



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DOCTORADO EN ADMINISTRACIÓN

TESIS

**FUNCIONES E IMPACTOS DE LOS AGENTES DE SISTEMAS REGIONALES DE  
INNOVACIÓN**

**Una aplicación para el Valle de Aburrá, Antioquia, Colombia.**

Autor: Jhon Fredy Escobar Soto

Director de Tesis: Carlos María Fernández-Jardón Fernández

Posadas, Argentina, mayo 2018

---

JHON FREDY ESCOBAR SOTO

FUNCIONES E IMPACTOS DE LOS AGENTES DE SISTEMAS REGIONALES DE  
INNOVACIÓN

Una aplicación para el Valle de Aburrá, Antioquia, Colombia.

Tesis Doctoral Presentada a la  
Universidad Nacional de Misiones – UNAM como requisito para la obtención del  
Título de Doctor en Administración

Posadas, Argentina, mayo 2018

FUNCIONES E IMPACTOS DE LOS AGENTES DE SISTEMAS REGIONALES DE  
INNOVACIÓN

Una aplicación para el Valle de Aburrá, Antioquia, Colombia.

JHON FREDY ESCOBAR SOTO

Tesis Doctoral Defendida y Aprobada por el Tribunal Examinador constituido por los doctores que abajo firman

Fecha de Aprobación \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Composición del Tribunal Examinador:

Prof. Dr. .... Institución

Prof. Dr. .... Institución

Prof. Dr. .... Institución

Posadas (AR), mayo 2018

## **DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD**

En este acto de constancia que el contenido escrito en esta Tesis fue producto de mi trabajo, siendo original e inédito dentro de mi leal saber y entender.

Cuando aparecen conceptos de otros están identificados explícitamente a quién pertenece a través de citas.

Así mismo se aclara que este material no fue presentado en esta u otra institución.

Jhon Fredy Escobar Soto.

Firma:

## Contenido

Pág.

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>7</b>
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1.1 Sistema nacional de innovación.....	7
2.1.2 Sistema regional de innovación.....	9
2.1.3 Modelos asociados a SIN y SRI.....	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	14
2.2.1 CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD.....	14
2.2.1.1 Competitividad, ciencia, tecnología e innovación.....	14
2.2.1.2 CTi en la estructura de medición de la competitividad.....	16
2.2.1.3 El impacto de la CTi en la competitividad.....	18
2.2.2 LOS AGENTES DEL SRI.....	19
2.2.2.1 Funciones de algunos de los agentes que forman parte de un SI.....	20
2.2.2.2 Las instituciones de educación superior (IES): agentes generadores.....	21
2.2.2.3 Los centros de desarrollo tecnológico (CDT): agentes transformadores.....	22
2.2.2.4 La empresa: agentes explotadores.....	22
2.2.2.5 El gobierno y las políticas: agentes habilitadores.....	23
2.2.2.6 Los intermediarios de innovación: bróker tecnológico.....	24
2.2.3 LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO EN LOS SRI.....	25
2.2.3.1 La generación de conocimiento.....	26
2.2.3.2 La generación de conocimiento en Colombia.....	27
2.2.3.3 Los sistemas de categorización universitaria. Los <i>rankings</i> mundiales.....	29
2.2.3.4 Las instituciones de educación superior (IES) en Colombia y el AMVA: agentes generadores.....	32
2.2.4 LAS EMPRESAS COMO AGENTES EXPLOTADORES DE CONOCIMIENTO 33	
2.2.4.1 La innovación como fenómeno económico.....	34
2.2.4.2 Las empresas, agentes explotadores de conocimiento.....	35
2.2.4.3 Desempeño innovador y desempeño económico.....	39
2.2.5 BROKERS EN LOS SRI.....	42
2.2.5.1 Sistema de innovación colombiano en crisis.....	42
2.2.5.2 Los brókeres tecnológicos y su rol en la innovación.....	46
2.2.5.3 Los brókeres en el AMVA.....	49
2.2.6 MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS APLICABLE AL SNI COLOMBIANO Y AL SRI EN EL AMVA.....	50
2.2.6.1 Evolución del concepto de innovación: perspectiva sistémica.....	51
2.2.6.2 Funcionamiento del SIN.....	54
2.2.6.3 Variables y métrica.....	55
2.2.6.4 Políticas: definición de parámetros.....	56
2.2.6.5 Relaciones funcionales.....	56
2.2.6.6 Modelo del SNI colombiano.....	57

<b>3.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>60</b>
3.1	CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD.....	61
3.2	EL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI) DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (AMVA): UN ANÁLISIS SOBRE EL PAPEL DE LOS AGENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CTI).....	63
3.3	LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN: ESTUDIO DEL CASO DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ.....	65
3.4	LAS EMPRESAS COMO AGENTES EXPLOTADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE UN SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN.....	66
3.5	LOS BROKERS DENTRO DEL SRI DEL AMVA.....	70
3.6	PROPUESTA DE UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL SNI COLOMBIANO Y PARA EL SRI DEL AMVA.....	71
3.6.1.1	Variables identificadas para los modelos SIN y SRI.....	71
3.6.1.2	Particularidades de los modelos.....	74
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>81</b>
4.1	CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE RIQUEZA.....	81
4.1.1.1	Etapa I.....	81
4.1.1.2	Etapa II.....	83
4.2	SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI) DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (AMVA).....	86
4.2.1.1	Agentes generadores.....	88
4.2.1.2	Agentes transformadores.....	88
4.2.1.3	Agentes explotadores.....	90
4.2.1.4	Agentes habilitadores.....	91
4.2.1.5	Los brókeres en el AMVA.....	93
4.2.1.6	Estructura del SRI en el AMVA.....	94
4.3	LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN.....	94
4.3.1.1	Identificación y selección de las universidades.....	94
4.3.1.2	Identificación y selección de variables.....	97
4.3.1.3	Procesamiento estadístico.....	98
4.4	AGENTES EXPLOTADORES.....	102
4.4.1.1	Construcción de variables para definir las capacidades.....	103
4.4.1.2	Relación entre capacidades y desempeño innovador.....	108

4.5	BROKERES EN EL AMVA.....	112
4.6	SIMULACIÓN SIGUIENDO EL MODELO DEL SI Y SRI.....	115
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>123</b>

---

## Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1. Localización y municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	5
Figura 2-1. Resultados de la ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ( "National Systems of Innovation" ). Como ejercicio bibliométrico para conocer el estado del arte sobre SNI. a) Producción científica en el periodo 1990 – 2017. b) Autores más representativos. c) Instituciones más representativos. d) Países más representativos.....	9
Figura 2-2. Resultados de la ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ( "Regional Systems of Innovation" ). Como ejercicio bibliométrico para conocer el estado del arte sobre SNI. a) Producción científica en el periodo 1995 – 2017. b) Autores más representativos. c) Instituciones más representativos. d) Países más representativos....	12
Figura 2-3. Resultados de la aplicación de cuatro ecuaciones de búsqueda que relacionan modelos con SIN y SRI.....	13
Figura 2-4. Intensidad de los agentes en el proceso de I+D+i.....	21
Figura 2-5. Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación.....	23
Figura 2-6. Número de doctores graduados por millón de habitantes 2000-2013 para América Latina y el Caribe, y algunos países de la región.....	27
Figura 2-7. Comportamiento de la producción científica y tecnológica de Colombia.....	28
Figura 2-8. Desempeño económico como producto del desempeño innovador.....	40
Figura 2-9. Comportamiento de la inversión en I+D en Colombia (Banco Mundial, 2014).....	43
Figura 2-10. (a) Modelos lineales de innovación (Rothwell, 1994b). (b) Modelo de múltiples retroalimentaciones de acuerdo con Kline & Rosenberg (1986).....	54
Figura 2-11. Diagrama DS de Forrester para el SIN.....	58
Figura 4-1. Dinámica de publicaciones que relacionan CTi y PIB en el periodo 1966-2015. ....	82
Figura 4-2. Comparación de medias entre los valores observados y los estimados para 13 países.....	85
Figura 4-3. Comportamiento, por tipo de fuente, del gasto en CTi e I+D en Antioquia (2003-2013).....	87
Figura 4-4. Mapa de la distribución de los agentes generadores y su nivel de madurez frente a la función de generación de conocimiento.....	89
Figura 4-5. Mapa de la distribución de los agentes explotadores con perfil innovador del SRI por tamaño empresarial.....	91
Figura 4-6. Mapa con la distribución de los agentes con funciones de bróker del SRI.....	93
Figura 4-7. Agrupación por componentes principales para los grupos de variables analizadas. a) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a docencia. b) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a investigación y producción científica. c) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a transferencia de conocimiento al medio. d) Componentes en espacio rotado para todas las variables.....	98
Figura 4-8. Agrupación de las IES por clúster.....	101
Figura 4-9. Se presentan descriptivos de las empresas estudiadas. a) Frecuencia de tipología de empresas innovadoras. b) Frecuencia de los tamaños de las empresas. c) Recuento de las empresas evaluadas agrupadas en 14 sectores. d) Frecuencia del número de actividades de innovación durante el 2015. e) Frecuencia del porcentaje de las	



ventas producto de innovación. f) Frecuencia de los porcentajes destinados por las empresas a actividades asociadas con innovación.....	103
Figura 4-10. Gráficas de contingencia que relaciones las diferentes capacidades frente al desempeño innovador. Se presentan el coeficiente de gamma de Goodman-Kruskal y su significancia estadística. a) Capacidad de gestión de recursos – Desempeño innovador b) Capacidad de planeación – Desempeño innovador c) Capacidad de aprendizaje organizacional – Desempeño innovador d) Capacidad de I+D – Desempeño innovador .....	110
Figura 4-11. Gráficas de contingencia que relaciones las diferentes capacidades frente al desempeño innovador. Se presentan el coeficiente de gamma de Goodman-Kruskal y su significancia estadística. a) Capacidad de gestión de recursos – Desempeño económico b) Capacidad de planeación – Desempeño económico c) Capacidad de aprendizaje organizacional – Desempeño económico d) Capacidad de I+D – Desempeño económico. ....	111
Figura 4-12. Gráficas de contingencia que relaciona el desempeño económico.....	111
Figura 4-13. Agentes no bróker y bróker del SRI del AMVA.....	113
Figura 4-14. Grado de madurez de la función bróker de los brókeres SRI del AMVA....	113
Figura 4-15. Mapa de funciones bróker de los agentes del SRI.....	114
Figura 4-16. Modelo DS del SI.....	115
Figura 4-17. Calibración del modelo DS del SI.....	116
Figura 4-18. Sensibilidad del PIB al cambio en un rango de -50% y +50% simultáneamente en la PEA y Tgr. En un periodo de 20 años.....	116
Figura 4-19. Escenarios para tres variables respuesta frente al cambio (-50% y +50%) de la PEA, Tgr del SNI a) Número de doctores b) Número de artículos. C) PIB_c y del SRI d) Número de doctores e) Número de artículos. f) PIB_c.....	117
Figura 4-20. Modelo de SRI, Efectos de las capacidades sobre el desempeño innovador .....	118

---

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Factores tenidos en cuenta para la medición de la competitividad.....	16
Tabla 2-2. Variables incluidas en el índice de competitividad de los departamentos de Colombia (2014) que tienen relación con CTi.....	17
Tabla 2-3. Funciones y actividades de los intermediarios de innovación.....	24
Tabla 2-4. Criterios, indicadores y sus valores del Ranking de Shanghai Academic Ranking of World.....	29
Tabla 2-5. Criterios y pesos de la metodología para el SCImago-Institutions Rankings, 2016.....	31
Tabla 2-6. Criterios, indicadores y sus valores del Ranking Web de Universidades.....	31
Tabla 2-7. Organización de las IES en Colombia, según su finalidad y tipos de programas académicos ofrecidos.....	32
Tabla 2-8. Características de las empresas para la exploración y explotación de conocimiento desde las capacidades.....	36
Tabla 2-9. Resumen de noticias relacionadas con la crisis de innovación en Colombia...	43
Tabla 2-10. Categorías, funciones y actividades de los brókeres tecnológicos.....	47
Tabla 2-11. Modelos del sistema de innovación por generaciones (adaptado de Rothwell, 1994b).....	52
Tabla 2-12. Políticas en el SNI colombiano.....	57
Tabla 2-13. Elementos de DS en el modelo del SNI.....	57
Tabla 3-1. Indicadores de CTi reportados en la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología.....	61
Tabla 3-2. Perfil empresarial de Colombia, Antioquia y el AMVA en cuanto a tamaño....	66
Tabla 3-3. Composición por tamaño de empresas innovadoras en Colombia y Antioquia	67
Tabla 3-4. Perfil de empresas innovadoras para para Antioquia y el AMVA.....	67
Tabla 3-5. Distribución de las encuestas en cuanto a tamaño y comparativa con la población a analizar para el AMVA.....	68
Tabla 3-6. Capacidades y variables analizadas.....	68
Tabla 3-7. Variables consultadas en la encuesta sobre la función bróker del SRI.....	70
Tabla 3-8. Variables asociadas del modelo SN y SRI.....	72
Tabla 3-9. Otras particularidades del modelo SRI respecto al modelo SIN.....	79
Tabla 4-1. Variables definidas para el cálculo del VIF.....	82
Tabla 4-2. Resultados del modelo de regresión y VIF para cada variable.....	83
Tabla 4-3. Valor de los efectos fijos para cada país (se reportan los coeficientes transformados).....	84
Tabla 4-4. Empresas (agentes explotadores) del AMVA y proporción con vocación innovadora.....	90
Tabla 4-5. Agentes habilitadores con presencia directa en el AMVA.....	92
Tabla 4-6. Posición de las IES del AMVA en cuatro rankings mundiales, 2016.....	95
Tabla 4-7. Variables identificadas y analizadas.....	97
Tabla 4-8. Centros de los conglomerados finales.....	99
Tabla 4-9. Distribución de las IES según clúster de pertenencia.....	100
Tabla 4-10. Matriz de componentes rotados para la Capacidad de I+D.....	103
Tabla 4-11. Clúster la Capacidad de I+D.....	104
Tabla 4-12. Reclasificación de variables de la Capacidad de aprendizaje organizacional.....	105

---

Tabla 4-13. Clúster la Capacidad de aprendizaje organizacional.....	105
Tabla 4-14. Variables asociadas a la capacidad de planeación estratégica.....	106
Tabla 4-15. Clúster la Capacidad de planeación estratégica.....	106
Tabla 4-16. Variables asociadas a la capacidad de gestión de recursos.....	107
Tabla 4-17. Clúster la Capacidad de gestión de recursos.....	108

# 1. INTRODUCCIÓN

## Fundamentación

La competitividad comprende la capacidad integral de una economía para aumentar su producción, con tasas de crecimiento altas y sostenidas, con mayor bienestar para la población (Kacef, 2007). La ciencia y la tecnología convergen en la competitividad como factor diferenciador que se concreta como innovación al lograr el desarrollo de capacidades de innovación tecnológica (Castelblanco Gómez and Robledo Velásquez, 2016). Sin embargo, la correcta alineación entre estos procesos y los mecanismos de gestión tecnológica no son claras (Herrera and Escobar, 2014) y por tanto se presentan múltiples actores (agentes) que desarrollan funciones tecnológicas, sin tener certeza sobre cuáles son las necesarias para la concreción del éxito de la innovación tecnológica.

