colombia-Minciencias. (2022a). La Ciencia en Cifras. Retrieved February 22, 2022, from <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras>
- Colombia-Minciencias. (2022b). Reconocimiento de Actores por Minciencias. Retrieved February 22, 2022, from [https://minciencias.gov.co/portafolio/reconocimiento\\_de\\_actores/](https://minciencias.gov.co/portafolio/reconocimiento_de_actores/)
- Colombia-Minciencias. (2022c). Sobre Minciencias. Retrieved February 22, 2022, from <https://minciencias.gov.co/ministerio/sobre-minciencias>
- Colombia-MinCIT. (2016). ¿Quiénes somos? Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Colombia-MinCIT. (2021). Directorio de Agremiaciones y Asociaciones. Retrieved from <https://www.mincit.gov.co/servicio-ciudadano/enlaces-de-interes/directorio-de-agremiaciones-y-asociaciones>
- Colombia-MinCIT. (2022). *Informe de tejido empresarial a enero 2022*.
- Colombia-OCyT. (2015). Colciencias: una institución que aprendió, desaprendió y aún lucha por consolidarse. *Reflexiones Sobre Política En CTI*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Colombia-OCyT. (2015). *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2015* (p. 204). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

- Colombia-OCyT. (2018). *Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología -OCyT-*. <https://ocyt.org.co/>
- Colombia-OCyT. (2022). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Retrieved February 22, 2022, from <https://ocyt.org.co/>
- Colombia-Ruta\_N\_Medellin. (2022). Sistema Regional de Innovación. Retrieved February 23, 2022, from <http://www.rutanmedellin.org/es/recursos/abc-de-la-innovacion-rutan/item/sistema-regional-de-innovacion-sri>
- Colombia-Sena. (2020). *Informe de Gestión 2020*.
- Colombia-SFC. (2022). Lista general de entidades vigiladas por la Superintendencia Financiera de Colombia. Retrieved from <https://www.superfinanciera.gov.co/inicio/industrias-supervisadas/entidades-vigiladas-por-la-superintendencia-financiera-de-colombia/lista-general-de-entidades-vigiladas-por-la-superintendencia-financiera-de-colombia-61694>
- Cooke, P. (2004). The role of research in regional innovation systems: New models meeting knowledge economy demands. *International Journal of Technology Management*, 28(3–6), 507–533.
- Cooke, P. (2012). Complex Adaptive Innovation Systems. In *Regions and Cities*. Routledge, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203126615>
- Cooke, P. & Schwartz, D. (2007). Creative Regions Technology, culture and knowledge entrepreneurship. In *Regions and Cities*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cooke, Philip & Schwartz, D. (2007). Creative Regions Technology, culture and knowledge entrepreneurship. In *Regions and Cities*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cooke, Philip, & Memedovic, O. (2003). Strategies for Regional Innovation Systems: Learning Transfer and Applications. *United Nations Industrial Development Organization*. Vienna.
- Cooke, Philip, Gomez Uranga, M. & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, 26(4–5), 475–491.
- Cooke, Philip. (2012). *Complex Adaptive Innovation Systems. Regions and Cities*. London and New York: Routledge, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203126615>
- Cote-Peña, C. P., Meneses-Amaya, C. P., Arenas-Morantes, C. J. & Caballero-Pérez, D. I. (2016). Benchmarking entre sistemas regionales de innovación: el caso de Santander y Antioquia, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(1), 11–24. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4088>
- Cowan, R. & Jonard, N. (1999). Network Structure and the Diffusion of Knowledge. *MERIT Working Papers*, 99-028.
- Cowan, R. & Jonard, N. (2004). Network structure and the diffusion of knowledge. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(8). <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2003.04.002>
- Creswell, J. W. (2013). Qualitative, Quantitative, and mixed methods approaches. In *Research design* (2nd ed.).
- Dalmarco, G., Hulsink, W. & Zawislak, P. A. (2019). New perspectives on university-industry relations: an analysis of the knowledge flow within two sectors and two countries. *Technology Analysis and Strategic Management*, 31(11), 1314–1326. <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1612868>
- de Almeida Borges, P., Pereira de Araújo, L., Lima, L. A., Ferreira Ghesti, G. & Souza Carmo, T. (2020). The triple helix model and intellectual property: The case of the University of Brasilia. *World Patent Information*, 60(December 2019), 14. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2019.101945>
- Doloreux, D. & Parto, S. (2004). Regional Innovation Systems: Current Discourse and Challenges for Future Research. *ERSA Conference Papers from European Regional Science Association*.
- Doloreux, David, & Parto, S. (2004). Regional Innovation Systems: A Critical Review. *UNUINTECH Discussion Papers, 2004–17*(August), 1–38.
- Durlauf, S. N. (1998). What should policymakers know about economic complexity? *The Washington Quarterly*, 21(1), 155–165.
- Easterly, W. (2014). *The Tyranny of Experts: Economists, Dictators, and The Forgotten Rights of The Poor*. (Reprint, Ed.). New York: Basic Books of Perseus Books Group.
- Edquist, C. (2001). Innovation policy—a systemic approach. *The Globalizing Learning Economy*. Oxford University ..., 1–18.
- España. Ministerio de Universidades. (2022). *Datos y cifras del Sistema Universitario Español. Publicación 2021-2022*.
- Estupiñán, F. (2014). *Evaluación de Resultados del Programa de Inserción Laboral de Doctores en Empresas de Colciencias*. Minciencias.
- Etzkowitz, H. (2001). The second academic revolution and the rise of entrepreneurial science. *IEEE Technology and Society Magazine*, 20(2), 18–29.

- Etzkowitz, H. (2008). The triple helix: University-industry-government innovation in action. In *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge Taylor & Francis Group.  
<https://doi.org/10.4324/9780203929605>
- Etzkowitz, H. (2011). Silicon Valley : The Sustainability of an Innovative Region. In *The “Commercialising University Research Workshop,” University of London Birkbeck, Centre for Innovation, 23-24 Oct. 2011* (pp. 1–25).
- Etzkowitz, H. (2016). The entrepreneurial university: vision and metrics. *Industry & Higher Education*, 30(2), 83–97.
- Etzkowitz, H. (2022). Entrepreneurial university icon: Stanford and Silicon Valley as innovation and natural ecosystem. *Industry and Higher Education*, 36(4), 361–380.  
<https://doi.org/10.1177/0950422221109504>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1998). The Endless Transition: A “Triple Helix” of University - Industry - Government Relations. *Minerva*, 36(3), 203–208.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123.
- Etzkowitz, H., Asplund, P. & Nordman, N. (2001). Beyond Humboldt: Emergence of Academic Entrepreneurship in the U. S. and Sweden. In *Cerum Working Paper* (Issue 27).
- Etzkowitz, H., Dzisah, J., Ranga, M. & Zhou, C. (2007). The triple helix model of innovation. *Tech Monitor*, 14–23.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., & Terra, B. R. C. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29(2), 313–330.
- Etzkowitz, Henry, Asplund, P. & Nordman, N. (2001). Beyond Humboldt: Emergence of Academic Entrepreneurship in the U. S. and Sweden. In *Cerum Working Paper* (Issue 27).
- Fedesarrollo. (2014). *Evaluación de impacto y análisis costo beneficio de los programas de formación de capital intelectual de Colciencias*.
- Fedesarrollo. (2022). *Evaluación de Impacto de la Política de Formación de Capital Humano de Alto Nivel: Programa de créditos Condonables de Doctorado 1992-2018*.
- Fernández-Esquinas, M. & Pérez-Yruela, M. (2015). Knowledge Transfer in Regional Innovation Systems: The effects of Socioeconomic Structure. In H. Pinto (Ed.), *Resilient Territories: Innovation and Creativity for New Modes of Regional Development* (Fisrt, pp. 53–74). Cambridge Scholar Publishing.
- Ferreira, J. J. M. & Carayannis, E. G. (2019). University-industry knowledge transfer - unpacking the “black box”: an introduction. *Knowledge Management Research and Practice*, 17(4), 353–357.  
<https://doi.org/10.1080/14778238.2019.1666514>
- Fleetwood, S. & Ackroyd, S. (2004). *Critical Realist Applications in Organisation and Management Studies* (Steve Fleetwood & S. Ackroyd (eds.); 1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203537077>
- Floysand, A. & Jakobsen, S.-E. (2011). The complexity of innovation: A relational turn. *Progress in Human Geography*, 35(3), 328–344.
- Freeman, C. (1995). The “National System of Innovation” in historical perspective Introduction: The National System of Friedrich List. *Cambridge Journal of Economics*, 19(March 1993), 5–24.
- Gál, Z. & Ptáček, P. (2019). The role of mid-range universities in knowledge transfer and regional development: The case of five central European regions. In *Handbook of Universities and Regional Development* (pp. 279–300). Edward Elgar Publishing Ltd.  
<https://doi.org/10.4337/9781784715717.00023>
- Galan-Muros, V. & Davey, T. (2019). The UBC ecosystem: putting together a comprehensive framework for university-business cooperation. *Journal of Technology Transfer*, 44(4), 1311–1346.  
<https://doi.org/10.1007/s10961-017-9562-3>
- Galán-Muros, V. & Plewa, C. (2016). What drives and inhibits university-business cooperation in Europe? A comprehensive assesment. *R&D Management*, 46(2), 369–382.
- Geuna, A. & Muscio, A. (2009). The governance of university knowledge transfer: A critical review of the literature. *Minerva*, 47(1), 93–114. <https://doi.org/10.1007/s11024-009-9118-2>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. *Contemporary Sociology*. London, Thousand Oab, New Delhi: SAGE Publications.
- Gilbert, N., Ahrweiler, P. & Pyka, A. (2014). Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks. In *SPRINGER COMPLEXITY: Understanding Complex Systems*. Springer Science & Business Media B.V.

- Godin, B. (2005). *The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework* (Project on the History and Sociology of S&T Statistics No. 30). Montreal, Quebec - Canada H2X 2C6.
- Gonzalez, J. (2017). *Sistemas Regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia: componentes institucionales y organizacionales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Göransson, B. & Brundenius, C. (2011). Universities in Transition: The Changing Role and Challenges for Academic Institutions. In *Ebrary*. Springer New York.
- Groenewegen, J., & Van der Steen, M. (2006). The Evolution of National Innovation Systems. *Journal of Economic Issues (Association for Evolutionary Economics)*, 40(2), 277–285.
- Guba, E.G., & Lincoln, Y.S. (2005). "The discipline and practice of qualitative research", dans: *The sage handbook of qualitative research*, E.G. Guba et Y.S. Lincoln (eds.), Sage, Thousand Oaks, pp. 1-32.
- Guerrero, M., Cunningham, J. A. & Urbano, D. (2015). Economic impact of entrepreneurial universities' activities: An exploratory study of the United Kingdom. *Research Policy*, 44(3), 748–764. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.008>
- Halford, G. S. (1996). Relational Knowledge in Higher Cognitive Processes. *Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioral Development (14th, Quebec City, Quebec, Canada, August 12-16, 1996)*, 16.
- Hamm, R. & Kopper, J. (2014). Editorial. *Review of Regional Research*, 34(2), 91–94.
- Hamm, R., Kopper, J., Jäger, A., Karl, H., Strötebeck, F. & Warnecke, C. (2012). *RegTrans – Zwischenbericht I Regionale Transfereffekte verschiedener Hochschultypen Analyse und Strategien für eine verbesserte Potenzialausschöpfung*.
- Hayter, C. S., Rasmussen, E. & Rooksby, J. H. (2020). Beyond formal university technology transfer: innovative pathways for knowledge exchange. *Journal of Technology Transfer*, 45(1). <https://doi.org/10.1007/s10961-018-9677-1>
- Herrera-Márquez, J. J., Salas-Navarro, L. C., Domínguez-Moré, G. P., & Torres-Saumeth, K. M. (2015). Parques científicos-tecnológicos y modelo triple-hélice. Situación del Caribe colombiano. *Entramado*, 11(2), 112–130.
- Higuera Palacio, A. M. (2015). Medellín: Capital de la Innovación. *Ingeniería Solidaria*, 11(18), 41–56. <https://doi.org/10.16925/in.v11i18.990>
- Hjørland, B., Jacsó, P., Jüttner, U., Berners-Lee, T., Cailliau, R., Groff, J.-F., Pollermann, B., & Na, Aaker, J. L., Ab, B., Erikson, A., Abera, A., Academy, T., Review, M., Acs, Z. J., Anselin, L., Varga, A., Adler, P. S., Goldoftas, B., ... Life, A. (2015). My New Scientist. *Journal of Cleaner Production*, 1(2), 1–12. <https://doi.org/10.1038/nm.3569>
- Holi, M. T., Wickramasinghe, R. & Van Leeuwen, M. (2008). Metrics for the evaluation of knowledge transfer activities at universities. *Cambridge: Library House*, 5, 1–33.
- Holland, J. H. (2014). *Complexity: A Very Short Introduction*. OUP Oxford.
- InvestinColombia. (2020). Capital De Riesgo (Venture Capital). Retrieved February 23, 2022, from <https://investincolombia.com.co/es/sectores/fondos-de-capital-privado-capital-de-riesgo/venture-capital#:~:text=Algunos de los principales fondos,Hero y SoftBank%2C entre otros.>
- Jaeger, A. & Kopper, J. (2014). Third mission potential in higher education: measuring the regional focus of different types of HEIs. *Jahrbuch Fur Regionalwissenschaft*, 95–118.
- Jaramillo, H. (2009). La formación de posgrado en Colombia: maestrías y doctorados. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 5(13), 1–26.
- Kermack, W. O. & McKendrick, A. G. (1927). A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 115(772), 700–721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
- Kim, S., & Margo, R. A. (2004). Historical Perspectives on U . S . Economic Geography. In J. V Henderson & J. . Thisse (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 4, pp. 2981–3019). Elsevier B. V.
- Kitchenham, B. & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Engineering*, 2, 1051.
- Klarl, T. (2009). *Knowledge Diffusion Processes : Theoretical and Empirical Considerations*. Universitat Augsburg.
- Klarl, T. (2014). Knowledge diffusion and knowledge transfer revisited: two sides of the medal. *Journal of Evolutionary Economics*, 24(4), 737–760. <https://doi.org/10.1007/s00191-013-0319-3>
- Landabaso, M., Oughton, C., & Morgan, K. (1999). La política regional de innovación en la UE en el inicio del siglo XXI. In "VIII Seminario Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica." Valencia, España (27,28 y 29 de Octubre de 1999).