El conocimiento, el aprendizaje y la innovación son los factores más importantes para la competitividad global en una economía que se basa en el conocimiento (Lundvall et al., 2002; Solow, 2001). La investigación e innovación son requisitos previos para la competitividad sostenible de las naciones y sus regiones (OCDE, 2014a). En los últimos años se ha evidenciado que las innovaciones son, generalmente, el resultado continuo y prolongado de la colaboración y la interacción entre una variedad de agentes. Estos agentes incluyen a las empresas, productores, consultores, institutos de investigación, universidades, entidades del estado, entre otros; quienes juegan un importante rol en la promoción, colaboración, regulación e interacción, y por tanto la búsqueda de una mayor eficiencia del sistema (Jardon et al., 2008).

La interacción entre los diferentes agentes dio lugar al surgimiento del concepto de Sistema Nacional de Innovación – SNI- (Freeman, 1987), desarrollado por (Lundvall, 1992a; Richard R Nelson, 1993), y que ha sido difundida alrededor del mundo como la forma de entender estas relaciones, inicialmente enfocado en el análisis del SNI como una red de instituciones públicas y privadas cuyas actividades e interacciones contribuyen a la producción, difusión y uso de conocimiento, y a mejorar el desempeño innovador de las empresas. Recientemente la atención se ha dirigido hacia el desarrollo regional, en el cual cobran importancia los estudios sobre sistemas regionales de innovación (SRI), ahondando en que el conocimiento y sus procesos de aprendizaje se presentan de forma localizada (Dutrénit and Vera-Cruz, 2009).

Si bien en la última década se ha avanzado sobre los determinantes de la actividad innovativa en los SRI, como por ejemplo en la construcción de un marco analítico más apropiado, existe aún un conocimiento limitado sobre los determinantes de la innovación; específicamente de aquellos fenómenos bien llamados emergentes,

producto de la interacción y cooperación de sus agentes y el papel de los intermediarios dentro del sistema.

En el caso colombiano el objetivo de la Estrategia Nacional de Innovación es “diversificar, ampliar y consolidar las capacidades institucionales para el desarrollo científico y tecnológico” (Robledo and Robledo Velásquez, 2010), donde una de sus líneas consiste en apoyarse en instituciones que funcionan como articuladoras entre las capacidades científicas e investigativas y las capacidades tecnológicas y productivas (Robledo and Robledo Velásquez, 2010). Se pueden identificar entonces a los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT), Centros Regionales de Productividad (CRP) e Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (IEBT), entre otros, que han sido apoyados por el Departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, desde 1995 a través del proyecto “Apoyo a Centros Tecnológicos”, que busca promover el fortalecimiento institucional de estas organizaciones. Sin embargo, los resultados de estos agentes no han sido satisfactorios y se han encontrado más debilidades que fortalezas en ellos y en general una limitada articulación entre los diferentes sistemas de innovación, que no han logrado propiciar un aumento significativo en la competitividad del país y la región por medio de la utilización del conocimiento (Consejo Privado de Competitividad & CEPEC- Universidad del Rosario, 2014; Consejo Privado de Competitividad, 2015).

Es por ello que esta investigación presente conocer las dinámicas de un SRI colombiano, los agentes que lo componen, los elementos que lo condicionan y los flujos que desarrolla.

### **Planteamiento del problema**

No hay claridad a cerca de los aportes o los impactos a la competitividad, entendido como indicadores cuantificables, producto de la interacción de los agentes que conforman los SRI (creación, difusión, uso y transferencia de conocimiento/tecnología). Dichas interacciones entre agentes conducen a fenómenos emergentes no conocidos dentro de infraestructuras institucionales que apoyan a la innovación en la estructura productiva de una región. De igual forma se evidencia una baja operacionalización de los atributos de los agentes, limitando la representación del sistema a un conjunto de entidades que realizan actividades en función de sus propiedades, restricciones y capacidades con una orientación al resultado, pero sin una medición del impacto.

Es por ello que se requiere desarrollar un proceso que busca convertir conceptos en datos observables, orientado a la definición de estructuras, relaciones y reglas que permiten entender los comportamientos no solo de carácter regional sino también global,

y que posibilite en gran medida la formulación de estrategias y políticas adecuadas que hacen que un SRI tenga un mejor desempeño.

Para tal fin el presente trabajo pretende dar respuesta a la siguiente **pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto en la competitividad de los sistemas regionales de innovación?**

Y como respuesta a dicha pregunta se plantea la siguiente hipótesis:

**Hipótesis del trabajo:** Mediante la identificación de agentes, sus funciones y los flujos que se desarrollan dentro de un SRI es posible estimar el impacto en la competitividad expresado en PIB per cápita.

Para conocer dicho impacto conviene analizar qué efecto produce en el crecimiento de un país y cómo se comportan los agentes que intervienen en el SRI. De manera específica estos aspectos se van a analizar en el caso del AMVA por las particularidades que este territorio presenta

### **Objetivo General:**

Estimar el impacto en la competitividad de los SRI, identificando los agentes, las funciones y los flujos, para el caso del AMVA.

### **Objetivos específicos**

- Identificar el tipo y la dimensión del aporte de los procesos asociados a CTi reflejado en PIB per cápita.
- Identificar los agentes y sus funciones en cuanto a un SRI.
  - Caracterizar los agentes generadores de conocimiento en el marco de un SRI.
  - Caracterizar los agentes explotadores de conocimiento en el marco de un SRI.
  - El Caracterizar los agentes bróker en el marco de un SRI.
- Proponer un modelo de dinámica de sistemas que integre los diferentes agentes de un SIN (Colombia) y SRI (AMVA), para determinar, bajo un criterio de madurez, el impacto de estos en la competitividad.

### **Aporte de la investigación**

El conocimiento en cuanto a SRI es escaso, para el periodo comprendido entre 1995 y 2017 se reportan 93 artículos que lo mencionan y de ellos solo 15 hablan explícitamente de modelo y solo dos de los 15 se reportan para un país ibero americano (España), los cuales en su mayoría son genéricos y proponen como nuevos estudios la formulación de modelos con diferentes técnicas. La presente investigación desarrolla un

modelo funcional que permite la construcción de escenarios y un entendimiento funcional de los agentes en el marco de un SRI.

La investigación contribuye al entendimiento de los agentes del SRI, y el aporte a la competitividad nacional y regional en términos de PIB per cápita, con base en las funciones que cumplen y al nivel de madurez que presentan. Esto permitirá definir orientaciones de política y estrategias adecuadas para mejorar el desempeño competitivo de dichos sistemas.

Por otro lado, el entendimiento de las condiciones particulares de cada uno de los agentes, permite la reorientación de acciones y el enfoque estratégico para mejorar el impacto dentro de cada una de sus funciones, es así como los generadores pueden identificar las variables más importantes y asociarlas a estrategias de generación de conocimiento; los explotadores intensificar capacidades para así hacer más efectiva su labor productiva enmarcada en procesos innovadores; los bróker o agentes intermediarios a conocer las condiciones de los otros agentes, para apoyar una mejor y más efectiva articulación y gestión dentro del sistema.

Como resultado de la investigación vale destacar que fueron publicados los siguientes productos:

**Libro resultados de investigación:**

Escobar, J.F., Bedoya, I.B., Fernandez-Jardon, C.M., Arroyave, J., 2016a. El Sistema Regional de Innovación (SRI) del área Metropolitana del Valle de Aburrá., in: Editores, T. (Ed.), Agentes, Funciones E Impactos de Los Sistemas Regionales de Innovación. SENA, Centro de comercio, Antioquia, Medellín, p. 178.

**Publicaciones en revistas indexadas y eventos:**

Escobar, J.F., Bedoya, I.B., Fernandez-Jardon, C.M., Arroyave, J., 2017a. Análisis del papel de los agentes de ciencia, tecnología e innovación del sistema regional de innovación del área metropolitana del Valle de Aburrá. Espacios 1–20.

Escobar, J.F., Cardenas, M.F., Bedoya, I.B., 2017b. De los sistemas a los ecosistemas de innovación. Espacios 38, 20.

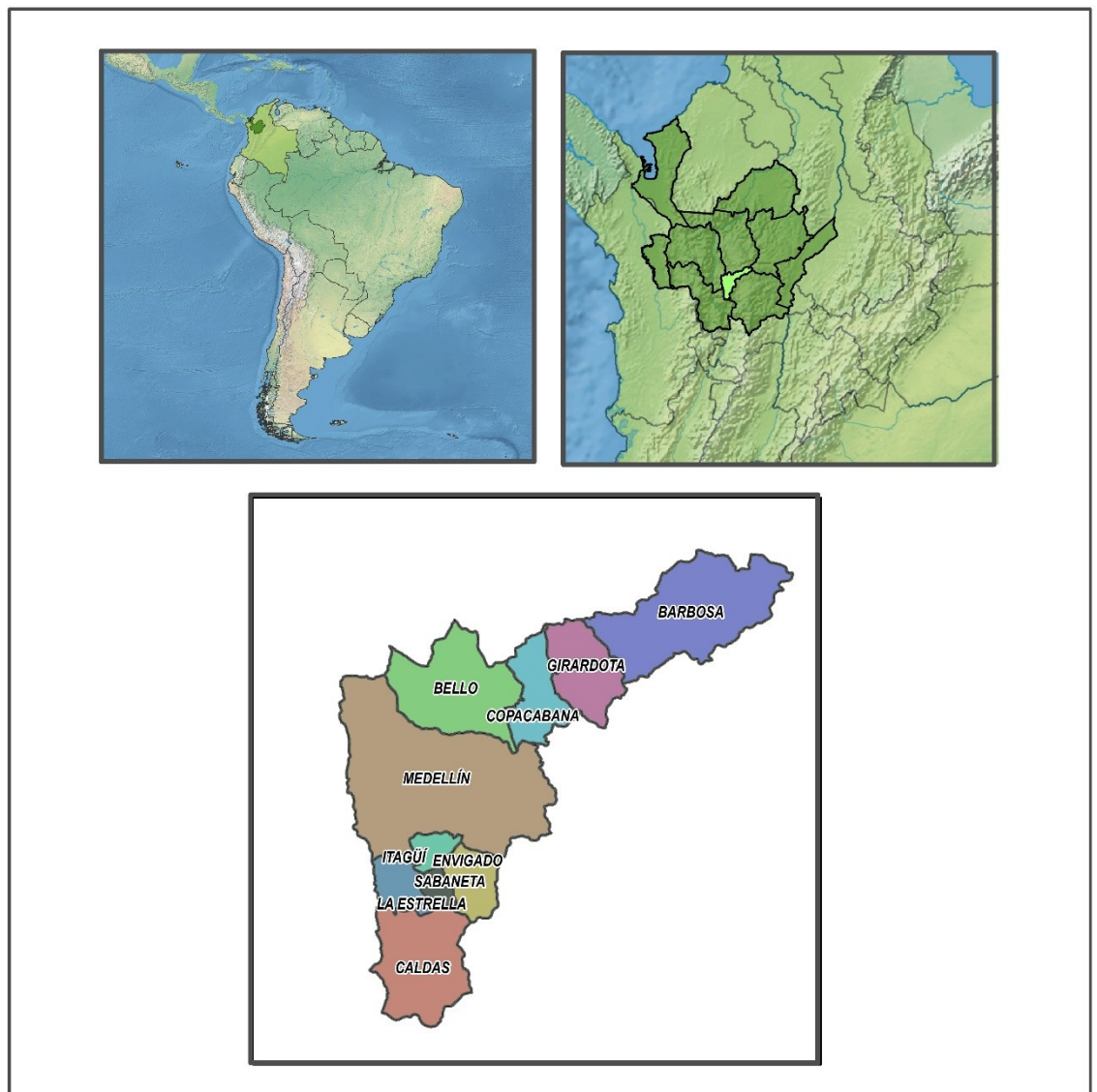
Escobar, J.F., Fernandez-Jardon, C.M., Bedoya, I.B., Mosquera, J., 2016b. Ciencia, tecnología e innovación y su impacto en la generación de riqueza: análisis del PIB per cápita en 13 países Iberoamericanos. Rev. Espacios. 37, 19.

Escobar, J.F., Herrera, J.F., 2015. Los planes estratégicos para el desarrollo de la ciencia, la tecnológica y la innovación como herramienta hacia la competitividad regional y su real impacto. Altec, Porto Alegre, Basil.

Escobar, J.F., Jardón, C.M., Bedoya, I.B., 2016c. Regional Innovation Systems ( RIS ), its agents , and broker functions.

### Metodología

Las aplicaciones prácticas de la investigación se desarrollaron en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), constituida por Medellín (como ciudad núcleo), Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Itagüí, La Estrella, Sabaneta, Caldas y Envigado (Figura 1-1). La región alberga más de 3.731.447 habitantes y es el principal polo de desarrollo del departamento de Antioquia y el segundo conglomerado urbano más grande de Colombia.



**Figura 1-1. Localización y municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.**

Fuente: elaboración propia.



La CTi es un proceso que se ha abordado desde la gestión tecnológica, la cual tiene como responsabilidad epistemológica la comprensión de los procesos de construcción e interrelación de instituciones, formas organizacionales y procesos de gestión para generar y aplicar el conocimiento científico y tecnológico (Robledo and Robledo Velásquez, 2010).

Para el trabajo de investigación, se propone una metodología adaptada de los pasos del proceso de modelación de Múgica and Gonzáles, (1998), mediante seis fases que integran desde la definición del problema, avanzan por una descripción de cada uno de los agentes que hacen parte del sistema, los interpreta en términos de variables asociadas y posteriormente los integra a un modelo de dinámica de sistemas, para con ello modelar y entender las reacciones actuales y posibles respuestas futuras a la implementación de políticas en CTi en el ámbito nacional y específicamente en el regional.

### **Descripción de la organización del documento de tesis**

El documento inicia por una introducción, donde se plantea el problema, la pregunta de investigación y los objetivos para responder a la misma. De igual manera conecta una metodología base para el desarrollo de la investigación.

El capítulo dos (2) comprende el marco teórico que aborda los conceptos de ciencia, tecnología e innovación, el Sistema Regional de Innovación (SRI), los agentes del SRI, generadores, explotadores, bróker y la modelación basada en dinámica de sistemas (DS). Y Se presentan cada una de las hipótesis asociadas con cada temática.

El capítulo tres (3) explica la metodología empleada para analizar cada uno de los elementos evaluados, incluyendo la identificación de las principales variables CTi asociadas a competitividad, acercamientos descriptivos como estudios de caso en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), a partir de información secundaria recolectada, así como los métodos y procedimientos estadísticos para analizar los datos.

El capítulo cuatro (4) recoge y discute los hallazgos de cada uno de los temas mencionados y propone un modelo de basado en dinámica de sistemas (DS) que representa el SIN y una aplicación al SRI del AMVA. Asimismo, en este capítulo se presentan los resultados de una manera ordenada y enlazada a cada uno de los temas expuestos y en las discusiones, a la vez que se centra en responder las preguntas de investigación y las hipótesis auxiliares, dando así la evidencia del cumplimiento de los objetivos.

Finalmente, el capítulo cinco (5), conclusiones se centra en la respuesta al problema de investigación, la prueba de la hipótesis central y aspectos importantes al igual que proponer nuevas investigaciones asociadas.

## **2. ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL**

En esta sección se introducen los elementos conceptuales necesarios para entender el tema de investigación en su conjunto, pero también cada uno de los elementos que lo constituyen. Se desarrolla buscando un soporte robusto en cuanto a la perspectiva de diferentes autores en la frontera del conocimiento y sirve como fundamento para probar las hipótesis planteadas.

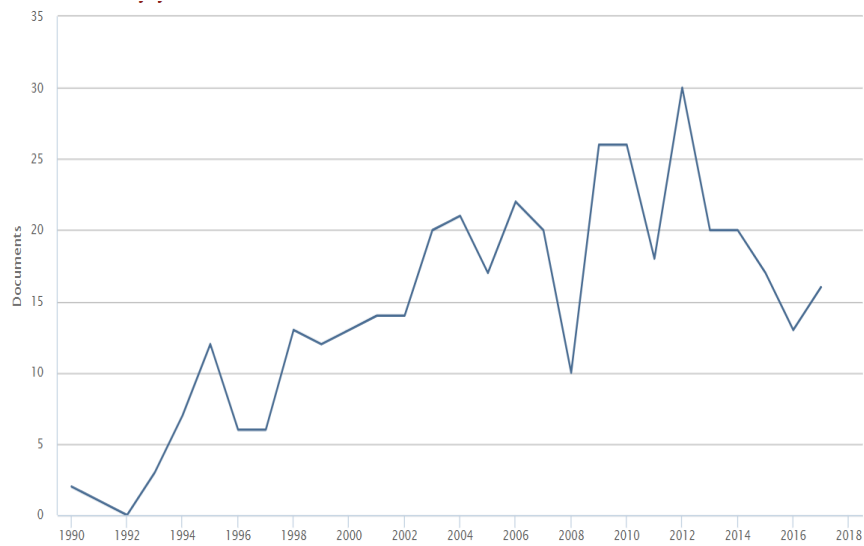
### **2.1 ESTADO DEL ARTE**

#### **2.1.1 Sistema nacional de innovación**

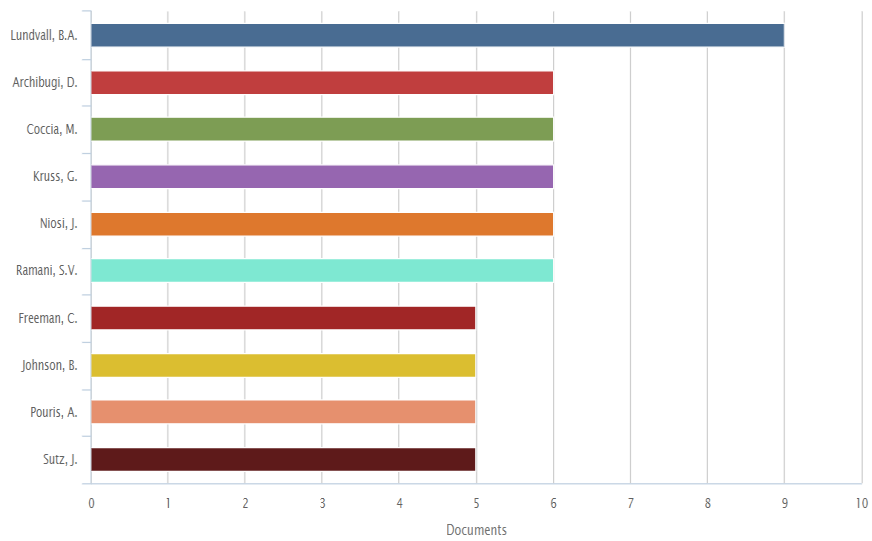
Al finalizar la Segunda Guerra Mundial y luego de un proceso de consolidación de las naciones y de la recuperación europea, autores como Bell (1999), buscando explicar el concepto propuesto de innovación por Schumpeter (1939), como una expresión del cambio tecnológico (Schumpeter, 1934) y desarrollado por Ruttan (1959), identifican un responsable para dicho cambio: el conocimiento, y por tanto, son enfáticos en señalar una nueva era postindustrial que se soporta en éste como eje principal de la sociedad y la estructura central de la nueva economía.

De igual manera se evidenció que la innovación no se desarrolla de manera individual, sino en el marco de interrelaciones entre los agentes que la conciertan, es por ello que soportados en la teoría general de sistemas propuesta por Bertalanffy, (1937) y desarrollada en los años 60 por Waltner-Toews et al., (2008) los teóricos de la innovación se alinean a las primeras escuelas de pensamiento que proveyeron modelos y modos alternativos de investigar las ciencias. Este pensamiento sistémico enfatiza en la conectividad, el contexto y la retroalimentación (Archibugi et al., 1999; Escobar et al., 2017; Etzkowitz and Leydesdorff, 2000; Freeman, 1982a; Lundvall and Johnson, 1994; Pavitt, 1992). Las propiedades esenciales de las partes de un sistema solo pueden ser entendidas, desde la organización de este, como un todo, dado que ellas emergen de la configuración de las relaciones ordenadas, que son específicas de un sistema en particular (Bertalanffy, 1968).

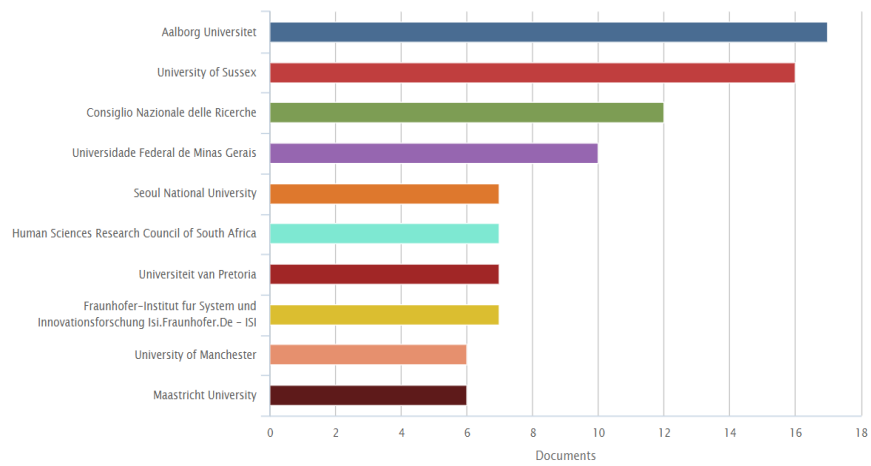
Por tanto, la comprensión del sistema proviene del entendimiento de las partes (agentes) que operan juntas, más que de las partes separadas (Waltner-Toews et al., 2008). La interacción entre los diferentes agentes dio lugar al surgimiento del concepto de Sistema Nacional de Innovación – SIN- (Freeman, 1987) el cual es desarrollado posteriormente (Lundvall, 1992b; Richard R Nelson, 1993) y sigue siendo analizado, como se muestra en Figura 2-2, donde se presenta el comportamiento de la producción científica asociada a SIN en el periodo 1990 a 2017.



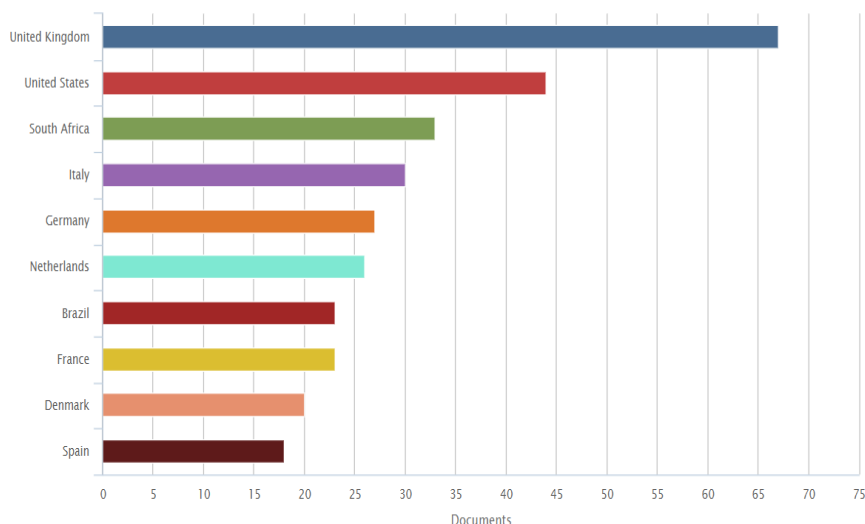
a)



b)



c)



d)

**Figura 2-2. Resultados de la ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ( "National Systems of Innovation" ). Como ejercicio bibliométrico para conocer el estado del arte sobre SNI. a) Producción científica en el periodo 1990 – 2017. b) Autores más representativos. c) Instituciones más representativos. d) Países más representativos.**

Fuente: *Scopus*, consultado en noviembre de 2017.

Como se puede observar en la Figura 2-2a), aparece en la literatura científica el concepto SIN con 399 documentos reportados en bases de datos *Scopus*®, a partir de finales de los años 80s con un crecimiento intermitentes hasta 2017; donde el mayor hito de publicaciones se ubicó en el 2012 con 30 publicaciones. En la Figura 2-2b) se encuentra que los autores más importantes frente al tema son Lundvall, B.A; Archibugui, D; Coccia, M.; Niosi, J.; Ramani. S.V y Freeman, C. asociados ellos a las universidades de (Figura 2-2c) Aalborg; Sussex; Consiglio Nazionale delle Ricerche; Federal de Minas Gerais; Seoul National; localizadas en países como (Figura 2-2d) United Kingdom; United States; South Africa e Italy. Ello muestra que el tema asociado a SNI si bien no es nuevo, es poco estudiado.

### 2.1.2 Sistema regional de innovación

Los procesos de innovación y de competitividad son un asunto del territorio, dado que es el entorno donde las políticas y las acciones se definen, implementan y se pueden medir en términos de impacto (Consejo Privado de Competitividad, 2013); así como las relaciones y los vínculos entre ellos, se encuentran inmersos en un marco socioeconómico y cultural común al territorio o la región (BID, 2011). En un principio el análisis del SNI se orientó hacia una red de instituciones públicas y privadas cuyas actividades e interacciones contribuyen a la generación, transformación y uso de

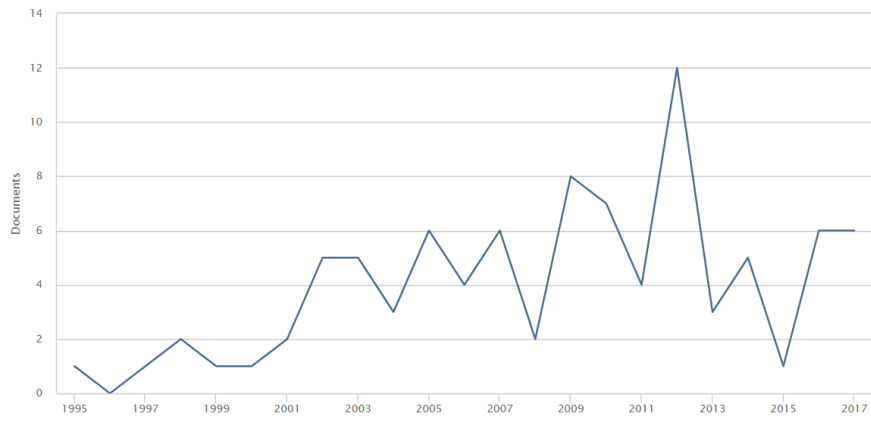
conocimiento, concretando la innovación para el mejoramiento competitivo, pero recientemente la atención se ha dirigido hacia el desarrollo regional y territorial, en el cual cobran importancia los estudios sobre sistemas regionales de innovación (SRI), ahondando en que el conocimiento y sus procesos de aprendizaje se presentan de forma localizada (Dutrénit and Vera-Cruz, 2009).

El Sistema Regional, es concebido como un sistema abierto, socialmente construido y ligado a otros sistemas regionales, nacionales y globales dentro de una perspectiva multinivel de gobernanza (Asheim and Coenen, 2005). Hoy día el factor clave para obtener ventajas competitivas es el conocimiento y las capacidades de innovación que de él se derivan (Figueroa and Fernandez-Jardon, 1997; Keenan, 2008; Krugman, 1991; Porter, 2004, 1990a; Robledo et al., 2009) y es el SRI quien las gestiona.