- Lau, A. K. W. & Lo, W. (2015). Technological Forecasting & Social Change Regional innovation system , absorptive capacity and innovation performance : An empirical study. *Technological Forecasting & Social Change*, 92, 99–114.
- LAVCA. (2020). *Inside the 4th Consecutive Peak Year. LAVCA's Annual Review of Tech Investment in Latin America*.
- Lew, Y. K., & Park, J. Y. (2021). The evolution of N-helix of the regional innovation system: Implications for sustainability. *Sustainable Development*, 29(2), 453–464. <https://doi.org/10.1002/sd.2143>
- Leydesdorff, L. (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), 25–35.
- Liebowitz, J. & Beckman, T. J. (1998). *Knowledge Organizations: What Every Manager Should Know*. St Lucie Press.
- List, F. (1997). *Sistema nacional de economía política (con el anexo "Esbozos de economía política americana")* (2da ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Llisterri, J. J. J., & Pietrobelli, C. (2011). *Los Sistemas Regionales de Innovación en América Latina*. Washington D.C. 20577: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Long, Q. & Li, S. (2014). The Innovation Network As a Complex Adaptive System: Flexible Multi-agent Based Modeling, Simulation, and Evolutionary Decision Making. *Proceedings of the 2014 Fifth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*, 1060–1064.
- Lucca, G. (2014). El triángulo de Sábato como paradigma de una exitosa inserción internacional. *Revista de Economía y Comercio Internacional*, 4(04), 13–16.
- Lundvall, B. (2007). National innovation systems—analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, 14(1), 95–119.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* ". London: Pinter Publishers. Chapter 1 / Introduction: by Bengt-Åke Lundvall, 1-19.
- Lundvall, B.-A., Joseph, K. J., Chamonade, C., & Vang, J. (2009). *Handbook of innovation systems and developing countries : building domestic capabilities in a global setting*. Cheltenham, UK. Northampton. MA, USA: Edward Elgar Publishing Limited.
- Madgali, J. & Taylor, J. (2015). Aligning Educational Systems and Local Labour Market Needs in the Gulf Cooperation Council ( Gcc ): the Need for Holistic Strategies. *The 2015 WEI International Academic Proceedings. Barcelona, Spain*, 79–86.
- Martinez-Brawley, E. E. (1995). Knowledge Diffusion and Transfer of Technology: Conceptual Premises and Concrete Steps for Human Services Innovators. *Social Work*, 40(5), 670–682.
- Martinez-brawley, E. E. (1995). Knowledge Diffusion and Transfer of Technology: Conceptual Premises and Concrete Steps for Human Services Innovators. *Social Work*, 40(5), 670–682. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/sw/40.5.670>
- Melo-Román, A. (2020). *La Transferencia de Conocimiento desde las Universidades a las Organizaciones en los Ecosistemas de Innovación y Emprendimiento*.
- Melo-Román, A. & Malagón-Prada, S. (2022a). *Documento Técnico Metodológico para el Cálculo del Índice de Innovación Transferencia y Emprendimiento en la Universidad Nacional de Colombia*.
- Melo-Román, A. & Malagón-Prada, S. (2022b). *Índice de Innovación Transferencia y Emprendimiento en la Universidad Nacional de Colombia*.
- Melo-Román, A. & Ramos-Pachón, L. (2020a). *Innovación Institucional de la Universidad*.
- Melo-Román, A. & Ramos-Pachón, L. (2020b). *Instrumento de recolección de Información acerca de los Ecosistemas de Innovación, Transferencia y Emprendimiento en las IES Colombianas*.
- Melo-Román, A. & Ramos-Pachón, L. (2020c). *Una Visión Sistémica de los Ecosistemas de Innovación Transferencia y Emprendimiento en las Instituciones de Educación Superior*.
- Melo, A., Beck, C. L., Pena, J. I. & Pare, P. E. (2018). Knowledge transfer from universities to regions as a network spreading process. *4th IEEE International Symposium on Systems Engineering, ISSE 2018 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/SysEng.2018.8544398>
- Melo, Arturo & Peña, J. I. (2017). *Knowledge Transfer Model from Universities to Regional Innovation Systems*.
- Miguélez, E. & Moreno Serrano, R. (2013). Mobility, networks and innovation: The role of regions' absorptive capacity. In *IREA-Working Papers, 2013, IR13/016*.
- Miguélez, E. & Moreno, R. (2013). Do labour mobility and technological collaborations foster geographical knowledge diffusion? The case of european regions. *Growth and Change*, 44(2), 321–354.

- Migueluez, E. & Moreno, R. (2015). Knowledge flows and the absorptive capacity of regions. *Research Policy*, 44(4), 833–848.
- Minciencias. (2019). *Documento Base para la Política de Formación y Vinculación de Investigadores a Nivel de Doctorado*.
- Mingers, J. (2006). *Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science*. Springer Science & Business Media. Inc.
- Mingers, J. & Brocklesby, J. (1997). Multimethodology: Towards a framework for mixing methodologies. *Omega Int. J. Mgmt Sci.*, 25(5), 489–509.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B. & Lampel, J. (2008). *Safary a la Estrategia*. Ediciones Garnica S.A.
- Monroy, S. E. (2012). *Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación. Presentacion SNCTI*.
- Monroy, S. E. (2005). La organización sistémica de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia: Una visión estratégica del sistema nacional. *Revista de Tecnología*, 4, 19–26.
- Monroy, S. E. (2006). Nuevas políticas y estrategias de articulación del sistema deficiencia, tecnología e innovación colombiano. *Innovar*, 16(28), 157–172.
- Morone, A., Morone, P. & Taylor, R. (2007). A laboratory experiment of knowledge diffusion dynamics. In *Innovation, Industrial Dynamics and Structural Transformation* (pp. 283–302). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-49465-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-49465-2_15)
- Morone, P. & Taylor, R. (2004). Knowledge diffusion dynamics and network properties of face-to-face interactions. *Journal of Evolutionary Economics*, 14(3), 327–351. <https://doi.org/10.1007/s00191-004-0211-2>
- Morone, P. & Taylor, R. (2006). Knowledge Diffusion with Complex Cognition. In A. Pyka & H. Hanusch (Eds.), *Applied evolutionary economics and the knowledge-based economy* (pp. 201–227).
- Morone, P. & Taylor, R. (2009). Knowledge Architecture and Knowledge Flows. In *Encyclopedia of information science and technology* (2nd ed., Issue March, pp. 2319–2324). IGI Global Publisher.
- Navas, L. P., Montes, F., Abolghasem, S., Salas, R. J., Toloo, M. & Zarama, R. (2020). Colombian higher education institutions evaluation. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71(June 2019), 100801. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100801>
- Nelson, R. R. (1992). National innovation systems: A retrospective on a study. *Industrial and Corporate Change*, 1(2), 347–374. <https://doi.org/10.1093/icc/1.2.347>
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: An Introduction* (1st ed.). Oxford University Press.
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento*. Oxford University Press.
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2003). Mode 2 Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva*, 41, 179–194.
- Nowzari, C., Preciado, V. M. & Pappas, G. J. (2016). Analysis and control of epidemics. *IEEE Control Systems Magazine*, 63(february), 26–46. <https://doi.org/10.1109/MCS.2015.2495000>
- OECD. (1997). *National innovation systems*. OECD Publishing, Paris.
- OECD. (1999). *Managing National Innovation*. OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2014). *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264204638-en>
- Ossa O, C. A. (2017). *Teoría General de Sistemas. Conceptos y Aplicaciones* (Primera Ed). Editorial UTP.
- Page, S. E. (2015). What Sociologists Should Know About Complexity. *Annual Review of Sociology*, 41(1), 21–41.
- Pare, P. E., Liu, J., Beck, C. L., Kirwan, B. E. & Basar, T. (2018). Discrete Time Virus Spread Processes: Analysis, Identification, and Validation. *Conditionally Accepted to IEEE Transactions on Control Systems Technology: System Identification and Control in Biomedical Applications*, 1–13.
- Paré, P. E., Nedić, A. & Beck, C. L. (2016). *Epidemic Processes over Time-Varying Networks*. 5870(c), 1–13. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2017.2706138>
- Peña-Reyes, Jose Ismael & et. al. (2015). *Seminario Permanente. La Facultad de Ingeniería: Una Mirada Prospectiva al 2034*.
- Peña-Reyes, José Ismael. (2010). *E-learning en communautés isolées. Le double isolement de l'apprenant*.
- Perkmann, M. & Walsh, K. (2009). The two faces of collaboration: Impacts of university-industry relations on public research. *Industrial and Corporate Change*, 18(6), 1033–1065. <https://doi.org/10.1093/icc/dtp015>

- Pinheiro, R., Bennenworth, P. & Jones, G. A. (2012). Understanding Regions and the Institutionalization of Universities. In *Universities and Regional Development: An Assessment of Tensions and Contradictions*. (pp. 11–32). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Plantinga, H., Voordijk, H. & Dorée, A. (2020). Clarifying strategic alignment in the public procurement process. *International Journal of Public Sector Management*, 33(6–7), 791–807. <https://doi.org/10.1108/IJPSM-10-2019-0245>
- PND-(2018-2022). (2019). Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022). In *Departamento Nacional de Planeación*. Departamento Nacional de Planeación.
- Profiroi, M. C. & Brişcariu, M.-R. (2021). Universities as ‘drivers’ of local and regional development. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, 17(62), 134–152. <https://doi.org/10.24193/tras.62E.8>
- Qureshi, S. & Mian, S. (2021). Transfer of entrepreneurship education best practices from business schools to engineering and technology institutions: evidence from Pakistan. *Journal of Technology Transfer*, 46(2), 366–392. <https://doi.org/10.1007/s10961-020-09793-7>
- Rand, W. & Rust, R. T. (2011). Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, 28(3), 181–193.
- Reyes, O. A. (2019). *El papel de las Capacidades Departamentales de CTeI en la ejecución de proyectos de regalías para Ciencia, Tecnología e Innovación*. Universidad Externado de Colombia.
- Ricyt, Oea & Cyted. (2001). *MANUAL DE BOGOTÁ: Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe* (p. 102). COLCIENCIAS/OCYT.
- Rosenhead, J. & Mingers, J. (2004). La multimetodología: combinar y acoplar métodos. In J. Mingers & J. Rosenhead (Eds.), *Análisis Racional Reestudiado para un Mundo Problemático* (Primera ed, pp. 327–350). IVEPLAN.
- Ruiz Corrales, M. (2020). *Transferencias de conocimiento y Capacidades de absorción como determinantes de la complejidad de la estructura productiva empresarial*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Salazar, G. & Russi-Vigoya, M. N. (2021). Technology Readiness Level as the Foundation of Human Readiness Level. *Ergonomics in Design*, 29(4), 25–29. <https://doi.org/10.1177/10648046211020527>
- Santander, P. (2011). Por qué y cómo hacer Análisis de Discurso. *Cinta de Moebio*, 41, 207–224.
- Sanz Merino, N. (2008). La apropiación política de la ciencia: origen y evolución de una nueva tecnocracia. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad -CTS*, 4(10), 85–123.
- Sayer, A. (2000). *Realism and Social Science*. SAGE Publications Ltd.
- Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554–1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>
- Schrepf, B., Kaplan, D., & Schroeder, D. (2013). National, Regional, and Sectoral Systems of Innovation – An overview. *Report for FP7 Project “Progress”, Progressproject.Eu.*, 32.
- Segarra, M. & Bou, J. (2004). Concepto, tipos y dimensiones del conocimiento: configuración del conocimiento estratégico. *Revista de Economía y Empresa*, 52,53, 175–196.
- Söderström, T. & Stoica, P. (2001). *System Identification*. Prentice-Hall International, Inc.
- Soete, L., Verspagen, B., & Weel, B. Ter. (2010). Systems of innovation. *Handbook of the Economics of Innovation* (1st ed., Vol. 2). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02011-3](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02011-3)
- Stawasz, E. (2015). Determinants of knowledge transfer processes in a region. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego We Wrocławiu*, 394, 166–174.
- Stejskal, J., Kuvíková, H. & Meričková, B. M. (2018). Regional Innovation Systems Analysis and Evaluation: The Case of the Czech Republic. In *Advances in Spatial Science* (Issue 9783319670287, pp. 81–113). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67029-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67029-4_3)
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur’s Quadrant: Basic science and technological innovation*. Brookings Institution Press.
- Teixeira, S. J., Veiga, P. M. & Fernandes, C. A. (2019). The knowledge transfer and cooperation between universities and enterprises. *Knowledge Management Research and Practice*, 17(4), 449–460. <https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1561166>
- Tripp, M. & Tödtling, F. (2007). Developing Biotechnology Clusters in Non-high Technology Regions—The Case of Austria. *Industry & Innovation*, 14(1), 47–67.
- UNAL-CID. (2020a). *Lineamientos de Política de Formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación: Diagnóstico de la Formación en Ciencia, Tecnología e Innovación*.