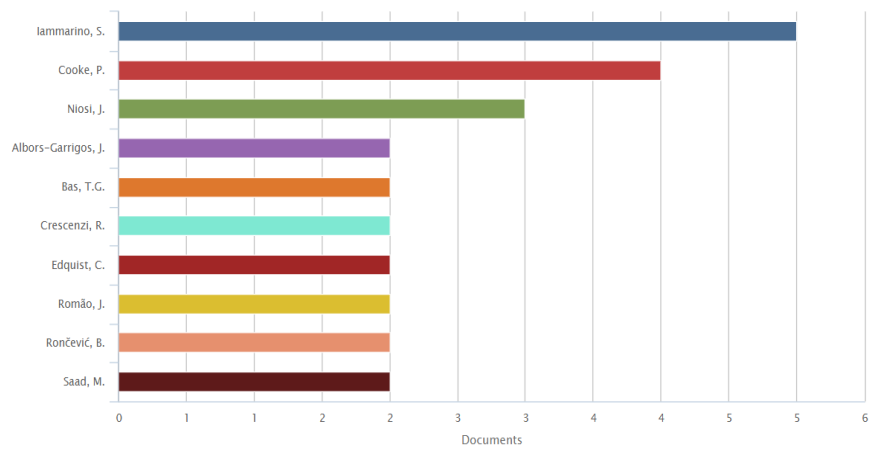
El concepto de SRI aparece por primera vez en una publicación a comienzos de los 90s (Cooke, 1992), pocos años después del SNI (Freeman, 1987). Aún no existe una definición de SRI plenamente aceptada. Cooke, (1992); Cooke et al., (1997) expresa en sus trabajos, que el SRI estaría integrado por dos subsistemas el de generación de conocimiento o infraestructura de apoyo regional, compuesta por laboratorios de investigación públicos y privados, universidades, agencias de transferencia tecnológica, centros de formación continua; y el subsistema de explotación de conocimiento o estructura de producción regional, compuesto mayormente de empresas, especialmente de las que muestran características sistémicas. De acuerdo con Etzkowitz and Leydesdorff, (1997); Johansson, (1991), sobre ambos subsistemas actuarían las organizaciones gubernamentales y las agencias de desarrollo regional, las cuales constituirían a su vez otro subsistema del SRI. Dichos subsistemas estarían insertos en un marco socioeconómico y cultural común regional y como lo presentan Asheim and Coenen, (2005) componen la infraestructura institucional que apoya a la innovación en la estructura productiva de una región.

De acuerdo con Doloreux and Parto, (2004) y Howells, (1999) las definiciones y descripciones anteriores, no revelan suficientemente qué constituye esa estructura institucional y productiva, la región y sus actores y más importante aún, las interacciones e interrelaciones que ligan a unos con otros.

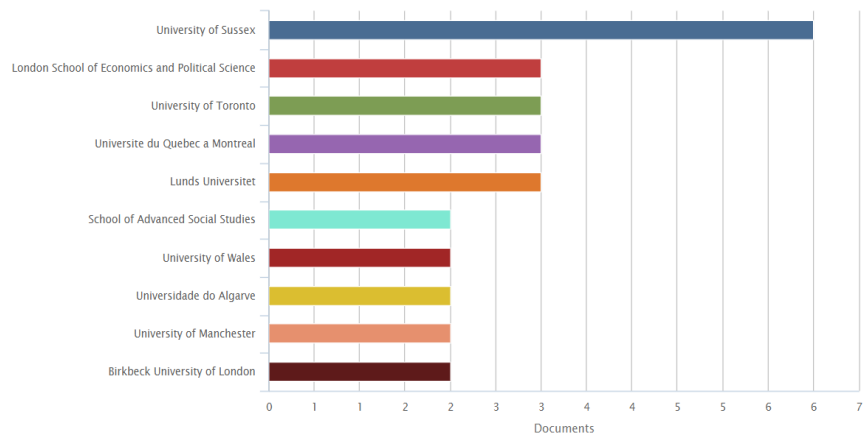
En la Figura 2-3 se presenta los resultados de un ejercicio bibliométrico donde se muestra el comportamiento de las publicaciones que han desarrollado el concepto de SRI entre 1995 – 2017.



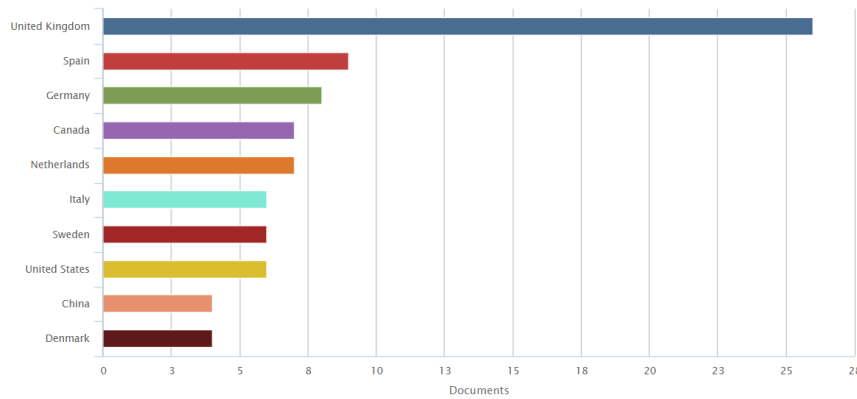
a)



b)



c)



d)

**Figura 2-3. Resultados de la ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ( "Regional Systems of Innovation" ). Como ejercicio bibliométrico para conocer el estado del arte sobre SIN. a) Producción científica en el periodo 1995 – 2017. b) Autores más representativos. c) Instituciones más representativos. d) Países más representativos.**

Fuente: *Scopus*, consultado en noviembre de 2017.

Mediante una ecuación de búsqueda se indagó por las publicaciones por año (Figura 2-3 a) y se encuentra un hito para el 2012 con 12 reportes, que coincide con el hito en cuanto a SIN, para un total de 91 publicaciones en el periodo de observación. Se identificó que los autores con más publicaciones al respecto son, (Figura 2-3 b), Iammarino, S.; Cooke, P.; Niosi, J.; Albors-Garrigos, J.; Bas, T.G.; Crescenzi, R. vinculados a las universidades de, (Figura 2-3 c), Sussex; London School of Economics and Political Science; Toronto; Quebec a Montreal; Lunds. Ubicadas en (Figura 2-3 d) United Kingdom; Spain; Germany y Canada.

### 2.1.3 Modelos asociados a SIN y SRI

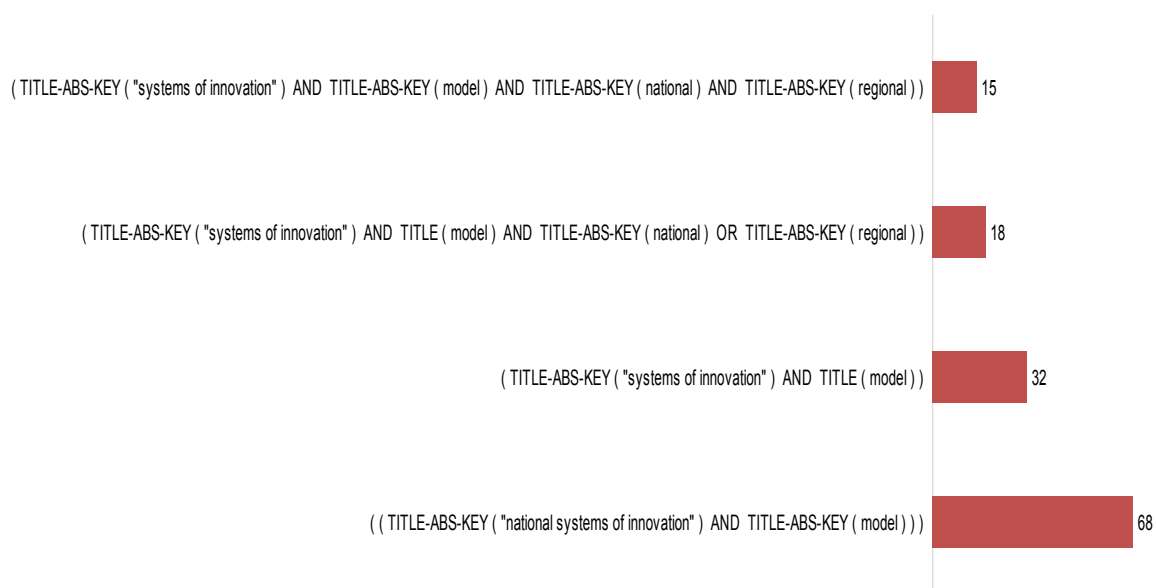
Los Sistemas de Innovación y sus diferentes enfoques, son resaltados en la literatura, por la existencia de diferentes y múltiples problemas metodológicos en cuanto a su estudio y comprensión (Archibugi and Michie, 2003, 1997; Carlsson et al., 2002; B.-Å. Lundvall, 2007; Lundvall, 1998; Niosi, 1991; J. Niosi and Bellon, 1994).

Un sistema de innovación está constituido por sub-sistemas (generación, explotación y transformación de conocimiento, junto con catalización y regulación), que a su vez están compuestos por agentes que se desarrollan, adaptan, compiten y cooperan entre sí (Holland, 2004) en una nación o en una región (Ford et al., 2010; Munkongsujarit and Srivannaboon, 2011; Niosi, 2000; Jorge Niosi and Bellon, 1994; Thomas and Cook, 2016). Para que las relaciones sean sistémicas entre estos agentes, se debe desarrollar cierto grado de relacionamiento operativo y de gestión (Mostafavi et al., 2011).



Es por ello que los teóricos del SRI han presentado diferentes modelos orientados a explicar este relacionamiento (Acevedo-Alvarez, 2009; Escobar et al., 2016c; Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013; Samara et al., 2012; Varis and Littunen, 2012; Yang and Shyu, 2011), sin embargo su enfoque ha sido más conceptual que funcional.

Mediante un ejercicio bibliométrico se exploraron diferentes ecuaciones de búsqueda, Figura 2-4, encontrando un vacío en la literatura sobre modelos que expliquen las relaciones funcionales de los SIN y SRI.



**Figura 2-4. Resultados de la aplicación de cuatro ecuaciones de búsqueda que relacionan modelos con SIN y SRI.**

Fuente: Scopus, consultado en noviembre de 2017.

De la exploración de la ecuación más depurada (*TITLE-ABS-KEY("systems of innovation") AND TITLE-ABS-KEY (model) AND TITLE-ABS-KEY (national) AND TITLE-ABS-KEY (regional)*), solo se identificó un artículo que declara explícitamente un modelo funcional del SRI (Gunnarsson and Wallin, 2011), el cual hace énfasis en el nacimiento y el desarrollo de los sistemas regionales de innovación y su conexión con el desarrollo económico y político de una región. Gunnarsson and Wallin, (2011) por medio de una simulación identifica relaciones de cooperación entre agentes, elemento que otros autores (Fernandez-Jardon and Tañski, 2010; Manrique et al., 2014) habían denominado análisis de relacionamientos o dependencias funcionales. Es por esto que el tema relacionado con modelos funcionales que expliquen el relacionamiento y el impacto de los

agentes que integran un SRI es escasa y nula para latino américa, en cuanto a las bases de datos consultadas.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD**

Romer (1990) sugiere que el crecimiento o generación de riqueza es motivado por el avance tecnológico. Dicho avance es el resultado de intervenciones que se hacen a través de la asignación de recursos en formación de personal, dotación de infraestructura o colocación de recursos financieros, entre otros, para realizar actividades de investigación y desarrollo (I+D) con el objetivo de alcanzar cambios técnicos (innovaciones i) y con estos generar crecimiento económico, de tal suerte que las economías sean más competitivas.

El conocimiento, el aprendizaje y la innovación son factores muy importantes para la competitividad global en una economía que se basa en el conocimiento (Lundvall et al., 2002; Solow, 2001). Para Iberoamérica, otros factores como infraestructura, medio ambiente y eficiencias de los mercados se han privilegiado como factores determinantes de competitividad (IMD, 2015); sin embargo, en las últimas décadas se ha buscado la generación de capacidades basadas en conocimiento que apoyen esta transformación económica y la generación de riqueza por medio de inversiones en CTi (Fernández-Jardón, 2012).

Dado que la generación de riqueza es una muestra de la competitividad (Consejo Privado de Competitividad, 2013; Ramírez and Parra-Peña, 2014; Schwab et al., 2015), este apartado analiza la generación de riqueza, expresada en el país como PIB per cápita (PIBpc), y variables asociadas a los procesos de CTi con el objetivo de identificar indicadores de medición de competitividad producto de la CTi que tengan relación con el PIBpc, y a la vez expliquen una proporción de esa competitividad haciendo uso de los modelos tradicionales de crecimiento en los ámbitos nacional y regional, buscando evaluar la hipótesis (H1) “la inversión en CTi por parte de los países y la regiones afecta positivamente la competitividad y con ello un incremento del PIB per cápita de los habitantes”.

#### **2.2.1.1 Competitividad, ciencia, tecnología e innovación**

El término competitividad se ha popularizado tanto en los lenguajes cotidianos como en los científicos; sin embargo, no hay consenso teórico con respecto a la definición del mismo ni claridad acerca de los aportes o los impactos de los procesos de CTi a la

competitividad, puesto que estos dependen de indicadores cuantificables, que son consecuencia de la interacción de agentes heterogéneos que conforman los sistemas regionales de innovación (SRI) en los procesos de creación, difusión, uso y transferencia de conocimiento (Gyekye et al., 2012; Marroquín Arreola and Ríos Bolívar, 2012; Maza et al., 2013; Nadiri, 1993; Samimi and Alerasoul, 2009; Ulku, 2004; Wang et al., 2013).

Es por esto que su conceptualización ha sido difusa y no está unívocamente definida (Esser et al., 1996; Porter, 1990a), lo que a su vez ha implicado que sea compleja su medición y, en ocasiones, mal entendida la relación entre la competitividad y la productividad, asociada con el crecimiento de los países.

El concepto de competitividad ha evolucionado desde los años 80 y presenta perspectivas diversas. En sus inicios estuvo mayormente referido a la competitividad de firmas; luego evolucionó a niveles nacionales y en los últimos años diversos autores han resaltado su importancia en niveles subnacionales (Cancino Salas *et al.*, 2008).