- UNAL-CID. (2020b). *Lineamientos de Política y Plan Operativo para la política de Fomento y Formación de Vocaciones en Ciencia Tecnología e Innovación: Producto Final*.
- UNAL-CID. (2020c). *Lineamientos de Política de Formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación: Documento Contextual y Conceptual*.
- UNAL. (2017). Mapeo Ecosistemas regionales del emprendimiento en Colombia. INN Pulsa-Colombia.
- Urbano, D. & Guerrero, M. (2013). Entrepreneurial Universities Socioeconomic Impacts of Academic Entrepreneurship in a European Region. *Economic Development Quarterly*, 27. <https://doi.org/10.1177/0891242412471973>
- Uribe-Gómez, J. A., Giraldo-Ramírez, D. P., Gallón-Londoño, L., Fernandez-Ledesma, J. D. & Quintero-Ramírez, S. (2019). Analysis of dynamics, structures and agent relationships in Regional Innovation Systems. *Estudios Gerenciales*, 35(153), 379–387. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.153.3231>
- Vannevar Bush. (1999). Ciencia, la Frontera sin fin. Un informe al presidente, julio 1945. *Redes*, 6(14), 91–137.
- Vargas, P., & Rivera, J. (2017). *Diseño del modelo de negocios para la red nacional de oficinas de transferencia de resultados de investigación otrs regionales apoyadas por Colciencias*. Universidad de Antioquia.
- Vukasović, M., Maassen, P., Nerland, M., Stensaker, B., Pinheiro, R. & Vabø, A. (2012). *Effects of Higher Education Reforms: Change Dynamics*. Sense Publishers.
- Wang, H., Wang, J., Ding, L. & Wei, W. (2017). Knowledge transmission model with consideration of self-learning mechanism in complex networks. *Applied Mathematics and Computation*, 304, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.01.020>
- Wang, K. & Sun, D. (2016). An Evolutionary Algorithm of the Regional Collaborative Innovation Based on Complex Network. *Discrete Dynamics in Nature & Society*, 1–10.
- Warnke, P., Koschatzky, K., Som, O., Stahlecker, T., Nabitz, L., Braungardt, S., ... Zenker, A. (2016). *Opening Up the Innovation System Framework Towards New Actors and Institutions* (Fraunhofer ISI Discussion Papers). *Innovation Systems and Policy Analysis* (Vol. 49). Karlsruhe.
- Wilensky, U. & Rand, W. (2015a). *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. The MIT Press.
- Wilensky, U. & Rand, W. (2015b). *An Introduction to Agent-Based Modeling* (Issue January). The MIT Press.
- World Economic Forum. (2013). *The Global Competitiveness Report 2013–2014* (K. Schwab & X. Sala-i-Martin (eds.)). World Economic Forum.
- Yam, R. C. M., Lo, W., Tang, E. P. Y. & Lau, A. K. W. (2011). Analysis of sources of innovation, technological innovation capabilities, and performance: An empirical study of Hong Kong manufacturing industries. *Research Policy*, 40(3), 391–402.
- Zack, M. (1999). Managing Codified Knowledge. *Sloan Management Review*, 40(4), 45–58.
- Zhang, Y., Li, X., Aziz-alaoui, M. A., Bertelle, C., Guan, J. & Zhou, S. (2017). Knowledge diffusion in complex networks. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 29(3), e3791. <https://doi.org/10.1002/cpe.3791>
- Zygmunt, J. (2014). Determinants of Knowledge Transfer Processes in a Region. *Barometr Regionalny. Analizy i Prognozy*, 12(2), 7–12.



# Anexos

Este apartado del documento presenta información complementaria utilizada en el desarrollo de la investigación.

## **A1. Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Reconocidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación**

El listado de este anexo es informativo y amplía la información de los actores referenciados en el capítulo 1. Las entidades, entidades y organizaciones referenciados en este anexo han sido parte del proceso de reconocimiento de actores llevado a cabo por Minciencias consignada en la Resolución 0957 del 2021 y entre ellos se puede observar: Centros e institutos de investigación, Centros de Desarrollo Tecnológico, Centros de Innovación y Productividad, Unidades de I+D+i de Empresa, Centros de Ciencia, Empresas Altamente Innovadoras (EAI), Incubadores de Empresas de Base Tecnológica (IEBT), Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI), Parques Científicos, Tecnológicos y de Innovación, entre otros.

El reconocimiento de estos actores tiene como fin caracterizar el SNCTeI y dar el aval para estos actores participen en el uso de recursos públicos de Minciencias y de otras entidades públicas del Gobierno por medio de convocatorias, con el fin de ampliar las fronteras del conocimiento y aplicar ese conocimiento para el desarrollo en el país en términos de CTeI

Los registros a continuación tienen actualización a octubre de 2022.

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
1	900145472	CORPORACIÓN PARQUE EXPLORA	CORPORACIÓN PARQUE EXPLORA	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.parqueexplora.org">www.parqueexplora.org</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	521 de 2018	29/05/18	30/05/18	30/05/23
2	830040745	CORPORACIÓN MALOKA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	CORPORACIÓN MALOKA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.maloka.org">www.maloka.org</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	517 de 2018	29/05/18	30/05/18	31/05/23
3	900413030	INSTITUTO DISTRITAL DE LAS ARTES - IDARTES	PLANETARIO DE BOGOTÁ	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.planetariodebogota.gov.co/">www.planetariodebogota.gov.co/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1008 de 2018	18/09/18	24/09/18	24/09/23
4	900811423	PARQUE TEMATICO DE FLORA Y FAUNA DE PEREIRA S.A.S.	PARQUE TEMATICO DE FLORA Y FAUNA DE PEREIRA S.A.S. - BIOPARQUE UKUMARI	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	PEREIRA - RISARALDA	<a href="http://www.ukumaripereira.com">www.ukumaripereira.com</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1009 de 2018	18/09/18	18/09/18	18/09/23
5	890980756	FUNDACIÓN JARDÍN BOTÁNICO "JOAQUIN ANTONIO URIBE" DE MEDELLÍN	FUNDACIÓN JARDÍN BOTÁNICO "JOAQUIN ANTONIO URIBE" DE MEDELLÍN	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://www.botanicomedellin.org/">https://www.botanicomedellin.org/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1271 de 2018	22/10/18	25/10/18	25/10/23
6	890318247-8	FUNDACIÓN ZOOLOGICA DE CALI	FUNDACIÓN ZOOLOGICA DE CALI	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="https://www.zoologicodecali.com.co/">https://www.zoologicodecali.com.co/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1317 de 2020	25/11/2020	26/11/2020	26/11/2025
7	890480597-2	FUNDACION JARDIN BOTANICO GUILLERMO PIÑERES	FUNDACION JARDIN BOTANICO GUILLERMO PIÑERES	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	TURBACO-CARTAGENA/BOLÍVAR	<a href="http://www.jbep.org.co/">http://www.jbep.org.co/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1155 de 2021	27/5/2021	27/5/2021	27/5/2024
8	899999063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	MUSEO PALEONTOLÓGICO DE VILLA DE LEYVA	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	VILLA DE LEYVA/BOYACÁ	<a href="http://ciencias.bogota.unal.edu.co/museos-y-centros/museo-paleontologico-de-villa-de-leyva/museo-paleontologico-de-villa-de-leyva/">http://ciencias.bogota.unal.edu.co/museos-y-centros/museo-paleontologico-de-villa-de-leyva/museo-paleontologico-de-villa-de-leyva/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	1156 de 2021	27/5/2021	27/5/2021	27/5/2024
9	800214750-7	INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO	MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE LA SALLE	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.museo.itm.edu.co">www.museo.itm.edu.co</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	2398 de 2021	22/11/2021	23/11/2021	22/11/2026
10	900285176-5	FUNDACIÓN ZOOCRIADERO DE MARIPOSAS ANDOKE	FUNDACIÓN ZOOCRIADERO DE MARIPOSAS ANDOKE	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://andoke.com.co/">http://andoke.com.co/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	2632 de 2021	14/12/2021	15/12/2021	15/12/2024
11	899999063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	JARDIN BOTÁNICO DE LA	CENTRO DE CIENCIA	SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	<a href="https://www.facebook.com/JardinBotanicoSanAndres/">https://www.facebook.com/JardinBotanicoSanAndres/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	2835 de 2021	21/12/2021	21/12/2021	21/12/2024

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE CARIBE	DEPENDIENTE							
12	891480035-9	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	JARDIN BOTÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE PEREIRA	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	PEREIRA - RISARALDA	<a href="https://www2.utp.edu.co/jardin/">https://www2.utp.edu.co/jardin/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	0059 de 2022	28/1/2022	28/1/2022	28/1/2027
13	800199708-2	FUNDACIÓN BOTÁNICA Y ZOOLOGICA DE BARRANQUILLA	FUNDACIÓN BOTÁNICA Y ZOOLOGICA DE BARRANQUILLA	CENTRO DE CIENCIA AUTÓNOMO	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	<a href="https://www.zoobaq.org/index.php">https://www.zoobaq.org/index.php</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	0141 de 2022	21/2/2022	21/2/2022	21/2/2025
14	899999063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	MUSEO ENTOMOLÓGICO FRANCISCO LUIS GALLEGU	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://ciencias.medellin.unal.edu.co/museos/entomologico/">https://ciencias.medellin.unal.edu.co/museos/entomologico/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	0649 de 2022	30/6/2022	30/6/2022	30/6/2025
15	899999063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	MUSEO DE HISTORIA NATURAL	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://ciencias.bogota.unal.edu.co/museos-y-centros/museohistorianatural/el-museo-de-historia-natural/">http://ciencias.bogota.unal.edu.co/museos-y-centros/museohistorianatural/el-museo-de-historia-natural/</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	0651 de 022	30/6/2022	30/6/2022	30/6/2025
16	900478966-6	UNIDAD NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	MUSEO DEL SABER EN GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	CENTRO DE CIENCIA DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Museo-del-Saber-en-Gestion-del-Riesgo-de-Desastres.aspx">http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Museo-del-Saber-en-Gestion-del-Riesgo-de-Desastres.aspx</a>	APROPIACIÓN SOCIAL DE CTel	0650 de 2022	30/6/2022	30/6/2022	30/6/2027
17	830009610	CORPORACIÓN CORPOGEN	CORPORACIÓN CORPOGEN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.corpogen.org">www.corpogen.org</a>	BIOTECNOLOGÍA	518 de 2018	30/05/18	13/06/18	13/06/23
18	860051550 - 8	FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO HUMANO-CINDE	FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO HUMANO-CINDE	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	MANIZALES - CALDAS	<a href="http://www.cinde.org.co">www.cinde.org.co</a>	SOCIALES Y EDUCACIÓN	804 de 2018	1/08/18	10/08/18	10/08/23
19	890908790 - 8	CORPORACIÓN PARA INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS	CORPORACIÓN PARA INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.cib.org.co">www.cib.org.co</a>	SALUD	1006 de 2018	18/09/18	28/09/18	28/09/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
20	890312562 - 6	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.cenicana.org">www.cenicana.org</a>	AGRO-AMBIENTE	1292 de 2018	24/10/18	26/10/18	26/10/23
21	800092879 - 2	CENTRO INTERNACIONAL DE ENTRENAMIENTO E INVESTIGACIONES MEDICAS CIDEIM	CENTRO INTERNACIONAL DE ENTRENAMIENTO E INVESTIGACIONES MEDICAS CIDEIM	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.cideim.org.co">www.cideim.org.co</a>	SALUD	428 de 2019	12/04/19	15/04/19	15/04/24
22	890212568 - 0	FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA	FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BUCARAMANGA - SANTANDER	<a href="http://www.fcv.org">www.fcv.org</a>	SALUD	429 de 2019	12/04/19	16/04/19	16/04/24
23	830084143 - 6	FUNDACIÓN INSTITUTO DE INMUNOLOGÍA DE COLOMBIA	FUNDACIÓN INSTITUTO DE INMUNOLOGÍA DE COLOMBIA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.fdic.org.co">http://www.fdic.org.co</a>	SALUD	475 de 2019	30/04/19	30/04/19	30/04/24
24	800145882 - 4	CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE	CORPORACIÓN CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PALMA DE ACEITE	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cenipalma.org">www.cenipalma.org</a>	AGRO	1538 de 2019	2/10/19	4/10/19	4/10/24
25	860006656 - 9	FUNDACION ABOOD SHAIQ EN RESTRUCTURACION	FUNDACION ABOOD SHAIQ EN RESTRUCTURACION	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.shaio.org/">https://www.shaio.org/</a>	SALUD	1345 de 2020	3/12/20	3/12/20	3/12/23
26	860033857 - 7	FUNDACION CENTRO DE INVESTIGACIONES Y EDUCACION POPULAR CINEP	FUNDACION CENTRO DE INVESTIGACIONES Y EDUCACION POPULAR CINEP	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cinep.org.co">www.cinep.org.co</a>	CIENCIAS BÁSICAS	0769 de 2021	14/04/21	14/04/21	14/04/26
27	860007538 - 2	FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA	CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFÉ)	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	CHINCHINÁ - CALDAS	<a href="http://www.cenicafe.org">www.cenicafe.org</a>	AGRO	229 de 2018	9/03/18	9/03/18	9/03/23
28	860035992 - 2	FUNDACIÓN CARDIOINFANTIL-INSTITUTO DE CARDIOLOGÍA	DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cardioinfantil.org">www.cardioinfantil.org</a>	SALUD	483 de 2018	20/05/18	24/05/18	24/05/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			NES FUNDACIÓN CARDIOINFANTIL-INSTITUTO DE CARDIOLOGÍA	DEPENDIENTE							
29	860013720 - 1	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	INSTITUTO DE GENÉTICA HUMANA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.javeriana.edu.co/ins-genetica/investigacion">www.javeriana.edu.co/ins-genetica/investigacion</a>	SALUD	1005 de 2018	18/09/18	21/09/18	21/09/23
30	890399010 - 6	UNIVERSIDAD DEL VALLE	CENTRO DE EXCELENCIA EN NUEVOS MATERIALES	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.cenm.com.co/">www.cenm.com.co/</a>	CIENCIAS BÁSICAS	1196 de 2018	8/10/18	10/10/18	10/10/23
31	899999063 - 3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - IBUN	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.ibun.unal.edu.co">www.ibun.unal.edu.co</a>	BIOTECNOLOGÍA	1354 de 2018	6/11/18	13/11/18	13/11/23
32	899999063 - 3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	INSTITUTO DE ESTUDIOS POLÍTICOS Y RELACIONES INTERNACIONALES - JEPRI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.iepri.unal.edu.co">www.iepri.unal.edu.co</a>	SOCIALES Y EDUCACIÓN	431 de 2019	14/04/19	15/04/19	15/04/24
33	86000775-9	COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO	CENTRO DE ESTUDIO DE ENFERMEDADES AUTOINMUNES	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.urosario.edu.co/Crea/Inicio/">https://www.urosario.edu.co/Crea/Inicio/</a>	SALUD	2223 de 2019	2/12/19	2/12/19	2/12/24
34	890399010 - 6	UNIVERSIDAD DEL VALLE	CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS AVANZADOS EN PSICOLOGÍA COGNICIÓN Y CULTURA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://cognitiva.univalle.edu.co/">http://cognitiva.univalle.edu.co/</a>	CIENCIAS SOCIALES	989 de 2020	23/09/20	7/10/20	6/10/23
35	890399010 - 6	UNIVERSIDAD DEL VALLE	INSTITUTO CINARA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://cinara.univalle.edu.co/">http://cinara.univalle.edu.co/</a>	INGENIERÍAS	988 de 2020	23/09/20	7/10/20	6/10/25

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
				DEPENDIENTE							
36	890104633 -9	UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR	CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INNOVACIÓN SOCIAL JOSE CONSUEGRA HIGGINS - CIISO	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BARRANQUILLA - ATLANTICO	<a href="https://www.unisimon.edu.co/ie/index/centro-de-investigacion-e-innovacion-social-jose-consuegra-higgins-ciiso/530">https://www.unisimon.edu.co/ie/index/centro-de-investigacion-e-innovacion-social-jose-consuegra-higgins-ciiso/530</a>	CIENCIAS SOCIALES	0768 de 2021	14/04/21	14/04/21	14/04/24
37	899999294 - 8	SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO	SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.sgc.gov.co">www.sgc.gov.co</a>	GEOCIENCIAS	1427 de 2022	21/10/22	24/10/22	24/10/27
38	899999403 - 4	INSTITUTO NACIONAL DE SALUD	INSTITUTO NACIONAL DE SALUD	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.ins.gov.co">www.ins.gov.co</a>	SALUD	376 de 2018	23/04/18	27/04/18	27/04/23
39	800250062 - 0	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSE BENITO VIVES DE ANDREIS INVEMAR	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS JOSE BENITO VIVES DE ANDREIS INVEMAR	INSTITUTO PÚBLICO	SANTA MARTA - MAGDALENA	<a href="http://www.invemar.org.co">www.invemar.org.co</a>	DEFENSA-MAR	377 de 2018	23/04/18	3/05/18	3/05/23
40	899999092 -7	INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGIA ESE	INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGIA ESE	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cancer.gov.co">www.cancer.gov.co</a>	SALUD	515 de 2018	30/05/18	13/07/18	13/07/23
41	800247350 -6	EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO CENTRO DERMATOLOGICO FEDERICO LLERAS ACOSTA	CENTRO DERMATOLOGICO FEDERICO LLERAS ACOSTA	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.dermatologia.gov.co">www.dermatologia.gov.co</a>	SALUD	516 de 2018	30/05/18	8/06/18	8/06/23
42	900576075 -9	CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA PARA LA DEFENSA	CORPORACIÓN DE ALTA TECNOLOGÍA PARA LA DEFENSA	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.codaltec.com">www.codaltec.com</a>	SEGURIDAD Y DEFENSA	2289 de 2021	28/10/21	28/10/21	28/10/26
43	820000142 - 2	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.humboldt.org.co">www.humboldt.org.co</a>	AMBIENTE	1094 de 2018	2/10/18	4/10/18	4/10/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
44	800194600 -3	CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - AGROSAVIA	CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - AGROSAVIA	INSTITUTO PÚBLICO	MOSQUERA - CUNDINAMARCA	<a href="http://www.corpoica.org.co">www.corpoica.org.co</a>	AGRO	1095 de 2018	2/10/18	4/10/18	4/10/23
45	900494393 -3	U.A.E. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INM	U.A.E. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INM	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.inm.gov.co">www.inm.gov.co</a>	INGENIERÍAS	2275 de 2021	26/10/21	27/10/21	27/10/26
46	860061110 -3	INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI	INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SINCHI	INSTITUTO PÚBLICO	LETICIA - AMAZONAS	<a href="http://www.sinchi.org.co">www.sinchi.org.co</a>	AMBIENTE	092 de 2019	29/01/19	1/02/19	1/02/24
47	800165375 -7	CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CIPAV	CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CIPAV	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.cipav.org.co">www.cipav.org.co</a>	AGRO-AMBIENTE	1594 de 2021	30/08/21	30/08/21	30/08/26
48	818000156 -8	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACIFICO "JOHN VON NEWMANN"	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACIFICO "JOHN VON NEWMANN"	INSTITUTO PÚBLICO	QUIBDÓ - CHOCO	<a href="http://www.iiap.org.co">www.iiap.org.co</a>	AMBIENTE	1598 de 2021	30/08/21	30/08/21	30/08/26
49	899999063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://ciencias.bogota.unal.edu.co/departamentos/instituto-de-ciencias-naturales/el-instituto/">http://ciencias.bogota.unal.edu.co/departamentos/instituto-de-ciencias-naturales/el-instituto/</a>	AMBIENTE	1753 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/26
50	830027904 -1	DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA	CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS	INSTITUTO PÚBLICO	CARTAGENA - BOLIVAR	<a href="http://www.dimar.mil.co">www.dimar.mil.co</a>	CIENCIAS DEL MAR	1754 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/26

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
51	901034790 -5	INSTITUTO DISTRITAL DE CIENCIA BIOTECNOLOGIA E INNOVACION EN SALUD	INSTITUTO DISTRITAL DE CIENCIA BIOTECNOLOGIA E INNOVACION EN SALUD	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.idcbis.org.co/">https://www.idcbis.org.co/</a>	SALUD	1763 de 2021	9/09/21	9/09/21	9/09/26
52	900239899 -6	CORPORACION INSTITUTO LATINOAMERICANO DE ALTOS ESTUDIOS ILAE	CORPORACION INSTITUTO LATINOAMERICANO DE ALTOS ESTUDIOS ILAE	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.ilae.edu.co/web/AcercaDeIlae/quienesomos.php">https://www.ilae.edu.co/web/AcercaDeIlae/quienesomos.php</a>	SOCIALES Y EDUCACIÓN	1988 de 2021	23/09/21	24/09/21	24/09/26
53	800180553 -4	FUNDACIÓN NEUMOLÓGICA COLOMBIANA	CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD RESPIRATORIA DE LA FUNDACIÓN NEUMOLÓGICA COLOMBIANA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.neumologica.org">www.neumologica.org</a>	SALUD	1989 de 2021	23/09/21	24/09/21	24/09/26
54	891800330 -1	UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA	INSTITUTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES - INCITEMA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	TUNJA - BOYACÁ	<a href="http://www.uptc.edu.co/">http://www.uptc.edu.co/</a>	INGENIERÍAS	2198 de 2021	13/10/21	14/10/21	14/10/26
55	860401496 -0	UNIVERSIDAD ECCI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA Y CIENCIA, CEINTECCI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.ecci.edu.co">www.ecci.edu.co</a>	INGENIERÍAS	2340 de 2021	9/11/21	9/11/21	9/11/24
56	891680089 -4	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO DIEGO LUIS CORDOBA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y CLIMATOLOGÍA - CIERCILMA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	QUIBDÓ - CHOCO	<a href="http://www.utch.edu.co">www.utch.edu.co</a>	INGENIERÍAS	2428 de 2021	24/11/21	26/11/21	26/11/24

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
57	830013743 -1	FUNDACIÓN CANGURO	FUNDACIÓN CANGURO	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.fundacioncanguro.co/">http://www.fundacioncanguro.co/</a>	SALUD	2492 de 2021	2/12/21	2/12/21	2/12/26
58	899999004 -9	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA del INSTITUTO AGUSTÍN CODAZZI	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA del INSTITUTO AGUSTÍN CODAZZI	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.igac.gov.co">www.igac.gov.co</a>	CIENCIAS BÁSICAS	2491 de 2021	2/12/21	2/12/21	2/12/26
59	830067892 -2	INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA - ICANH	INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA - ICANH	INSTITUTO PÚBLICO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.icanh.gov.co">www.icanh.gov.co</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0115 de 2022	15/02/22	16/02/22	16/02/27
60	860028971 -9	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA	CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN PSICOLOGÍA - CEIPS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.ucatolica.edu.co">www.ucatolica.edu.co</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0116 de 2022	15/02/22	16/02/22	16/02/25
61	8000828220 -6	INSTITUTO COLOMBIANO DE MEDICINA TROPICAL - ICMT	INSTITUTO COLOMBIANO DE MEDICINA TROPICAL - ICMT	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	SABANETA - ANTIOQUIA	<a href="http://icmt.org.co">http://icmt.org.co</a>	SALUD	0168 de 2022	25/02/22	28/02/22	28/02/27
62	890.801.063 -0	UNIVERSIDAD DE CALDAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ESTRATIGRAFÍA - IIES	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	MANIZALES - CALDAS	<a href="http://www.ucaldas.edu.co/">http://www.ucaldas.edu.co/</a>	GEOCIENCIAS	0468 de 2022	17/05/22	17/05/22	17/05/25
63	860.030.197 -0	JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.jbb.gov.co">www.jbb.gov.co</a>	AMBIENTE	0469 de 2022	17/05/22	17/05/22	17/05/25
64	890.801.063 -0	UNIVERSIDAD DE CALDAS	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS SOCIALES Y	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	MANIZALES - CALDAS	<a href="http://www.ucaldas.edu.co/">http://www.ucaldas.edu.co/</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0470 de 2022	17/05/22	17/05/22	17/05/25