Para la década de los 90 aparecen con fuerza el concepto de ventajas competitivas (Porter, 1991), la competitividad estructural (OCDE, 1992), los determinantes de la competitividad (Ferraz et al., 1996), la competitividad sistémica (Esser *et al.*, 1996) y la competitividad global (Coriat, 1997). A partir de 1992 la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) ha realizado diversos estudios para sistematizar los enfoques de competitividad y los ha resumido en el concepto integral “competitividad estructural”, en el que se distinguen tres factores (OCDE, 1992):

- a. La innovación como elemento constitutivo central del desarrollo económico.
- b. La capacidad de innovación de una organización industrial, situada fuera de las teorías Tayloristas, para desarrollar capacidades propias de aprendizaje.
- c. El papel de las redes de colaboración orientadas a la innovación y apoyadas por diversas instituciones para fomentar las capacidades de innovación.

Ya que la competitividad es una variable de efecto y no de causa (Pinto T, 1996), la forma menos controversial de medirla y definirla es por medio de la productividad (DNP, 2008a), siendo así esta una variable de medida de la competitividad (Porter, 2004; Sala-i-martin, 2008). En dicho contexto y para el objeto del presente capítulo se asumirá la competitividad como la capacidad integral de una economía para aumentar su producción, con tasas de crecimiento altas y sostenidas, con mayor bienestar para la población (Kacef, 2007), la innovación como un determinante de la competitividad al lograr el desarrollo de capacidades de innovación tecnológica (Robledo Velásquez et al., 2009) y el PIB per cápita como una variable respuesta que representa la capacidad de generación de riqueza y es una manifestación de competitividad.



Pilar o factor	WEF	IIMD	Chile	Colombia	Ecuador	Reino Unido	Filipinas	Europeo
Mercado laboral	X	X		X		X		
Mercado financiero	X	X	X	X	X			X
Preparación tecnológica	X	X	X	X	X			X
Mercadeo	X	X			X	X		
Sofisticación de negocios	X			X	X		X	
Innovación	X	X	X	X	X	X		X
Recursos naturales	X	X	X	X			X	

Fuente: Consejo Privado de Competitividad, Colombia, 2012.

En el ámbito de la competitividad territorial es común la elaboración de índices compuestos, donde los conjuntos de indicadores son medidos y agregados, lo que permite elaborar un indicador único del nivel de competitividad de un territorio determinado; estos índices compuestos buscan establecer comparaciones entre áreas geográficas a lo largo del tiempo (Subdere, 2013).

Para el caso de Colombia, el índice departamental integra *The global competitiveness index framework* y algunos elementos regionales de competitividad, como aparece en la Tabla 2-2, en la cual se identifican en los pilares 7, 9 y 10 las variables asociadas a CTi.

**Tabla 2-2. Variables incluidas en el índice de competitividad de los departamentos de Colombia (2014) que tienen relación con CTi**

Factor	Pilar	Variable
Factor: eficiencia	Pilar 7: educación superior y capacitación	Cobertura en educación superior.
		Graduados en posgrado.
		Calidad en educación superior.
		Cobertura instituciones de educación superior con acreditación de alta calidad.
		Bilingüismo.
		Dominio de segundo idioma.
Factor:	Pilar 9:	Sofisticación.

Factor	Pilar	Variable
sofisticación e innovación	sofisticación	Sofisticación de exportaciones.
	y diversificación	Inversión en promoción del desarrollo productivo.
	Pilar 10: innovación y dinámica empresarial	Investigación.
		Investigación de alta calidad.
		Revistas indexadas.
		Inversión en CTi y patentes.
		Inversión en ACTi.
	Patentes y diseños industriales.	

**Fuente: elaboración propia con base en el Consejo Privado de Competitividad y CEPEC, Universidad del Rosario (2014).**

### 2.2.1.3 El impacto de la CTi en la competitividad

Uno de los factores medidos en los indicadores de competitividad de los países es el porcentaje del PIB invertido en investigación y desarrollo (I+D), debido a que es un elemento determinante en los procesos de innovación y fundamental para mejorar la competitividad internacional (Castro et al., 2014); adicionalmente se ha encontrado que la inversión en I+D tiene una consecuencia significativa y positiva en el tamaño del PIB en países desarrollados (Gyekye et al., 2012).

De acuerdo con lo anterior, los subíndices relacionados con la CTi cobran importancia, ya que destacan el vínculo entre la innovación y la competitividad; siendo, en términos de innovación, el *Global Innovation Index* (GII), realizado de forma conjunta por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), la Universidad Cornell y la Escuela de Negocios INSEAD, el responsable de medir la influencia de las políticas orientadas a la innovación en el crecimiento económico y el desarrollo (Dutta, 2012).

Adicional al GII para medir el impacto de la innovación en la competitividad y los factores asociados a esta, como son la ciencia y la tecnología, otras instituciones públicas y privadas han identificado diferentes combinaciones de indicadores que dan orientaciones para cuantificar las actividades de CT en los países. *Manual de Frascati* (OECD et al., 2002), *Canberra* (OECD, 1995), *Manual de Oslo* (OCDE, 2005), *Manual de Bogotá* (RICYT et al., 2001), *Manual de Santiago* (Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2015), *Manual de Lisboa* (Lugones et al., 2014).

Si bien se presupone que la CTi ayuda a mejorar la competitividad de los países, no está claro si esa competitividad, fruto de la CTi, termina generando más riqueza. De hecho, se ha encontrado en otros estudios que la inversión en I+D no tiene un efecto significativo sobre el nivel de ingresos (Birdsall and Rhee, 1993; Nadiri, 1993). Aunque

diferentes autores señalan que la innovación sí tiene un efecto significativo en el crecimiento económico (Marroquín Arreola & Ríos Bolívar, 2012), en estudios posteriores se encontró que las variables relacionadas con el esfuerzo en I+D no dan una medida completa de la innovación, por lo cual, modelos de crecimiento que lo incluyan no son capaces de explicar el crecimiento económico sostenible (Ulku, 2004).

### **2.2.2 LOS AGENTES DEL SRI**

El actual proceso de desarrollo tecnológico que se experimenta en el mundo está caracterizado por una velocidad y dinámica inéditas que, conjugadas con la globalización e integración económica, han influido en todos los ámbitos de la actividad humana, lo que produce un cambio dramático en la generación de riqueza y propicia el tránsito hacia una economía basada en el conocimiento (Breton et al., 2006; Klerkx and Proctor, 2012; Konttinen et al., 2011; Pérez Hernández, 2009; Prandelli et al., 2006; Vásquez and Bergman, 2013). Así pues, si bien se da por sentado que el progreso tecnológico y la innovación son factores determinantes en el crecimiento de una economía (BID, 2011), se ha evidenciado que los esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación (CTi) no siempre terminan generando más riqueza en los países en vías de desarrollo ni los hace más competitivos (Escobar et al., 2016b).

La competitividad nacional depende de factores en los que la innovación debe ser vista desde una perspectiva abierta, es decir, teniendo en cuenta las relaciones dinámicas que existen entre las diferentes entidades que la dinamizan, dejando de esta manera atrás los modelos tradicionales (Yang and Shyu, 2009). Originalmente, la innovación se consideraba como un proceso cerrado y lineal, pero ahora se entiende como uno dinámicamente complejo y social no lineal, que requiere articular mucho más que la investigación (I) y el desarrollo tecnológico (DT) (Rothwell, 1994a), y que rara vez se produce de forma aislada, sino que involucra la existencia de redes que permiten el aprendizaje interactivo (Kline and Rosenberg, 1986; Vera-cruz and Lackiz, 2011). Por esta razón se ha considerado el enfoque sistémico como el más adecuado para abordar los procesos de innovación desde un modelo interactivo, o de tercera generación, como el propuesto por Kline y Rosenberg (1986), en el cual interactúan la I y el DT en todas las etapas y no solamente al principio (Velasco et al., 2003).

Generalmente, la innovación es un proceso altamente colaborativo a través de una creciente y diversa red de actores, instituciones e individuos (OCDE, 2015), conocidos como agentes, que intervienen directa o indirectamente en el desarrollo y la evolución en términos de tecnología de las regiones, con respuestas y comportamientos

no conocidos *a priori* (Robledo Velásquez and Robledo, 2013) y condicionados por factores económicos, sociales e institucionales.

Desde la perspectiva de los SI, la producción y el intercambio de conocimiento no son los únicos prerrequisitos para la innovación; varios factores adicionales, como las políticas, la infraestructura, el financiamiento, el desarrollo de mercados, entre otros, juegan un papel crucial (Klein Woolthuis *et al.*, 2005, citado por Klerkx and Leeuwis, (2008a)) En este panorama, donde diversos agentes heterogéneos, con objetivos y trayectorias diferentes, pretenden establecer vínculos y llegar a consensos, es esencial (desde la perspectiva de los SI) contar con entidades que puedan ayudar en la formación de dichos vínculos para facilitar la conexión entre oferentes y demandantes de información y conocimiento; tales entidades se conocen con el nombre de intermediarios de innovación (Howells, 2006), los cuales cumplen la función de generar un ambiente de confianza y certidumbre que coadyuve al aprendizaje, la creatividad y el trabajo en red (Pérez Hernández, 2009) llevando a cabo actividades mediadoras en las diferentes etapas del proceso de innovación; estas actividades o funciones en adelante se denominarán funciones bróker.

Según Doloreux (2002), los agentes están conformados principalmente por instituciones de educación superior (IES) y centros de investigación (generadores), por las empresas (explotadores), los centros de desarrollo tecnológico (CDT), la infraestructura de conocimiento, las entidades transformadoras de conocimiento (transformadores) y la orientación política, que está destinada a mejorar el desempeño innovador en el SRI a través de instituciones y normas que regulan su comportamiento (habilitadores), y que interactúan con el fin de desarrollar e intercambiar información, conocimiento y otros recursos necesarios para mejorar o generar nuevos productos y procesos (Torres Vargas, 2011). Esta articulación entre los agentes da sustento a la existencia de un sistema de innovación (SI). Y por tanto la hipótesis (H2) “Es posible caracterizar y alinear a los diferentes roles de un SRI los agentes presentes en el AMVA”.

### **2.2.2.1 Funciones de algunos de los agentes que forman parte de un SI**

Los procesos de innovación y de competitividad son un asunto del territorio, dado que es el entorno donde las políticas y las acciones se definen, implementan y se pueden medir en términos de impacto (Consejo Privado de Competitividad, 2013); así como las relaciones y los vínculos entre ellos, se encuentran inmersos en un marco socioeconómico y cultural común al territorio o la región (BID, 2011).

Aunque los territorios presentan condiciones ventajosas dado el principio de cercanía física entre sus actores, esto no basta. El desempeño del sistema depende del



funcionamiento de las partes que lo componen (Figura 2-5) y, sobre todo, de la manera como ellas están interconectadas (Montero and Morris, 1999).

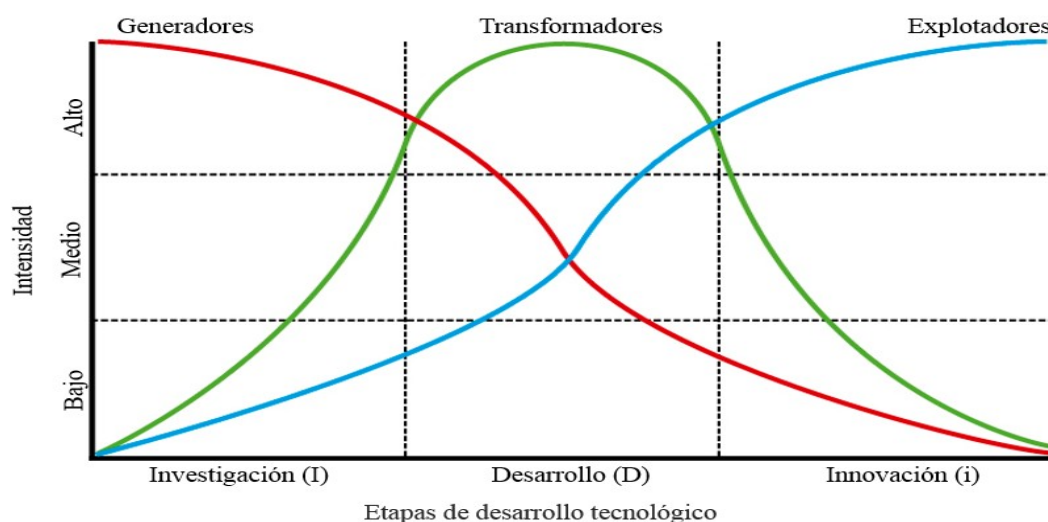


Figura 2-5. Intensidad de los agentes en el proceso de I+D+i.

A continuación, se describen las funciones de los diferentes agentes que forman parte del SRI.

### 2.2.2.2 Las instituciones de educación superior (IES): agentes generadores

Las universidades son actores clave en el tejido social por su desempeño en actividades de formación y docencia, investigación y vinculación con el entorno socioeconómico (D'Este et al., 2014). En Colombia se integran dentro de una clasificación denominada IES, que comprende las instituciones técnicas profesionales, las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas y las universidades (Congreso de Colombia, 1992). Las IES, en el marco de los SRI, impactan mediante los generadores de conocimiento útil al entorno por medio de los procesos de investigación (Figura 2-5) (Castro *et al.*, 2014; Gyekye et al., 2012). Las funciones de docencia y extensión les permiten establecer vínculos productivos con empresas locales para fomentar la asociatividad, la competitividad sistémica y el desarrollo regional (Dabos and Rivero, 2009).

Un incremento en la intensidad de la colaboración entre las IES y la empresa implica grandes beneficios para ambas partes, incluyendo más apoyo para la investigación, oportunidades para la innovación, aceleración del ritmo de transferencia tecnológica, aumento en la competitividad y, finalmente, mayor impacto sobre el desarrollo económico regional (BID, 2011).