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			HUMANAS - ICSH								
65	860.012.357 -6	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.usta.edu.co/">https://www.usta.edu.co/</a>	INGENIERÍAS	0529 de 2022	3/06/22	3/06/22	3/06/25
66	890.801.063 -0	UNIVERSIDAD DE CALDAS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN, DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA (CI2DT2)	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	MANIZALES - CALDAS	<a href="http://www.ucaldas.edu.co/">http://www.ucaldas.edu.co/</a>	INGENIERÍAS	0530 de 2022	3/06/22	3/06/22	3/06/27
67	890.104.530 -9	CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN LA CASA DEL MAESTRO	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BARRANQUILLA - ATLÁNTICO	<a href="https://www.cuc.edu.co/">https://www.cuc.edu.co/</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0531 de 2022	3/06/22	3/06/22	3/06/25
68	860.012.357 -6	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ECONOMÍA Y HUMANISMO LOUIS JOSEPH LEBRET O.P	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.usta.edu.co/">https://www.usta.edu.co/</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0589 de 2022	17/06/22	17/06/22	17/06/25
69	805.001.728 -8	CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA- CORPORACIÓN BIOTEC	CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA- CORPORACIÓN BIOTEC	CENTRO DE INVESTIGACIÓN AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.corporacionbiotec.org/">http://www.corporacionbiotec.org/</a>	BIOTECNOLOGÍA	0927 de 2022	9/09/22	12/09/22	12/09/25
70	899.999.063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://ciencias.bogota.unal.edu.co/departamentos/observatorio-astronomico-nacional/el-observatorio/">http://ciencias.bogota.unal.edu.co/departamentos/observatorio-astronomico-nacional/el-observatorio/</a>	CIENCIAS BÁSICAS	0928 de 2022	9/09/22	13/09/22	13/09/25
71	899.999.063 -3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	CENTRO DE INVESTIGACIONES PARA EL	CENTRO DE INVESTIGACIÓN	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cid.unal.edu.co/">http://www.cid.unal.edu.co/</a>	CIENCIAS HUMANAS SOCIALES	0962 de 2022	14/09/22	15/09/22	15/09/27

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			DESARROLLO - CID	DEPENDIENTE							
72	890.104.633 -9	UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR	CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA VIDA	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	BARRANQUILLA - ATLANTICO	<a href="https://www.unisimon.edu.co/ije/index/centro-de-investigaciones-en-ciencias-de-la-vida-cicv/479">https://www.unisimon.edu.co/ije/index/centro-de-investigaciones-en-ciencias-de-la-vida-cicv/479</a>	SALUD	0964 de 2022	14/09/22	15/09/22	15/09/23
73	891.680.089 -4	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO DIEGO LUIS CÓRDOBA	Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Hábitat "CEIBHA"	CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEPENDIENTE	QUIBDÓ - CHOCO	<a href="http://www.utch.edu.co">www.utch.edu.co</a>	AMBIENTE	0965 de 2022	14/09/22	15/09/22	15/09/23
74	800057293-5	INSTITUTO DE CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL PLÁSTICO Y DEL CAUCHO - ICIPC	INSTITUTO DE CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN DEL PLÁSTICO Y DEL CAUCHO - ICIPC	CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://icipc.org/">https://icipc.org/</a>	INDUSTRIAL-EMPRESARIAL	1487 de 2021	23/07/21	23/07/21	23/07/24
75	817006005-8	CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO CREATIC	CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO CREATIC	CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	POPAYAN- CAUCA	<a href="http://clustercreatic.com">http://clustercreatic.com</a>	INDUSTRIAL-EMPRESARIAL - CONSULTORIA	1597 de 2021	30/08/21	30/08/21	30/08/24
76	900404482-6	CENTRO DE BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA COMPUTACIONAL DE COLOMBIA-BIOS	CENTRO DE BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA COMPUTACIONAL DE COLOMBIA-BIOS	CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	MANIZALES- CALDAS	<a href="http://bios.co">http://bios.co</a>	BIOINFORMÁTICA Y BIOLOGÍA	1750 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/24
77	811033264-1	FUNDACION INTAL - INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ALIMENTARIA - INTAL	FUNDACION INTAL - INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA ALIMENTARIA - INTAL	CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	ITAGUI- ANTIOQUIA	<a href="http://www.intal.org">www.intal.org</a>	INDUSTRIA DE ALIMENTOS	2686 de 2021	14/12/21	15/12/21	15/12/24
78	804009247-1	CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS	CORPORACIÓN CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL GAS	CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	BUCARAMANGA - SANTANDER	<a href="http://www.cdtdegas.com">www.cdtdegas.com</a>	PRODUCCIÓN Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL	0114 de 2022	15/02/22	16/02/22	16/02/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
79	806.008.873-3	CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL. COTECMAR	CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL. COTECMAR	CENTRO DE DESARROLLO O TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	CARTAGENA DE INDIAS-BOLIVAR	<a href="https://www.cotecmar.com/">https://www.cotecmar.com/</a>	NAVAL, MARÍTIMA Y FLUVIAL	0774 de 2022	19/04/22	19/04/22	19/04/27
80	900.772.854-1	OCTOPUS FORCE S.A.S	OCTOPUS FORCE S.A.S	CENTRO DE DESARROLLO O TECNOLÓGICO - CDT AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.octopusforce.com">www.octopusforce.com</a>	INGENIERIA	0981 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/25
81	899999068-1	ECOPETROL S.A	INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETRÓLEO - ICP	CENTRO DE DESARROLLO O TECNOLÓGICO - CDT DEPENDIENTE	PIEDRECUESTA-SANTANDER	<a href="https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal">https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal</a>	PETRÓLEO	1542 de 2021	10/08/21	10/08/21	10/08/26
82	899999063-3	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN	CENTRO DE DESARROLLO E INNOVACIÓN FACULTAD DE MINAS	CENTRO DE DESARROLLO O TECNOLÓGICO - CDT DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTOQUIA	<a href="https://minas.medellin.unal.edu.co/cdi/index.php/cdi/acerca-del-cdi">https://minas.medellin.unal.edu.co/cdi/index.php/cdi/acerca-del-cdi</a>	INGENIERÍAS	621 de 2021	26/02/21	26/02/21	26/02/24
83	890.801.063 - 0	UNIVERSIDAD DE CALDAS	PLANTA DE BIOPROCESOS Y AGROINDUSTRIAL	CENTRO DE DESARROLLO O TECNOLÓGICO - CDT DEPENDIENTE	MANIZALES-CALDAS	<a href="http://www.ucaldas.edu.co/">www.ucaldas.edu.co/</a>	BIOPROCESOS - AGROINDUSTRIAL	2284 de 2021	27/10/21	28/10/21	28/10/24
84	805002329 - 7	CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD – CNP	CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD – CNP	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP- AUTÓNOMO	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="https://cnp.org.co/">https://cnp.org.co/</a>	CONSULTORÍA	2269 de 2019	4/12/19	10/12/19	10/12/22
85	900.458.879-8	CORPORACIÓN CONNECT BOGOTÁ REGIÓN	CORPORACIÓN CONNECT	CENTRO DE INNOVACIÓN Y	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://connectbogota.org/">https://connectbogota.org/</a>	CONSULTORÍA	635 de 2020	23/06/20	24/06/20	24/06/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			BOGOTA REGIÓN	PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO							
86	800093455 - 8	CORPORACIÓN CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA - CTA	CORPORACIÓN CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA - CTA	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://cta.org.co/">https://cta.org.co/</a>	EDUCACIÓN, AGUA Y AMBIENTE, PRODUCTIVIDAD	2207 de 2019	27/11/19	29/11/19	29/11/24
87	900224607-7	TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN INVERSIONES SAS - TECKINN	TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN INVERSIONES SAS - TECKINN	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.inventta.co">www.inventta.co</a>	CONSULTORÍA	1219 de 2020	12/11/20	18/11/20	18/11/23
88	900180913-5	FUNDACIÓN TECNALIA COLOMBIA	FUNDACIÓN TECNALIA COLOMBIA	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://tecnaliacolombia.org/">https://tecnaliacolombia.org/</a>	CONSULTORÍA	1323 de 2020	27/11/20	30/12/20	30/12/23
89	900343420 - 7	PUNTO ESTRATÉGICO RED DE CONSULTORES S.A.S	PUNTO ESTRATÉGICO RED DE CONSULTORES S.A.S	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BARRANQUILLA - ATLANTICO	<a href="http://www.puntoestrategico.com.co">www.puntoestrategico.com.co</a>	CONSULTORÍA	1133 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
90	811001689-0	CORPORACIÓN CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO - CIDET	CORPORACIÓN CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR ELÉCTRICO - CIDET	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.cidet.org.co/">http://www.cidet.org.co/</a>	ELÉCTRICO	1595 de 2021	30/08/21	30/08/21	30/08/24
91	804012522-1	CENTRO DE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL ORIENTE CPC ORIENTE	CENTRO DE PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL ORIENTE CPC ORIENTE	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BUCARAMANGA - SANTANDER	<a href="http://www.cpcoriente.org.co">www.cpcoriente.org.co</a>	CONSULTORÍA	1748 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/24
92	860403137-0	ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA – OEI	ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN,	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.oei.org.co">www.oei.org.co</a>	EDUCACIÓN, CIENCIA Y CULTURA	2288 de 2021	28/10/21	28/10/21	28/10/22

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			LA CIENCIA Y LA CULTURA – OEI	DAD - CIP-AUTÓNOMO							
93	901.122.897-1	STIFTELSEN THE STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (SEI)	STIFTELSEN THE STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (SEI) - CIP	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.sci.org/centres/latin-america/">https://www.sci.org/centres/latin-america/</a>	MEDIO AMBIENTE - SERVICIOS - CONSULTORIA	0982 de 2022	20/09/22	23/09/22	23/09/23
94	800.149.483-7	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES - CINTEL	CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES - CINTEL	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://cintel.co/">https://cintel.co/</a>	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	0983 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/25
95	809.004.046-1	CENTRO REGIONAL DEL PRODUCTIVIDAD Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL TOLIMA	CENTRO REGIONAL DEL PRODUCTIVIDAD Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL TOLIMA	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP-AUTÓNOMO	IBAGUE - TOLIMA	<a href="http://www.cpt.org.co">www.cpt.org.co</a>	CONSULTORIAS - ASESORIAS	0984 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/25
96	891480035-9	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO	CENTRO DE INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD - CIP - DEPENDIENTE	PEREIRA - RISARALDA	<a href="http://www.utp.edu.co">www.utp.edu.co</a>	TERCERIZACIÓN DE SERVICIOS - TIC	0280 de 2022	28/03/22	28/03/22	28/03/25
97	890106527-5	PROCAPS S.A.	PROCAPS S.A.	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	BARRANQUILLA - ATLANTICO	<a href="https://www.procapslaboratorios.com">https://www.procapslaboratorios.com</a>	FARMACÉUTICO	0480 de 2020	14/05/20	21/05/20	21/05/23
98	900062201 - 4	ALSEC ALIMENTOS SECOS S.A.S	ALSEC ALIMENTOS SECOS S.A.S	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	LA ESTRELLA - ANTIOQUIA	<a href="http://www.alsec.com.co">www.alsec.com.co</a>	AGROALIMENTOS	0777 de 2020	27/08/20	28/08/20	28/08/23
99	860002536 - 5	COLCERAMICA S.A.S	COLCERAMICA S.A.S	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	GIRARDOTA - ANTIOQUIA	<a href="http://www.corona.co">http://www.corona.co</a>	CERAMICAS	1135 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
100	890900161 - 9	PRODUCTOS FAMILIA S.A.	PRODUCTOS FAMILIA S.A.	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.grupofamilia.com.co/">http://www.grupofamilia.com.co/</a>	FABRICACIÓN ARTÍCULOS DE PAPEL Y CARTÓN	1138 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
101	890.922.549-7	PREMEX S.A.S.	PREMEX S.A.S.	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.premex.co/es">www.premex.co/es</a>	INSUMOS PECUARIOS	2197 de 2021	13/10/21	14/10/21	14/10/24
102	890900120-7	SUMINISTROS DE COLOMBIA S.A.S. – SUMICOL S.A.S.	SUMINISTROS DE COLOMBIA S.A.S. – SUMICOL S.A.S.	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	SABANETA - ANTIOQUIA	<a href="http://www.corona.co/">www.corona.co/</a>	SUMINISTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS O DE ASESORIA	2281 de 2021	27/10/21	28/10/21	28/10/24
103	860.063.875-8	ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P	ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P	EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA - EAI	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.enel.com.co/">https://www.enel.com.co/</a>	ENERGÍA ELÉCTRICA	0978 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/23
104	811007547	CREAME INCUBADORA DE EMPRESAS	CREAME INCUBADORA DE EMPRESAS	INCUBADORA DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA - IEBT - AUTÓNOMA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.cream.com.co/">www.cream.com.co/</a>	CONSULTORÍA	1451 de 2018	23/11/18	27/11/18	26/11/23
105	900044905-4	FUNDACIÓN PARQUE TECNOLÓGICO DE SOFTWARE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL META Y LA AMAZORINOQUIA	FUNDACIÓN PARQUE TECNOLÓGICO DE SOFTWARE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL META Y LA AMAZORINOQUIA	INCUBADORA DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA - IEBT - AUTÓNOMA	VILLAVICENCIO - META	<a href="http://parquesoftmeta.com/">http://parquesoftmeta.com/</a>	CONSULTORÍA	622 de 2021	26/02/21	26/02/21	26/02/24
106	890901389	UNIVERSIDAD EAFIT	ÁREA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y CONOCIMIENTO DE INNOVACIÓN EAFIT	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://www.eafit.edu.co/">https://www.eafit.edu.co/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	1122 de 2020	21/10/20	30/10/20	30/10/23
107	860075558-1	UNIVERSIDAD DE LA SABANA	UNISABANA HUB	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE	CHÍA - CUNDINAMARCA	<a href="https://www.unisabana.edu.co/">https://www.unisabana.edu.co/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	0218 de 2022	11/03/22	11/03/22	11/03/25

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
				INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE							
108	900157683-1	CORPORACIÓN TECNNOVA UNIVERSIDAD EMPRESA ESTADO – TECNNOVA UEE	CORPORACIÓN TECNNOVA UNIVERSIDAD EMPRESA ESTADO	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - AUTONOMA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://www.tecnnova.org/">https://www.tecnnova.org/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	1125 de 2020	22/10/20	29/10/20	29/10/23
109	901066091-2	REDDI AGENCIA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN	REDDI COLOMBIA	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - AUTONOMA	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="https://reddicolombia.com/">https://reddicolombia.com/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	1322 de 2020	27/11/20	27/11/20	27/11/23
110	860013720-1	UNIVERSIDAD JAVERIANA	DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN - OTRI	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE	BOGOTÁ - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.javeriana.edu.co/inicio">https://www.javeriana.edu.co/inicio</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	0801 de 2020	2/09/20	7/09/20	7/09/23
111	890902920	UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN	CENTRO DE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO EMPRESARIAL DE LA UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://udemedellin.edu.co/">https://udemedellin.edu.co/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	1137 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
112	890399010-6	UNIVERSIDAD DEL VALLE	DIRECCIÓN OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.univalle.edu.co/">http://www.univalle.edu.co/</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	1752 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/24

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
113	890980040-8	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	UNIDAD TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	OFICINA DE TRANSFERENCIA DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN - OTRI - DEPENDIENTE	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.udca.edu.co">www.udca.edu.co</a>	CONSULTORÍA - TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	0172 de 2022	28/02/22	28/02/22	28/02/25
114	890930534 - 0	CADENA S.A	CADENA S.A	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.cadena.com.co">www.cadena.com.co</a>	INGENIERÍAS	2220 de 2019	29/11/19	5/12/19	5/12/22
115	900.042.857-1	XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS S.A. E.S.P.	XM COMPAÑÍA DE EXPERTOS EN MERCADOS S.A. E.S.P.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.xm.com.co">www.xm.com.co</a>	ENERGÍA - SERVICIOS	0479 de 2020	14/05/20	18/05/20	18/05/23
116	890900148-2	COMPAÑIA GLOBAL DE PINTURAS S.A. - PINTUCO S.A.	COMPAÑIA GLOBAL DE PINTURAS S.A. - PINTUCO S.A.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.pintuco.com.co">www.pintuco.com.co</a>	QUÍMICOS	0480 de 2020	5/06/20	5/06/20	5/06/23
117	860025900 - 2	ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS SA	ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS SA	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	SOPO - CUNDINAMARCA	<a href="http://www.alpina.com.co">www.alpina.com.co</a>	AGROALIMENTOS	610 de 2020	5/06/20	5/06/20	5/06/23
118	800.133.807-1	SCANDINAVIA PHARMA LTDA	SCANDINAVIA PHARMA LTDA	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.scandinavia.com.co/">https://www.scandinavia.com.co/</a>	FARMACÉUTICA, MEDICAMENTOS	657 de 2020	2/07/20	3/07/20	3/07/23
119	860016310 - 9	PRODUCCIONES GENERALES - PROGEN S.A	PRODUCCIONES GENERALES - PROGEN S.A	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.progen.com.co/sobre-nosotros">https://www.progen.com.co/sobre-nosotros</a>	INGENIERÍAS - MANUFACTURAS	084 de 2020	29/01/20	18/02/20	18/02/23
120	800138188 - 1	ADMINISTRADORA DE FONDOS DE PENSIONES Y CESANTÍA PROTECCIÓN S.A.	ADMINISTRADORA DE FONDOS DE PENSIONES Y CESANTÍA PROTECCIÓN S.A.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.proteccion.com">www.proteccion.com</a>	FINANCIERO	0925 de 2020	8/09/20	10/09/20	10/09/23
121	890105526-3	PROMIGAS S.A. E.S.P.	PROMIGAS S.A. E.S.P.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BARRANQUILLA - ATLANTICO	<a href="http://www.promigas.com">http://www.promigas.com</a>	GAS NATURAL	1051 de 2020	6/10/20	7/10/20	7/10/23
122	890904996-1	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN E.S.P. - EPM	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN E.S.P. - EPM	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.epm.com.co">www.epm.com.co</a>	ENERGÍA - SERVICIOS	1050 de 2020	6/10/20	9/10/20	9/10/23

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
123	811014994 - 9	COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.S.	COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.S.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.noel.com.co">www.noel.com.co</a>	FABRICACIÓN DE ALIMENTOS	1372 de 2020	14/12/20	14/12/20	14/12/23
124	900368112- 1	LABORATORIO DE ENSAYOS DE ILUMINACIÓN LUMINOTEST S.A.S. - LUMINOTEST S.A.S	LABORATORIO DE ENSAYOS DE ILUMINACIÓN LUMINOTEST S.A.S. - LUMINOTEST S.A.S	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://luminotest.com.co/">https://luminotest.com.co/</a>	ENERGÍA - SERVICIOS	623 de 2021	26/02/21	26/02/21	26/02/24
125	811003486 - 1	QUIPUX S.A.S	QUIPUX S.A.S	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://luminotest.com.co/">https://luminotest.com.co/</a>	TRANSPORTE - INDUSTRIAS 4,0	624 de 2021	26/02/21	26/02/21	26/02/24
126	811003486 - 2	BANCO DAVIVIENDA	BANCO DAVIVIENDA	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.davivienda.com/wps/portal/personas/quienes_somos/">https://www.davivienda.com/wps/portal/personas/quienes_somos/</a>	FINANCIERO	1132 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
127	811003486 - 3	TECNOLOGÍAS MARTE	TECNOLOGÍAS MARTE	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	RIONEGRO - ANTIOQUIA	<a href="http://www.tecmarte.com">www.tecmarte.com</a>	INGENIERÍAS - MANUFACTURAS	1131 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
128	890.900.291-8	SOLLA S.A	SOLLA S.A	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	ITAGUI - ANTIOQUIA	<a href="http://www.solla.com">www.solla.com</a>	INDUSTRIAL ALIMENTOS- CEREALES- QUIMICOS	1140 de 2021	24/05/21	24/05/21	24/05/24
129	890903938-8	BANCOLOMBIA S.A	BANCOLOMBIA S.A	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="http://www.grupobancolombia.com">www.grupobancolombia.com</a>	FINANCIERO	1751 de 2021	7/09/21	8/09/21	8/09/24
130	800059470-5	ESENTTIA S.A.	ESENTTIA S.A.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	CARTAGENA DE INDIAS-BOLIVAR	<a href="http://www.esenttia.co">www.esenttia.co</a>	QUÍMICO- INDUSTRIAL	2280 de 2021	27/10/21	28/10/21	28/10/24
131	800.249.860 - 1	CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	CALI - VALLE DEL CAUCA	<a href="http://www.celsia.com/">www.celsia.com/</a>	ENERGÍA - SERVICIOS	2282 de 2021	27/10/21	28/10/21	28/10/24
132	860010192- 9	PRODUCTORA DE GELATINA S.A.S	PRODUCTORA DE GELATINA S.A.S	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MANIZALES- CALDAS	<a href="http://www.progel.com.co">www.progel.com.co</a>	FABRICACION, DISTRIBUCIÓN, EXPORTACIÓN DE GELATINAS Y OTROS	2301 de 2021	2/11/21	3/11/21	3/11/22
133	800144331-3	SOCIEDAD ADMINISTRADORA DE FONDOS DE PENSIONES Y CESANTÍAS PORVENIR S.A.	SOCIEDAD ADMINISTRADORA DE FONDOS DE PENSIONES Y	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.porvenir.com.co">www.porvenir.com.co</a>	FONDOS DE PENSIONES Y CESANTÍAS - FINANCIERO	2392 de 2021	22/11/21	22/11/21	22/11/22

N o.	NIT ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ENTIDAD / ORGANIZACIÓN	NOMBRE ACTOR	RECONOCIDO COMO	CIUDAD / DEPARTAMENTO	PÁGINA WEB	SECTOR	RESOLUCIÓN	FECHA DE EXPEDICIÓN	FECHA DE NOTIFICACIÓN	VIGENTE HASTA
			CESANTIAS PORVENIR S.A.								
134	800.249.313-2	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD"	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="https://www.mansarovar.com.co/">https://www.mansarovar.com.co/</a>	PETRÓLEO, GAS, HIDROCARBUROS Y DERIVADOS	0215 de 2022	11/03/22	11/03/22	11/03/23
135	860002964-4	BANCO DE BOGOTÁ	BANCO DE BOGOTÁ	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.bancodebogota.com.co">www.bancodebogota.com.co</a>	FINANCIERO	0216 de 2022	11/03/22	11/03/22	11/03/25
136	800096329-1	FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL S A - FINDETER	FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL S A - FINDETER	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.fndeter.gov.co">www.fndeter.gov.co</a>	FINANCIERO	0217 de 2022	11/03/22	11/03/22	11/03/23
137	860508470-0	PREFLEX S.A.S	PREFLEX S.A.S	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.preflex.com.co/">http://www.preflex.com.co/</a>	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	0472 de 2022	18/05/22	18/05/22	18/05/25
138	860.009.008-1	FIBERGLASS COLOMBIA S.A	FIBERGLASS COLOMBIA S.A	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MOSQUERA - CUNDINAMARCA	<a href="http://www.isover.com.co">www.isover.com.co</a>	MANUFACTURA	0926 de 2022	9/09/22	13/09/22	13/09/23
139	830.062.553-8	CLINICAL LABORATORY TECHNOLOGY	CLINICAL LABORATORY TECHNOLOGY	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	BOGOTA - DISTRITO CAPITAL	<a href="http://www.cltech.net">www.cltech.net</a>	DISEÑO-DESARROLLO - DISTRIBUCIÓN DE SOFTWARE	0979 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/23
140	830.501.271-0	INTEGRA S.A.	INTEGRA S.A.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	PEREIRA - RISARALDA	<a href="http://www.integra.com.co">www.integra.com.co</a>	TRANSPORTE	0985 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/25
141	900.480.115-1	SOUTH POLE ASSET MANAGEMENT S.A.S	SOUTH POLE ASSET MANAGEMENT S.A.S	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	MEDELLÍN - ANTIOQUIA	<a href="https://www.southpole.com/">https://www.southpole.com/</a>	MEDIO AMBIENTE - SERVICIOS	0986 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/23
142	800.018.359-1	BEL-STAR S.A.	BEL-STAR S.A.	UNIDAD DE I+D+i DE EMPRESA	TOCANCIPA - CUNDINAMARCA	<a href="http://www.belcorp.biz">www.belcorp.biz</a>	COSMÉTICOS	0988 de 2022	20/09/22	21/09/22	21/09/25



## A2. Relatoría Mesa Técnica de Expertos en Formación de Alto Nivel

Documentado por Diana Castro

---

Submesa Grupo 3. Componente "formación alto nivel (educación de maestría y doctorado)