### **2.2.2.3 Los centros de desarrollo tecnológico (CDT): agentes transformadores**

Los CDT se conciben como una estrategia fundamental de la política de innovación, competitividad y desarrollo tecnológico (Martínez-Vela, 2016). Su objetivo es incrementar la productividad y la competitividad de los sectores productivos mediante la promoción de una cultura de innovación empresarial basada en la cooperación, en las alianzas estratégicas interempresariales y en la gerencia participativa; así construye redes de innovación entre empresas, IES y otras entidades de apoyo al cambio tecnológico (Garay, 1998).

En ese esquema de conexión entre los generadores y los explotadores, los CDT son, en algunos casos, modelos de éxito en cuanto a su integración con la estructura académica, de modo que como receptores naturales de las tecnologías generadas en los laboratorios básicos, pueden asumir el desarrollo posterior y puesta en el mercado de un producto (Fundación Botín, 2014) (Figura 2-5). Sin embargo, en muchas ocasiones, la idea de que estos centros trabajen de la mano con las IES no ha sido del todo clara y lo que se ha generado es competencia entre ambos tipos de entidades (MEN, 2015; Salazar, 2015).

Para el caso de Colombia, los CDT son definidos de acuerdo con la Resolución 00688 de 2012 (Colciencias, 2012) como organizaciones públicas o privadas, dependientes o independientes, cuyo objeto social es el desarrollo de la investigación aplicada. Asegura que deben ejecutar programas y proyectos de desarrollo tecnológico e innovación, la transferencia de tecnología, la prestación de servicios tecnológicos, la extensión tecnológica, la difusión y el uso social del conocimiento.

### **2.2.2.4 La empresa: agentes explotadores**

Las empresas son esenciales dentro del SI al poner en el mercado los resultados de investigación y concretar la innovación (OCDE and EUROSTAT, 2005). La interacción de estos agentes con otras empresas e IES puede generar una mayor productividad, nuevos productos y empleos, mayores ingresos y bienestar (OCDE, 2014b); en ocasiones también puede ayudar a potenciar las actividades de investigación científica aplicada y la formación de capital humano avanzado por parte de las universidades e institutos de investigación (OECD and LEED, 2015).

Como elemento esencial del SI, la empresa decide hasta qué punto se quiere involucrar en el proceso de innovación (Roa and Weintraub, 2013) y debe ser consciente de que allí está la clave de su competitividad y supervivencia (Garay, 1998). La disposición de una empresa para desarrollar actividades e inversiones en ciencia, tecnología e innovación (CTI) puede variar, dependiendo del segmento productivo al que

pertenezca, en términos de tamaño, sector, antigüedad y origen de los capitales e, igualmente, en términos de la sofisticación de la demanda que enfrenta, de la identificación de oportunidades en los mercados en que compite, del ambiente macroeconómico y de negocios, entre otros (Chesbrough and Appleyard, 2007; OECD and LEED, 2015).

En Colombia, mediante política pública se definieron las empresas altamente innovadoras como “aquellas empresas que demuestren la realización, de manera sistemática, de actividades conducentes a la innovación, a través de procesos establecidos, recursos asignados y resultados verificables” (DNP, 2015a), con el objetivo de orientar recursos públicos y privados para potenciar dicha actividad innovadora.

### 2.2.2.5 El gobierno y las políticas: agentes habilitadores

El objetivo de la política de innovación es facilitar el funcionamiento del SI, lo que implica una compleja interacción de oferta y demanda entre muchos actores (Colciencias, 2015a). El sector empresarial, el sistema de educación, el sistema de financiación, la gobernanza y una serie de instituciones deben operar correctamente y estar vinculados de manera eficiente si se quiere lograr un buen funcionamiento del sistema (OCDE, 2014b). Según lo anterior, además de contratar servicios y actuar como supervisor del mercado, el gobierno puede cumplir un tercer rol como facilitador y regulador del mismo (Figura 2-6); de hecho, el interés público que suscita el actuar como facilitador es que este cataliza el proceso de innovación, lo cual es visto como un factor clave para la viabilidad económica (Klerkx and Leeuwis, 2008).

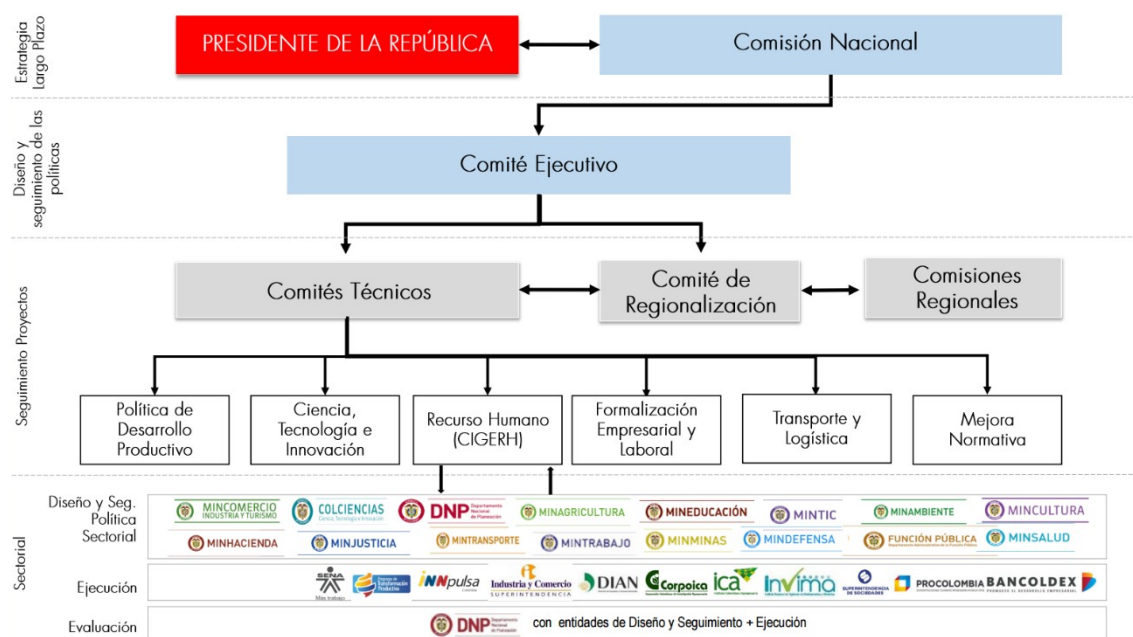


Figura 2-6. Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Fuente: (SNCCTI, 2016).

### 2.2.2.6 Los intermediarios de innovación: bróker tecnológico

Debido a la complejidad de los SI, surge la necesidad de contar con entidades intermediarias que establezcan un puente y conecten los diferentes agentes que componen el sistema (Klerkx and Leeuwis, 2008) a través de funciones conocidas como de intermediación o de bróker tecnológico, gracias a las cuales los demandantes y los oferentes de tecnología interactúan; ellos dirigen y resuelven asimetrías de la información en el mercado del conocimiento como resultado de una comprensión incompleta de la disponibilidad, la fuente, la calidad de los productos y servicios (de parte del comprador), y de las necesidades y requerimientos de los compradores (Partners, 2007), o cuando no existe o no se percibe una adecuada conexión entre agentes, lo que puede suceder por fallas en el mercado o en la estructura de los SI (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013). De una forma más concisa, Howells (2006) define el bróker como una entidad que actúa de agente entre dos o más partes en cualquier aspecto del proceso de innovación.

Howells (2006) identifica 10 funciones que el bróker puede desarrollar: prospectiva y diagnóstico, exploración y procesamiento de información, procesamiento de conocimiento y su combinación/recombinación, vigilancia e intermediación, pruebas y validación, acreditación, validación y regulación, protección de resultados, comercialización, y evaluación de resultados. C. Yang & Shyu, (2011) suman otras cuatro funciones a las ya identificadas por Howells, (2006): análisis de mercado; manejo de propiedad intelectual; explotación de mercados extranjeros; y asesoría en litigios. De hecho, Lo, Liu, Wen, (2010) afirman que la capacidad más importante de los brókeres es la de negociación, debido a que estos ayudan a discutir las condiciones de transacción tanto del lado de la oferta como del lado de la demanda. En el proceso de transacción, “cambiar” es una condición normal y los brókeres deben lidiar con contingencias o emergencias para llevar a cabo la transacción.

La configuración del bróker tecnológico corresponde al desarrollo de funciones tecnológicas propias de un proceso de intermediación; por tanto, en un modelo dinámico de SRI, uno de los agentes mencionados puede desarrollar las funciones relacionadas en la Tabla 2-3. En otros casos, agentes especializados en intermediación se autodenominan brókeres.

**Tabla 2-3. Funciones y actividades de los intermediarios de innovación**

Función	Actividad
Prospectiva y diagnóstico	—Prospectiva y previsión

<b>Función</b>	<b>Actividad</b>
	—Articulación de necesidades y requerimientos
Exploración y procesamiento de información	—Exploración e inteligencia tecnológica —Selección y filtrado de información
Procesamiento de conocimiento, generación y combinación	—Combinación de conocimiento de diferentes socios —Generación de nuevo conocimiento y recombinación
Comercialización	— <i>Marketing</i> , apoyo y planeación —Redes de venta —Búsqueda de financiación
Vigilancia e intermediación	—Intermediación por medio de negociación —Consultoría contractual
Evaluación de ingresos	—Valoración y evaluación de tecnología
Pruebas y validación	—Pruebas, diagnósticos, inspecciones y análisis —Prototipado y pilotaje —Escalado —Validación —Ensayo
Acreditación	—Regulación de especificaciones y consultoría —Conformidad según las normas y verificación
Validación y regulación	—Regulación —Autorregulación —Regulación informal y arbitraje
Protección de resultados	—Consultoría en derechos de propiedad intelectual en relación con los resultados de la colaboración —Gestión de propiedad intelectual para clientes

Fuente: adaptado de Munkongsujarit & Srivannaboon, (2011).

En concordancia con lo anterior, este capítulo se orienta a presentar desde una perspectiva regional la distribución de los agentes en el AMVA según la madurez de las funciones que desempeñan (generadores, transformadores, explotadores y habilitadores); además, se analizará cuáles de ellos se constituyen en un intermediario de innovación o bróker.

### **2.2.3 LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO EN LOS SRI**

Un sistema de ciencia, tecnología e innovación (SCTi) requiere tres elementos fundamentales para su consolidación: (i) recurso humano que entienda y desarrolle ciencia y tecnología (Colciencias, 2015b), (ii) infraestructura tecnológica que dé soporte a

ese capital humano en la realización de sus investigaciones, expresado en laboratorios, equipos, herramientas, bases de datos, ordenadores, entre otros (Dario et al., 2011), y (iii) un esquema de financiación público-privado que solvente los gastos en que se debe incurrir para lograr esos desarrollos (D'Este *et al.*, 2014). En Colombia, la política pública se orienta a fortalecer el SCTi (Colciencias, 2015a); sin embargo, el sistema nacional presenta falencias en los tres elementos expuestos al no contar con las condiciones necesarias para consolidarlo. Una de las principales carencias detectadas está en el recurso humano formado para la ciencia (Castro *et al.*, 2014), lo que lleva a cuestionar el desempeño de las universidades y demás instituciones de educación superior (IES) como agentes generadores de conocimiento.

En el contexto de las IES, comúnmente la innovación es asociada con la introducción y adopción en el mercado de un producto o servicio resultado de la investigación desarrollada por investigadores de la institución. Otras veces las universidades se declaran como “innovadoras” cuando lanzan un nuevo programa de formación o a partir de la innovación en sus currículos (Dabos and Rivero, 2009). Sin embargo, las IES deben concebir y abordar la innovación en un sentido más amplio, de manera sistémica y sistemática, impactando de manera real y positiva su entorno (Salmi, 2009).

Entre las IES existen diferencias que a simple vista no son observables: unas provenientes del enfoque de la formación, otras de la fuente de recursos de financiación, algunas de la producción de conocimiento, otras del desarrollo de consultoría de la mano de la empresa, del perfil de los docentes o grupos de investigación con que cuentan. Todo lo anterior genera diferencias en el enfoque y destinación de los recursos de las IES y, por ende, en los productos resultado de su desempeño.

Por ello el capítulo presenta un perfil de los generadores de conocimiento (IES) así como una agrupación producto del análisis estadístico de variables reportadas en diferentes bases de datos que se consideran como impulsoras de generación de conocimiento y prueba la hipótesis (H3) “No todas las instituciones de educación superior cumplen con un papel de generación de conocimiento en el marco de un SRI”.

### **2.2.3.1 La generación de conocimiento**

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial y luego de un proceso de consolidación de las naciones y de la recuperación europea, autores como Bell (1999), buscando explicar el concepto de cambio tecnológico propuesto por Schumpeter (1934) y desarrollado por Ruttan (1959), identifican un responsable para dicho cambio: el conocimiento, y por tanto, son enfáticos en señalar una nueva era postindustrial basada, precisamente, en el

conocimiento como eje principal de la sociedad y la estructura central de la nueva economía.

De acuerdo con Jaramillo (2008), el recurso humano es el punto de partida para el crecimiento, la equidad y el desarrollo mediante la vinculación de la ciencia a la competitividad a través de los procesos de innovación. Con una formación de alto nivel se logra generar conocimiento transferible (Nuchera, 2008a). La relación entre el capital humano con el nivel de formación requerido y el desarrollo tecnológico depende de la interacción entre la educación y la investigación, la primera como proceso de aprendizaje, y la segunda como proceso de adaptación y generación (DNP, 2008b). Para cumplir con la interacción sinérgica de la educación y la investigación es fundamental asociar a los procesos de investigación programas de formación de posgrado, tanto maestrías como doctorados (Coriat, 1997).

En dicho sentido se destaca el papel de la universidad en la formación de recurso humano y en la generación de conocimiento por medio de los procesos de investigación (Figura 2-7). También se destaca la alineación de los sistemas de medición de la calidad universitaria, los cuales presentan como eje la producción de conocimiento y el papel que cumplen los investigadores en el mismo.

### **2.2.3.2 La generación de conocimiento en Colombia**

Un requisito para lograr el impulso de una economía basada en el conocimiento es contar con personal calificado en los más altos niveles (Salmi, 2009), factor en el que Latinoamérica, y Colombia en particular, presenta déficit (Figura 2-7), ya que en los países basados en conocimiento el recurso humano calificado redundando directamente en la capacidad que tiene el sistema para generar conocimiento y productos de desarrollo técnico (Castro *et al.*, 2014; Gyekye *et al.*, 2012). En Colombia el panorama no es muy optimista (Acosta and Celis, 2014): mientras en el país se gradúan siete doctores al año por millón de habitantes, en países basados en conocimiento la cifra es muy superior; por ejemplo, en Estados Unidos 156 y en Reino Unido se titulan.259 doctores cada año.