20 de noviembre de 2020

### MESA TÉCNICA VIRTUAL DE EXPERTOS - FORMULACIÓN DE LINEAMIENTOS DE POLÍTICA DE VOCACIONES Y FORMACIÓN EN CTeI

#### LISTADO DE EXPERTOS ASISTENTES A LA MESA

	Experto	Correo electrónico	Contacto
1	Ángela María Montoya H Eafit, coordinadora Semilleros de Investigación	<a href="mailto:amontoya@eafit.edu.co">amontoya@eafit.edu.co</a>	3007527919
2	Felipe Montes Profesor Investigador Uniandes , también Exdirector de Calidad Superior MEN	<a href="mailto:fel-mont@uniandes.edu.co">fel-mont@uniandes.edu.co</a>	3165211339
3	Gabriel Rueda Asesor Viceministerio de ES MEN	<a href="mailto:grueda@mineducacion.gov.co">grueda@mineducacion.gov.co</a>	3002145331
4	Gerson Erazo Vicerrector Universidad Católica del Sur	<a href="mailto:vice.academica@unicatolicadelsur.edu.co">vice.academica@unicatolicadelsur.edu.co</a>	3128298177
5	Constanza Londoño Colfuturo	<a href="mailto:cogbe@colfuturo.org">cogbe@colfuturo.org</a>	3405394 Ext.165
6	Marco David Torres Aya Asesor Dirección de Investigación y Desarrollo Agrosavia	<a href="mailto:mdtorres@agrosavia.co">mdtorres@agrosavia.co</a>	3115704578
7	Alejandra Torres Colfuturo	<a href="mailto:cogbe@colfuturo.org">cogbe@colfuturo.org</a>	3405394 Ext.165
	Miguel Tovar Minciencias Formación de Alto Nivel	<a href="mailto:mtobar@minciencias.gov.co">mtobar@minciencias.gov.co</a>	3124802684

La reunión comienza con la intervención de Arturo Melo Román investigador del CID de la Unal como moderador de la mesa, quien da la bienvenida a los asistentes y propone las reglas de la mesa (2 minutos cada intervención) y solicita a la audiencia seleccionar entre el grupo de expertos invitados, el relator de la mesa. Se propone como relator a Gabriel Rueda, asesor del Viceministerio de Educación Superior. La mesa tendrá tres momentos para su desarrollo. Un primer momento para el

Análisis y debate sobre las problemáticas y macro tendencias identificadas, Segundo momento: Análisis sobre las acciones o iniciativas identificadas y Tercer momento: Preparación de conclusiones y relatoría.

**Primer momento:**

Toma la palabra Arturo Melo quien realiza un contexto de los sobre los diferentes problemas que se han evidenciado en la formación de alto nivel (maestrías y doctorados) ente los cuales describe: 1. Falta de investigadores, doctores que ayuden a generar conocimiento, 2. Falta de capacidad para formarlos, 3. No existe una política en prospectiva que ayude a construir ese país que se quiere, 4. Los que se gradúan tienen poca absorción del sector productivo y 5. Regionalización y pertinencia, a veces las áreas de formación no se alinean con las necesidades del país o de la región.

Posteriormente propone la discusión sobre la primera pregunta: **¿Qué piensa sobre lo que se ha hecho desde la educación formal y actividades ACTI para despertar vocaciones y formación en CTel)**

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional.

- Hay una tendencia creciente a tener más personas formadas en maestrías y doctorados, sin embargo, esto se ha vuelto un requisito de la carrera docente y no una verdadera vocación para la innovación e investigación.
- El país cada vez tiene más capacidades de financiación doctoral, aunque no suficientes, pero con niveles diferentes de calidad.

Toma la palabra **Marco Torres** de Agrosavia.

- Está de acuerdo con lo expuesto anteriormente, con que existe poca absorción de doctores por parte el sector productivo. En los diferentes programas que se realizan desde Agrosavia en el sistema productivo agropecuario, se ha evidenciado que no se conoce lo que sucede en el país. Los doctores que estudian fuera, cuando vuelven no pueden continuar sus estudios o hacer sus estancias posdoctorales porque no existen las capacidades en el país para hacerlo, existen limitantes tecnológicas.
- De acuerdo con la problemática regional. Existen dificultades en los centros de investigación apartados del casco urbano, algunos investigadores prefieren llegar a grandes ciudades. Pero en las regiones se necesita gran capacidad de investigadores para que el conocimiento no se centralice.

Toma la palabra **Ángela Montoya** de Eafit.

- Hay una tendencia a tener cada vez mayor cantidad de profesores de Maestría y Doctorado, con incentivos para estudiar y reconocimiento a la producción intelectual, pero los mecanismos privan a los estudiantes de pregrado a volverse investigadores.
- Premiar y motivar a los formados de altos niveles de estudio a que siempre estén en interacción con estudiantes de pregrado para así también motivar a los estudiantes de pregrado a ser investigadores.

Toma la palabra **Felipe Montes** de Universidad de los Andes.

- De acuerdo con que hay un incremento de doctores, pero es importante diferenciar las ciencias básicas, ciencias aplicadas y tecnología: consumo distinto, financiaciones distintas. El país ha hecho un esfuerzo en las ciencias básicas nos hemos quedado cortos en las ciencias aplicadas y ahí es donde deben aportar los diferentes fondos. Las universidades y docentes deben abrir plazas para mayor capacidad y mayor producción científica en ciencias aplicadas
- La financiación no viene desde las empresas entonces no conocen el retorno de su inversión.
- Los estudios de doctorado deben ser más cortos. Algo económicamente viable es aprovechar la diversidad y sus capacidades y distinguir capacidad y recursos de cada región.
- Creación de institutos muy fuertes donde los investigadores puedan tener una doble afiliación, puede ser, un salario básico desde la universidad y aportes desde y hacia el sector productivo.

Toma la palabra **Gerson Erazo** de Universidad Católica del Sur

- Preocupan hacia al futuro los cambios contemplados en el decreto 1330 dirigido hacia educar para el mercado laboral y olvidando el objeto de estudio de las disciplinas. Esto produce deficiencias en la parte metodológica y la fundamentación técnica para investigación. Se contempla en los marcos de cualificación respuesta al mercado laboral lo que puede llevar a que pronto las tengamos maestrías profesionalizadas, es decir, sin investigación.

Toma la palabra **Constanza Londoño** de Colfuturo

- Revisar el impacto de programas de doctorado del Ministerio de Educación Nacional que Cofuturo ha acompañado. Como el programa de doctorado en la empresa en donde capitalizan lo que ellos ven en la academia y en algunos casos les han dados líneas de investigación.
- También los programas de las maestrías y doctorados donde proyectos de investigación en las regiones, tienen que ver con fuentes de financiación desde las regiones.

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional

- Hasta ahora lo importante ha sido formar y ahora tenemos muchos formados, el problema no es cuántos formamos sino para qué.
- Actualmente, los formados quieren hacer carrera docente.
- El sector productivo no ha capitalizado este conocimiento porque no tiene entendido para que le sirve y no considera que lo pueda pagar.

Toma la palabra **Marco Torres** de Agrosavia.

- De acuerdo con Gabriel Rueda. Lo importante es saber cómo vincularlos al sector productivo. Actualmente, el tipo de vinculación al sector productivo no es a término indefinido sino por prestación de servicios, (consultoría el año pasado 140 PHD colombianos que venían de fuera del país), lo importante no es sacar más sino cómo vincularlos tanto al sector productivo como académico y darles estabilidad para que no se fuge ese conocimiento.

Toma la palabra **Felipe Montes** de Universidad de los Andes.

- De acuerdo con Marco Torres, Agrosavia es algo funciona, la clave está en formar doctores en sectores donde seamos campeones mundiales.

Toma la palabra **Alejandra Torres** de Colfturo

- Una vez se gradúan los doctores se enfrentan a más dificultades porque no encuentran en el país condiciones más favorables que en el exterior, lo que los hace decidir por quedarse fuera.
  - Docentes con pocas horas cátedra.
  - Alta inestabilidad
- No es formar más doctores sino cómo incentivar la financiación de sus estudios y lo que viene después.

Toma la palabra **Arturo Melo** para referirse a la calidad de los doctorados y la necesidad de alinear estos con las apuestas del país.

Toma la palabra **Miguel Tovar** de Miniciencias.

- Desde el equipo de Formación de Alto Nivel de Colciencias, hemos evidenciado en el caso de las pasantías posdoctorales se cuenta con recursos por un año para la pasantía y después en muchos casos ya no tienen donde realizarlas.
- En cuanto a la infraestructura, Minciencias da recursos, pero las universidades no tienen infraestructura en laboratorios, por lo que cuando el egresado regresa al país deben contar no solamente con recursos para su sostenibilidad personal sino también para el proyecto que se va a desarrollar.

Toma la palabra **Arturo Melo** para proponer la discusión sobre la segunda pregunta: **¿Cuáles son las principales tendencias que deberían considerarse para el fomento de vacaciones y formación CTel?**

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional

- La pandemia ha evidenciado que la formación virtual puede incrementar el estudio de programas de alto nivel. Formarse de forma virtual va a incrementar el número de maestrías y doctorados sin salir del país, por medio de la tecnología, pues no necesariamente lo virtual es de mala calidad.

- A veces los estudiantes terminan inmersos en lo académico y desconocen el mundo real, esto puede valorarse más si se tiene claro lo que estudió para qué lo estudió.

Toma la palabra **Gerson Erazo** de Universidad Católica del Sur

- Necesariamente una megatendencia es la 4ta. Revolución Industrial. Otros temas de trabajo, otras formas de relacionarnos orientadas a la 4ta revolución.
- Limitaciones:
  - Infraestructura, garantizar la infraestructura para la 4ta. Revolución Industrial
  - Conectividad

Toma la palabra **Ángela Montoya** de Eafit.

- Apoya la posición del profesor Erazo.

Toma la palabra **Felipe Montes** de Universidad de los Andes.

- Tendencia debe ser enseñar a los estudiantes de doctorado a conseguir recursos.
- Interdisciplinariedad en los doctorados debe estar presentes estudiantes en grupos de trabajo exigido por la transdisciplinariedad de los temas de investigación.
- Foco en redes de investigación, centros de investigación de excelencia. El foco no debe estar en la formación de un doctor sino en formar varios doctores en el mismo tema.

Toma la palabra **Ángela Montoya** de Eafit.

- Un tema importante de abordar es la estabilidad psicológica de los doctorandos dados los grandes requisitos para graduarse o permanecer. Es necesario considerar el acompañamiento emocional articulado con otras disciplinas. El doctorado se vuelve una oda a la soledad y la separación del mundo por lo que retornar es complejo y difícil. Acompañamiento antes y después del doctorado. Lo emocional es un factor crítico para decidir hacer un doctorado, para hacerlo bien y para terminarlo bien.

Toma la palabra **Arturo Melo** para referirse a la propuesta de las universidades frente al emprendimiento que genera más empresas y por ende más empleo, ¿que opinión tienen al respecto?

Toma la palabra **Constanza Londoño** de Colfuturo

- El MEN tiene ese tipo de programas, pero muy pocas veces el estudiante es normalmente empresario se inclina mas por la investigación. Para ellos es muy difícil presentar actividades de condonación, no se sabe cómo abordar esta situación, pero es necesario trabajar en ello.

Toma la palabra **Constanza Londoño** de Colfuturo

- Forma de educación virtual es una realidad. En el exterior las maestrías y doctorados este año empezaron virtuales con una articulación posterior de prespecialidad en laboratorios o trabajos aplicados.
- Es el momento para que las universidades en Colombia se articulen con el exterior en prestar esas etapas experimentales en Colombia mediante un mecanismo híbrido.
- Si los programas siguen así, esto permitiría, en términos de recursos, financiar más matrícula porque el sostenimiento sería en el país lo cual es más económico. Pueden ser más becas que cubra a más aspirantes o más n incremento en el apoyo para la matrícula.

Toma la palabra **Arturo Melo** para proponer la discusión sobre la segunda pregunta: **¿Cuáles serían los lineamientos de política y programas estratégicos que se propondrían?**

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional

- Formación doctoral financiada con recursos del gobierno nacional, sector productivo y los propios recursos del estudiante que quieran aportar. Más amplia, más generosa y de mayor calidad, no solo un esfuerzo personal sino colectivo.

Toma la palabra **Marco Torres** de Agrosavia.

- Regionalización y pertinencia, esfuerzo en incentivos para que los estudiantes vuelvan a sus regiones.
- Formación doctoral de menos tiempo requiere capacidad en Colombia y ajustar los planes de estudio.

Toma la palabra **Gerson Erazo** de Universidad Católica del Sur

- Doctorados pertinentes. Dos columnas fundamentales:
  1. Sector oficial, marcos regionales de desarrollo social y económico
  2. Sector privado, relación directa entre la empresa, la universidad y el estado. La desconfianza del sector productivo es que la formación no da respuesta a sus necesidades. Sin esta articulación no hay respaldo.

Toma la palabra **Felipe Montes** de Universidad de los Andes.

- Mayoría de recursos invertirlos en que los doctores hagan doctorados en Colombia con pasantías o doble asesor (uno fuera del país).
- Posdoctorado afuera doctorado acá. Así tendrían una red aquí y traerán más conocimiento para apoyarla, de esta manera no se desconectan de la realidad del país estando 4 años fuera.
- El país debe definir centros o focos en territorio donde seamos campeones mundiales en cada región. Saber qué hacemos bien y duplicar esfuerzos con una doble afiliación. Pertenecen a un instituto regional, pero viven en ciudad y enseñan en la universidad.
- Distinción y perfilación de más programas en innovación. Las empresas financian los proyectos (ejemplo: UAndes).

- El mismo estado debe dar ejemplo. Valorando e incentivando a los doctores que trabajan allí.

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional

- El sistema incentiva que la formación doctoral conduzca a la publicación. Con el Decreto 1270, por ejemplo, se vuelve el propósito final.
- Una política de transformación de los entornos productivo, social, cultural.
- Pertinencia de la publicación, se publica sobre lugares donde no se conoce, el propósito de la formación doctoral no es publicar es transformar a través del conocimiento.

Toma la palabra **Marco Torres** de Agrosavia.

- Convocatorias de formación alineada a las demandas del sector productivo en general, porque se quiere aplicar en un país que no se conoce.
- Proceso de convalidación es demorado, afecta las alianzas y afecta las instancias por los tiempos de convalidaciones y homologaciones.

Toma la palabra **Arturo Melo** para proponer discusión sobre el problema financiero existente, **¿Qué mecanismos debería tener para motivar el sector productivo?**

Toma la palabra **Ángela Montoya** de Eafit.

- Alfabetización de las empresas sobre los beneficios de apoyar a ser doctorados a sus empleados o recibir doctores en sus empresas. Los sistemas permitan la estructura y establezcan unas estrategias conjuntas empresa – estado – universidad para que existan apoyos. ¿Cómo lograrlo?, Bajando la duración de estos programas para que el sector productivo lo vea con buenos ojos al tener un retorno en un menor tiempo.
- Aumentar las posibilidades de graduación con proyectos en los sectores.

Toma la palabra **Gabriel Rueda** del Ministerio de Educación Nacional

- Financiar doctorados no debe generar beneficio tributario. No deben ser mejores condiciones en la economía de la empresa sino como una inversión que va a hacer para transformar a mediano y largo plazo su negocio. La actualiza, la transforma y así empieza entender que, no es una obra de caridad sino parte de su mejora en rentabilidad a mediano y largo plazo. A nivel internacional, se forman en filosofía pues han entendido como esta disciplina aporta a sus organizaciones.

Toma la palabra **Ángela Torres** de Colfuturo.

- Convocatoria de doctorado nacional en empresa, el camino es fortalecer los mecanismos que ya están y mejorarlos.

- Convocatorias por Recursos Nacionales de Regalías, en sus revisiones, oportunidad de invitar a las empresas a involucrarse en estos proyectos alineados con la región e impacto directo en la misma región.

Toma la palabra **Ángela Montoya** de Eafit.

- Planes de estudio con formación de competencias blandas. No por el hecho de tener un doctorado se es capaz de defender un proyecto en una comunidad. Para que los doctores tengan un impacto en los planes de estudio, desde lo que es y lo que es capaz de transmitir.

Toma la palabra **Constanza Londoño** de Colfturo

- Preguntarles a los empresarios cómo podemos mejorar y que nos hace falta. Involucrarlos en la construcción desde lo inicial.

Toma la palabra **Miguel Tovar** de Miniciencias.

- Crear confianza entre la universidad y la industria. La industria acude a la universidad cuando no tiene.
- Pasantías desde el pregrado, tesis en la industria.
- Competencias blandas de acuerdo. Debemos formar líderes que le permitan desempeñarse por ejemplo, como gerente.
- Emprendimiento: La universidad debe dar la facilidad al estudiante de crear empresa de base tecnológica. Formación básica y una de las ramas puede ser investigar y otra hacia la creación de empresa de base tecnología, pero la universidad da materias complementarias para crear empresa.

#### **Comentarios adicionales a la relatoría de Gabriel Rueda.**

Toma la palabra **Constanza Londoño** de Colfturo

- El doctorado debería aportar desde el kínder. Desde la fundamentación.

Otros.

- Fuerte preocupación. Formación de doctorados centrada en el hacer y no en el pensar.
- Desarrollar estrategias pedagógicas, que inspire.
- Formación interdisciplinar.

## RELATORÍA DE GABRIEL RUEDA

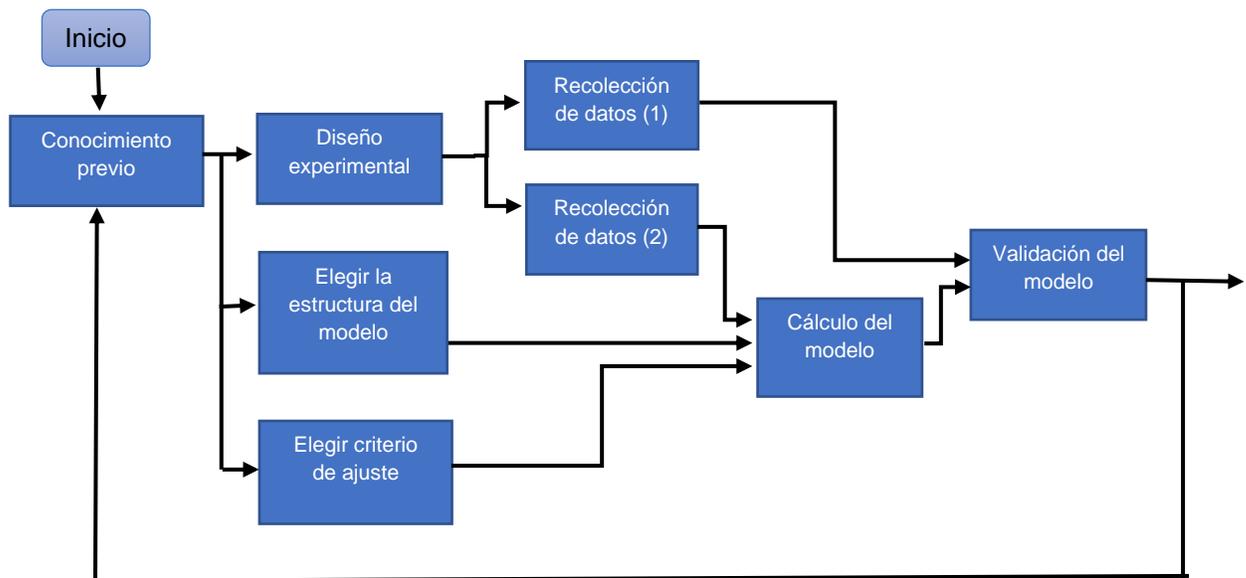
Las propuestas para dinamizar los mecanismos causales en busca de mejorar la situación actual de la TC-UR fueron contrastadas y verificadas en una sesión con expertos o “mesa técnica”, llevada a cabo el 20 de noviembre del 2020, como parte del trabajo investigativo alterno denominado “Lineamientos de política de formación en la Ciencia, Tecnología e Innovación” para Minciencias. En esta sesión se construyeron tres preguntas directoras en torno a la formación de alto nivel que se ha dado en el país. A continuación se muestra el resumen de la relatoría (Anexo 2), donde se presentan las ideas recogidas de los expertos en forma de categorías concretas (bullets).

1. ¿Qué piensa sobre lo que se ha hecho desde la educación formal y actividades ACTI para despertar vocaciones y formación de alto nivel en CTel)
  - Mayor número de graduados sin un enfoque definido
  - Mayor oferta, pero con diferencias en calidad
  - El problema no es de número sino de la función de los doctorados y los incentivos / estabilidad
  - Diseñados con poco conocimiento del país
  - Reducida pertinencia
  - Poca presencia regional
  - Diferencias por áreas de conocimiento y disciplinas con financiaciones distintas.
  - Casi no hay ciencia aplicada y tecnologías suficientes.
  - Se debe revisar impacto en vinculación de los graduados
  - Reconocimientos en escalafones docentes que privilegian producción intelectual y los "aíslan" de pregrados y colegios.
  
2. ¿Cuáles son las principales tendencias que deberían considerarse para el fomento de vocaciones y formación de alto nivel en CTel?
  - Tendencia 4ta revolución industrial.
  - Interdisciplinariedad (no concentrados en un solo tema).
  - Tendencia a educación virtual / debilidad conectividad
  - Se requieren docentes con experiencia y sentido de formación doctoral.
  - Aprender a conseguir recursos por parte de las IES, docentes y de los estudiantes
  - Deben brindar estabilidad emocional
  - Se debe fomentar el emprendimiento y creación de empresa para condonación
  
3. ¿Cuáles serían los lineamientos de política y programas estratégicos que se propondrían?
  - Esfuerzos articulados de financiación que no sean apuestas individuales.
  - Demandas del país articuladas con fortalezas de las regiones.
  - Doctorados no para publicar sino para transformar el entorno.

- Incluir competencias blandas en la formación.
- Mecanismos de financiación y colaboración nacionales e internacionales.
- Grupos de Excelencia, redes y grupos de investigación.
- Redes de oferta e investigación doctoral.
- El estado debe valorar e incentivar los doctores. Incentivar la formación financiada desde el estado.
- Esfuerzos articulados con financiación que no sean apuestas individuales.
- Alfabetización de las empresas sobre los beneficios de invertir en investigación e innovación.
- Se debe apostarles a los temas fuertes para el país.

### A3. Metodología de Identificación de Sistemas

En términos generales, un experimento de identificación se realiza probando el sistema con alguna señal en su entrada o para el caso específico, con una serie de tiempo de una variable escogida y se observa cual es la respuesta en la salida (relación entrada – salida) durante un intervalo de tiempo. Estas señales se registran por medio de un sensor o a través de la observación directa para su posterior "tratamiento de la información". A continuación, se intenta ajustar la dinámica observada en un modelo paramétrico que explique el proceso de las secuencias de entrada y salida registradas (ver Figura 4).



**Figura A3.1.** Proceso para la identificación de sistemas.

Los pasos que se propone el procesos de identificación de sistemas son:

1. Conocimiento previo: Utilizar conocimiento previo de ser posible con el fin de determinar una forma adecuada del modelo (normalmente una ecuación lineal en diferencias de un cierto orden).
2. Diseño experimental: Se necesita diseñar el modelo de manera adecuada para poder obtener buenos datos, como es un fenómeno que ya ha ocurrido, es utilizar los datos existentes y buscar la forma de tratarlos por lotes, o de la manera óptima ya que son datos de experimentos que no se pueden repetir.
3. Elegir la estructura del modelo, se utiliza algún método basado en la estadística para estimar los parámetros desconocidos del modelo (como los coeficientes de la ecuación en diferencias).
4. Elegir un criterio de ajuste: Utilizado por la optimización para determinar los parámetros del modelo.
5. Cálculo del modelo: Optimización para seleccionar los parámetros del modelo a ajustar. En la práctica, las estimaciones de la estructura y los parámetros suelen hacerse de forma

iterativa. Este significa que se elige una estructura provisional y se estiman los parámetros correspondientes

6. Validación: se comprueba si el modelo obtenido es una representación adecuada del sistema. Si no lo es, hay que considerar alguna estructura de modelo más compleja, estimar sus parámetros y validar el nuevo modelo y así iterativamente

Una forma de comprobar un modelo es tomar el 70 % de los datos recolectados por el diseño experimental para calcular el modelo y usar el 30% para validarlo.

En el paso 4 se debe elegir un modelo, el cual se debe ajustar, para esto se cuentan con los siguientes tipos:

Modelos lineales:

- Paramétricos: Modelo lineal general, modelo factorial, ANOVA, etc.
- No paramétricos: KNN, PCA, Árboles de decisión, y otros.

Modelos no lineales:

- Hammerstein
- Redes Neuronales
- Modelo potencial
- Regresión por umbrales

La selección del modelo óptimo y válido sobre las múltiples opciones de modelos se debe determinar qué modelo se ajusta mejor a la estructura de los datos. Esto implica normalmente:

- Selección de un criterio o función de costo a minimizar.
- Estimación del parámetro, para esto se puede realizar una solución analítica de ser posible o utilizar métodos numéricos interactivos con el fin de realizar una optimización.

La validación del modelo debe tener en cuenta la capacidad de predicción del mismo, ello implica determinar qué tan lejos del sistema real se encuentra el modelo y comprobar si el modelo y los datos son consistentes con las hipótesis sobre la estructura del modelo.