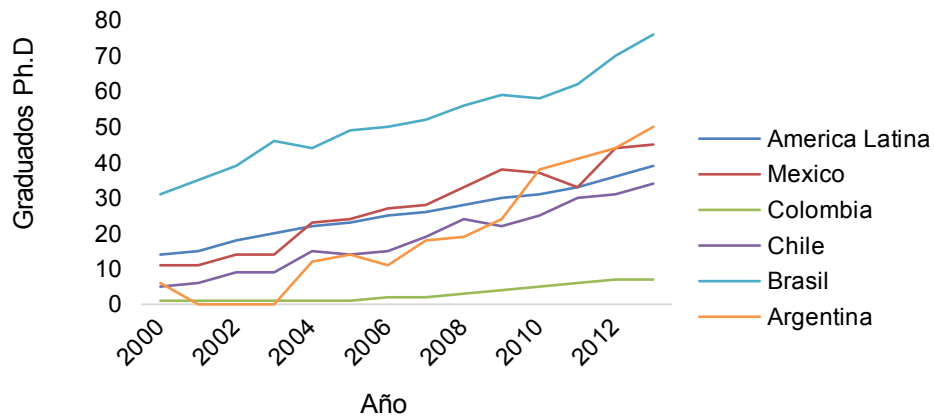
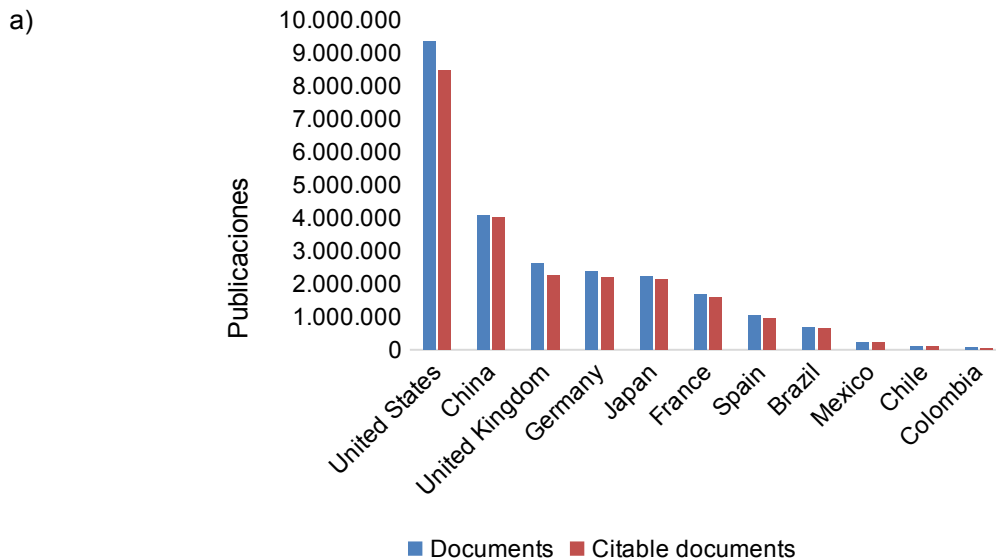


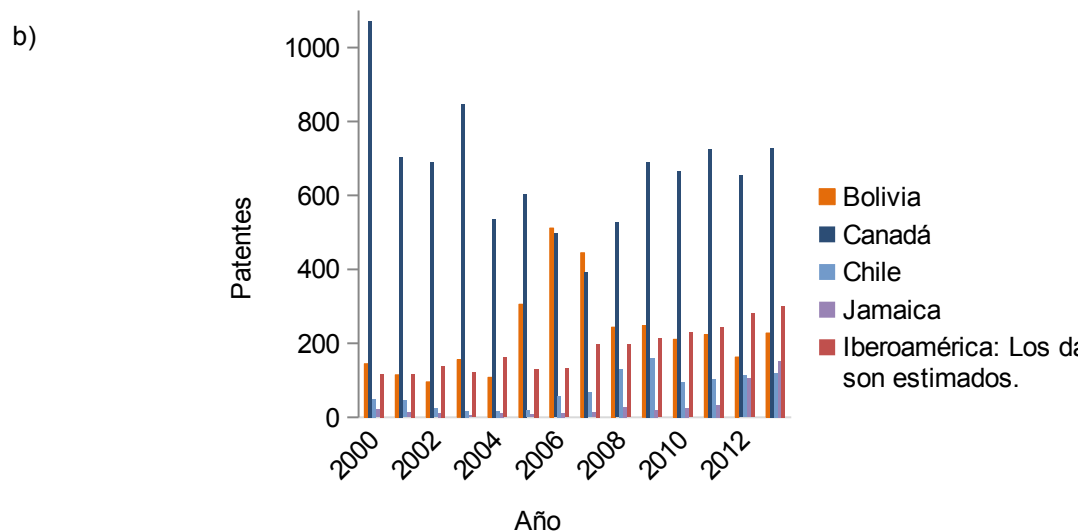
Figura 2-7. Número de doctores graduados por millón de habitantes 2000-2013 para América Latina y el Caribe, y algunos países de la región.

Fuente: RICYT, 2015.

Un SNI de una economía de conocimiento se basa en la capacidad que tiene de integrar los resultados científicos expresados en artículos indexados, productos tecnológicos útiles, patentes y otros mecanismos de protección al mercado (Romer, 1990). El caso latinoamericano y del Caribe muestra una producción marginal y, para el caso de Colombia, poco representativa en el ámbito científico (Figura 2-8).







**Figura 2-8. Comportamiento de la producción científica y tecnológica de Colombia.**

**Fuente:** a) artículos publicados en revistas científicas para 11 países en el periodo 1996- 2015 (Scimago Lab, 2016). b) Patentes otorgadas a residentes en cinco países latinoamericanos, incluido Colombia, durante el periodo 2000-2013 con base en datos de (RICyT, 2014a) (SIC, 2016).

En cuanto al uso del conocimiento, expresado como el número anual de patentes, la posición de Colombia es baja aún en el escenario latinoamericano, ya que no supera las 153 patentes en 2013, frente a países como Brasil, que registra 729 para el mismo periodo (Figura 2-8b). En el ámbito mundial, Colombia se encuentra en la séptima posición entre un grupo de 10 países denominado de ingresos bajos y medianos (OMPI, 2015). Es por esto que para afrontar el reto de un “país de conocimiento”, y coincidiendo con Sánchez-Torres *et al.*, (2007), los retos a los que debe enfrentarse el SNCT son la construcción de conocimiento y el desarrollo de capacidades para transformar el conocimiento generado en tecnologías que soporten la innovación y la competitividad, así como la protección y el uso de los mismos por medio de patentes de alcance local e internacional.

### **2.2.3.3 Los sistemas de categorización universitaria. Los rankings mundiales**

Para Misas Arango (2004), la calidad universitaria es un criterio complejo desde las perspectivas de comparación, medición, estandarización y publicación. Es por esto que identificar un *ranking* único para la medición de la calidad universitaria no es simple, y mucho menos para países como Colombia, donde la presencia de las universidades de talla mundial es escasa. Para Clarke (2002), la discusión se centra en la gran cantidad de

indicadores, ya que se detecta alta correlación entre ellos. También se identifica que los indicadores no son válidos en la medida que no son aplicables para todas las instituciones; por lo que la autora recomienda hacer *rankings* diferentes respecto al área de conocimiento y al público objetivo.

Colombia es un país con pocos reportes en los índices más importantes; por esto es fundamental construir criterios propios y desarrollar procesos de especialización en conocimientos, con miras al reconocimiento mundial, sin desconocer los mecanismos de calidad establecidos por el mismo país (CNA, 1998). A continuación, se presentan algunos índices de categorización, desde el más exigente hasta el más amplio y con un enfoque de presencia en la web.

Shanghai Academic Ranking of World: uno de los principales índices globales de categorización de universidades (Torres-Salinas et al., 2011). Emplea cuatro criterios: calidad de la docencia, calidad del profesorado, producción investigadora y rendimiento per cápita (Tabla 2-4). Ninguna IES colombiana aparece reportada entre los primeros 500 lugares de este índice. Esto muestra que Colombia como generadora de conocimiento tiene muy poco impacto de carácter mundial, al igual que casi toda América Latina.

**Tabla 2-4. Criterios, indicadores y sus valores del *Ranking de Shanghai Academic Ranking of World***

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Calidad de la docencia	Antiguos alumnos de una institución con Premio Nobel y Medalla Fields.	10 %
Calidad del profesorado	Profesores de una institución que han obtenido Premio Nobel y Medalla Fields*.	20 %
	Investigadores con alto índice de citación en diversas materias	20 %
Producción investigadora	Artículos publicados en Nature y Science.	20 %
	Artículos indexados en Science Citation Index - Expanded y Social Science Citation Index.	20 %
Rendimiento per cápita	Rendimiento académico per cápita de una institución.	10 %
* Para instituciones especializadas en humanidades y ciencias sociales no se considera el criterio N&S y el valor se redistribuye entre los demás indicadores de forma proporcional.		

Fuente: Shanghai Ranking Consultancy (2016a).

Aunque se han realizado ejercicios basados en el *Shanghai Academic Ranking of World* para Latinoamérica (Docampo, 2015), las universidades colombianas siguen mostrando resultados bajos, con 27 IES entre las 407 incluidas para la región. De las que tienen sede en Antioquia están la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana, la Escuela de Ingeniería de Antioquia, la Universidad EAFIT, la Universidad Ces y la Universidad de Medellín.

Un segundo *ranking* importante en el mundo académico es el de SCImago-Institutions Rankings (SIR) (Scimago Lab, 2016), desarrollado por el grupo de investigación SCImago LAB como un recurso para la evaluación de universidades y de instituciones de investigación científica de todo el mundo que genera información de *rankings* con el fin de analizar los resultados de investigación utilizando la base de datos Scopus. En la edición 2016, este *ranking* clasifica instituciones académicas que realizan investigación, ordenadas por un indicador compuesto que combina, a su vez, tres grupos de indicadores basados en investigación, innovación e impacto social, medidos por la visibilidad de su web, como se detalla en la Tabla 2-5.

Dichas instituciones se han seleccionado con un único criterio: tienen que ser instituciones universitarias o de investigación con más de 100 artículos publicados e incluidos en la base de datos Scopus. En la edición 2016, en el mundo se han clasificado 5.147 instituciones, de las cuales, 2.894 corresponden al sector de educación superior. Para Colombia se reportan 19 instituciones ubicadas en el rango global entre las posiciones 563 y 681. De ellas, tienen presencia en Antioquia la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad EAFIT, la Universidad Pontificia Bolivariana y el Hospital Pablo Tobón Uribe.

**Tabla 2-5. Criterios y pesos de la metodología para el SCImago-Institutions Rankings, 2016**

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Peso</b>
<b>Investigación</b>	Excelencia con liderazgo	13 %
	Impacto normalizado	13 %
	Publicaciones en Scopus	8 %
	Representatividad de los investigadores	5 %
	Scientific Leadership	5 %
	International Collaboration	2 %
	Publicaciones en cuartil 1	2 %
	Excelencia	2 %
<b>Innovación</b>	Impacto en conocimiento	25 %
	Impacto tecnológico	5 %
<b>Apropiación social</b>	Enlaces al dominio institucional	15 %

	Tamaño de la web	5 %
--	------------------	-----

Fuente: Scimago Lab (2016).

Un tercer *ranking* es el Web de Universidades (Cybermetric, 2016), en el que aparece un reporte de casi todas las universidades colombianas, mediante los criterios presentados en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6. Criterios, indicadores y sus valores del Ranking Web de Universidades**

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<b>Impacto</b>	El número total de páginas web alojadas en el dominio principal de la universidad (incluyendo todos los subdominios y directorios), obtenido del mayor motor de búsqueda comercial (Google).	50 %
<b>Presencia</b>	Los datos de visibilidad (enlaces y dominios enlazantes) se obtienen de los dos proveedores más importantes de esta información: Majestic SEU y Ahrefs.	16,6 %
<b>Apertura</b>	Tiene en cuenta el número total de ficheros ricos (pdf, doc, docx, ppt), publicado en sitios web, tal como se recogen en el motor de búsqueda Google Académico (Google Scholar).	16,6 %
<b>Excelencia</b>	Artículos académicos publicados en revistas internacionales de alto impacto comprendidos entre el 10 % más citado en sus respectivas disciplinas científicas. El proveedor de datos (grupo Scimago) suministra valores para más de 5.200 universidades.	16,6 %

Fuente: (Cybermetric, 2016).

Dicha metodología es altamente incluyente y permite identificar valores locales, como lo exponen Serrano Mascaraque *et al.*, (2010), ya que incluye criterios de facilidad para que todas las personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la web y, sobre todo, con los contenidos producto de la generación del conocimiento reportado en Google Académico (Campos *et al.*, 2014; Google, 2016; Hilera *et al.*, 2013). De igual manera, el *ranking* analiza un criterio de excelencia con base en Scimago (Cybermetric, 2016) y el índice H, que se basa en la correlación que hay entre la productividad de un investigador y el éxito que aprecian sus pares por medio de la citación (Túñez López, 2013).

#### **2.2.3.4 Las instituciones de educación superior (IES) en Colombia y el AMVA: agentes generadores**

Las IES son actores clave que tradicionalmente han cumplido las funciones de docencia, investigación y extensión. Adicionalmente se ha definido un cuarto rol que les

permite establecer vínculos productivos con empresas locales para fomentar la asociatividad, la competitividad sistémica y el desarrollo regional (Dabos and Rivero, 2009).

La política de ciencia, tecnología e innovación (CTi) de Colombia tiene como uno de sus propósitos el aumento en la cantidad y la calidad de la producción científica y para esto ha buscado la especialización y la orientación de las acciones de conocimiento por parte de las universidades como generadoras del mismo (Colciencias, 2015a). Paralelamente, el sistema universitario del país contempla dentro de los criterios de calidad la producción científica (CNA, 1998); sin embargo, los resultados del país, si bien muestran una mejora significativa en los últimos 10 años, siguen siendo pobres (Colciencias, 2015a).

En Colombia, el sistema educativo superior está estructurado por la Ley 30 de 1992 (Congreso de Colombia, 1992) y define tres tipologías de IES (Tabla 2-7).

**Tabla 2-7. Organización de las IES en Colombia, según su finalidad y tipos de programas académicos ofrecidos**

Tipo de IES	Finalidad	Programas
Instituciones técnicas profesionales	Ofrecer programas de formación en ocupaciones de carácter operativo e instrumental y de especialización en su respectivo campo de acción.	Formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización.
Instituciones universitarias o escuelas tecnológicas	Llevar a cabo programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en profesiones o disciplinas y programas de especialización.	Formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización, maestrías*, doctorados* y postdoctorados*. *Se requiere autorización del Consejo Nacional de Acreditación y Calidad (CNA).
Universidades	La investigación científica o tecnológica. La formación académica en profesiones o disciplinas, y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento y de la cultura universal y nacional.	Formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización, maestrías, doctorados y postdoctorados.

Fuente: elaborado con base en la Ley 30 de 1992 (Congreso de Colombia, 1992).

## **2.2.4 LAS EMPRESAS COMO AGENTES EXPLOTADORES DE CONOCIMIENTO**

Las empresas pueden ser entendidas como una serie de recursos tangibles e intangibles relativos a elementos físicos, humanos y relaciones que deben ser gestionados eficiente y eficazmente, buscando potencializar su capacidad de obtener ventaja competitiva sostenible. La potencia de estos recursos se deriva de la capacidad de la empresa para promover la mejor combinación entre explotación y exploración de sus recursos, de hecho, la mejor combinación entre recursos, capacidades y competencias resulta en procesos de aprendizaje constante, cuyo resultado final puede ser la innovación. (Popadiuk et al., 2012)

En la actualidad, el conocimiento se ha convertido es un aspecto importante e impredecible, por esta razón, las empresas tienen la necesidad de buscar conocimiento en un gran número de fuentes, deben integrarlo y utilizarlo rápida y efectivamente. Más entradas de conocimiento de más lugares para salidas más complejas exigen que las empresas sinteticen y organicen el conocimiento (Malecki, 2010). Las empresas más competitivas y que sobreviven en la actualidad, independientemente del sector industrial al que pertenezcan, suelen ser aquellas que destinan sus esfuerzos en producir innovación con productos que poseen alto conocimiento incorporado y por lo general son las empresas de mayor tamaño (Fernandez-Jardon et al., 2016).

Sin embargo cuando las empresas alcanzan un grado de madurez en innovación, independientemente del tamaño, tienen acceso al capital humano producto de la movilidad de personal entre las empresas, la contratación de investigadores y titulados que vienen de las universidades y dedican recursos al entrenamiento del personal existente (Filatotchev et al., 2011; Vedovello, 1997), por un lado. Y por el otro establecen redes formales e informales (Roper et al., 2017), configuran modelos de gestión (Lawson and Samson, 2001) y desarrollan capacidades, son más exitosas que otras empresas de dimensiones similares (Villarreal et al., 2014).

Las capacidades pueden ser modeladas como un conjunto de rutinas que están incorporadas en los procesos dirigidos hacia el cambio (Zott, 2000). Para entender esta dinámica Nelson & Winter (1982), se basan en la formación de rutinas organizativas soportadas sobre los activos físicos y las relaciones con el entorno para explicar el desempeño innovador. Cherubini Alves, Carneiro Zen, & Domingus Padula (2011) mencionan dos condiciones necesarias para formar una rutina, éstas son (i) que las personas cuenten con los conocimientos necesarios sobre el proceso y (ii) que existan sistemas técnicos especializados cuya capacidad de manejo esté contenida en las personas. Lo anterior conduce a interpretar que las rutinas pueden ser aprendidas, mejoradas y que permiten la creación de capacidades en el tiempo.

Es por esto que en este capítulo se desarrolla el tema de la generación de capacidades empresariales, se identifican cuales capacidades están asociadas a los procesos de innovación, y realiza un análisis de la relación entre las capacidades y el desempeño innovador y el desempeño económico, el segundo como expresión de competitividad.

Todo ello para probar la hipótesis (H4): No todas las empresas, aun siendo innovadoras, cumplen un papel de explotadoras de conocimiento ni se articulan la SRI.

#### **2.2.4.1 La innovación como fenómeno económico**

La innovación es un concepto de la economía que surge a raíz del análisis del desarrollo social y económico de las regiones (Romero García de Paredes, 2013); el cual, en teoría, se asocia con las condiciones de calidad de vida y bienestar de las personas (Sierra Gonzalez et al., 2008) y de la sociedad (UNESCO, 1999). La innovación representa un elemento importante en la competitividad de las empresas y naciones (Freeman, 1982b), como base para el desarrollo científico y tecnológico.

Como fenómeno económico se debe diferenciar del proceso de invención y difusión. Con base Schumpeter, (1939), se puede decir que:

- La invención de un producto o proceso ocurre en la esfera científico-técnica.
- La innovación consiste en la introducción comercial de una invención y la traslada a la esfera técnica y económica como un hecho aislado cuyo futuro será decidido en el mercado.
- La difusión es el proceso que, en última instancia, transforma lo que fue una invención en un fenómeno económico y social.

Para las empresas, la innovación significa la posibilidad de transformar ideas y conocimientos en nuevas ventajas económicas, tales como un mayor crecimiento de la productividad, la apertura de nuevos y/o mayores cuotas de mercado (BID, 2016). Es por ello que adoptando la definición de la OCDE (OCDE and EUROSTAT, 2005), se entiende por innovación la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el *marketing* o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Los cambios innovadores se realizan mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología.

#### **2.2.4.2 Las empresas, agentes explotadores de conocimiento**

En Colombia las empresa son definidas por el código de comercio (Presidencia de Colombia, 1971) como "toda actividad económica organizada para la producción, transformación, circulación, administración o custodia de bienes, o para la prestación de servicios", implica que se configuran como una serie de recursos tangibles e intangibles

relativos a elementos físicos, humanos y relaciones que deben ser gestionados eficiente y eficazmente, buscando potencializar su capacidad de obtener ventaja competitiva sostenible (Martos et al., 2008). Y son clasificadas según el tamaño en micro, pequeña, mediana empresa (PyMES) y gran empresa (Nieto et al., 2015).

No todas las empresas son innovadoras y aquellas que cumplen dicho papel se definen como “aquellas empresas que demuestren la realización, de manera sistemática, de actividades conducentes a la innovación, a través de procesos establecidos, recursos asignados y resultados verificables” (DNP, 2015a). Siendo clasifican en tres grupos, según la intensidad de las activadas innovadoras desarrolladas en el periodo analizado, por lo general, bianual (DANE, 2015a):

**Innovadoras en sentido estricto:** Entendidas como aquellas empresas que en el período de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional.

**Innovadoras en sentido amplio:** Empresas que en el período de referencia obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en el mercado nacional o un bien o servicio nuevo o mejorado para la empresa, o que implementaron un proceso productivo nuevo o significativamente mejorado para la línea de producción principal o para las líneas de producción complementarias o una forma organizacional o de comercialización nueva.

**Potencialmente innovadoras:** Son aquellas empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el período de referencia; pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación, ya fuera para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional, o para la empresa; o para la obtención de un proceso productivo para la línea de producción principal o para las líneas complementarias, o de una técnica organizacional o de comercialización nueva.

El conocimiento se ha convertido en un aspecto fundamental para el desarrollo empresarial y la competitividad a largo plazo (Esser et al., 1996). Por esta razón, las empresas tienen la necesidad de buscar conocimiento en un gran número de fuentes, y deben integrarlo y utilizarlo rápida y efectivamente. Más entradas de conocimiento de más lugares para salidas más complejas exigen que las empresas sintetizen y organicen el conocimiento (Malecki, 2010).

En la actualidad la mayoría de las empresas han logrado un alto a mediano grado de apropiación de tecnología y están entendiendo y organizado sus recursos tangibles, tales como el capital físico y humano. Adicionalmente, un gran número de ellas se perciben a sí mismas como creadores, organizadores y explotadores de conocimiento,



requiriendo que se enfoquen en el aprendizaje, la innovación y la mejora continua de sus productos (Drake, 1998; Fang et al., 2016a; Gilsing, 2002; Greve, 2007)

Para las empresas, el proceso de explotación es importante solo para mejorar y economizar en una tecnología ya existente, mediante la creación de nuevos productos gracias a la combinación de soluciones existentes (Leonard-Barton, 1992). La fase exploratoria y de articulación con los generadores tiene un papel clave en la creación de conocimiento para proveer soluciones completamente nueva (Escobar et al., 2017). Las empresas explotadoras y exploradoras tienen una serie de características que les brindan las mejores condiciones para desenvolverse en su entorno competitivo, como se muestra en la Tabla 2-8. Cada característica tiene diferentes prácticas e intensidades de acuerdo con la empresa, el sector y el tamaño.

**Tabla 2-8. Características de las empresas para la exploración y explotación de conocimiento desde las capacidades.**

<b>Capacidades</b>	<b>Prácticas</b>	<b>Autor</b>
<b>Capacidad de aprendizaje</b>	Cantidad de nuevas ideas generadas	(March, 1991, Gilsing, 2002)
	Uso de nuevas fuentes de conocimiento	(March, 1991, Karlson, 2005, Katila and Ahuja, 2002, Leonard-Barton, 1992)
	Conocimiento existente dentro de la empresa, tácito, explícito, bases de datos	(Argyris and Schön, 1978)(Fernandez-Jardon and Tañski, 2010)
	Valorización del conocimiento individual	(Gilsing, 2002, Leonard-Barton, 1992)
	Compartimiento de conocimiento	(Gilsing, 2002)
	Intensidad del aprendizaje individual	(Gilsing, 2002)
	Procesos de aprendizaje y capacitación individual o colectiva.	(Argyris and Schön, 1978, Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Kogut and Zander, 1992, Tobergte and Curtis, 2013, Figueroa and Fernandez-Jardon, 1997)
<b>Capacidad de investigación y desarrollo tecnológico</b>	Enfoque de innovaciones radicales de procesos, productos y tecnologías.	(Garcia and Nair, 2005; He and Wong, 2004; Tushman et al., 2010)
	Investigación y desarrollo, participación y alianzas	(Gilsing, 2002; Leonard-Barton, 1992; March, 1991; Prieto et al., 2009)
	Innovación en técnicas de mercadeo	(Anand et al., 2009; Gilsing, 2002; Greve, 2007; He and Wong, 2004)
	Características del ambiente	(Fernandez-Jardon, 2011)

Capacidades	Prácticas	Autor
	competitivo	
	Surgimiento de nuevos competidores	(Anand et al., 2009)
	Productos sustitutos	(Gilsing, 2002; Russo and Vurro, 2010)
	Competencia agresiva en el sector	(Anand et al., 2009; Gilsing, 2002; Kogut and Zander, 1992; Russo and Vurro, 2010; Slater and Narver, 1995; Tushman et al., 2010)
<b>Capacidad de planeación</b>	Intensidad de creación de rutinas detalladas, mecanismos de control organizacional	(Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Kogut and Zander, 1992; Lewin and Volberda, 1999; March, 1991; Tushman et al., 2010)
	Grado de importancia con eficiencia y preocupación con escala de producción. Formulación de planes	(Carosi, 2016; Karlson, 2005; Slater and Narver, 1995; Tushman et al., 2010, Yam et al., 2004)
	Enfoque en costos	(Gilsing, 2002; March, 1991)
	Horizonte de planificación (corto plazo, largo plazo) y visión estratégica enfocada (presente, futuro)	(Gilsing, 2002; Karlson, 2005; March, 1991; Popadiuk et al., 2012; Su et al., 2009)
<b>Capacidad de gestión de recursos</b>	Amplitud y duración de las asociaciones	(Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Su et al., 2009)
	Formación de alianzas con otras empresas e instituciones.	(Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Su et al., 2009; Tushman et al., 2010)
	Interacción, compartimiento de conocimiento con socios de la red.	(Anand et al., 2009; Leonard-Barton, 1992; Zack, 1999)
	Grado de dependencia, confianza y transparencia en las asociaciones.	(Gilsing, 2002; Vanhaverbeke et al., 2009)
	Clúster.	(Asheim and Coenen, 2005; Fernandez-Jardon and Tañski, 2010; Gorman and Primavera, 2009; Salazar, 2015)
	Sistemas regionales de innovación (SRI).	(Cooke et al., 1997; Escobar et al., 2017; Quintero et al., 2015; Sandoval, 2014)
	Ubicación en el territorio.	(Coque et al., 2014; Dameri and

Capacidades	Prácticas	Autor
		Ricciardi, 2015; Montero and Morris, 1999; Sandoval, 2014)
	Adquirir y adjudicar apropiadamente capital, experiencia y tecnología en los procesos de innovación	(Fang et al., 2016b; Wang et al., 2009; Yam et al., 2004)

Las empresas producen y recolectan información, sin embargo, no todas pueden hacer uso de la información disponible de la misma forma, con la misma intensidad y en iguales condiciones. Uno de los determinantes de uso del conocimiento es el tamaño de la empresa: las PyMES han sido identificadas como reactivas, en vez de proactivas, es decir, reacias al cambio y limitadas en recursos y habilidades. Mientras las PyMES tienen confianza en las actitudes, educación y experticia de su personal y buscan conocimiento discreto y concreto, la gran empresa busca conocimiento prospectivo, que es con frecuencia estratégico y abstracto, en vez de operacional y tangible (Major and Cordey-Hayes, 2000).

En las PyMES, las organizaciones intermediarias (brokers) juegan un papel fundamental en la difusión de información prospectiva. Major & Cordey-Hayes (2000) exponen este hecho, y alientan a los intermediarios a tomar una cultura prospectiva para sus PyMES asociadas, y a las PyMES a fortalecer sus lazos con los intermediarios, para mejorar la competitividad y la economía de la innovación. Éste fenómeno lo explican Cohen & Levinthal (1990), quienes indican que los individuos y las empresas pueden entender, absorber e implementar conocimiento externo solo cuando este está cerca de su propia base de conocimiento.

Otro elemento importante para facilitar el uso de conocimiento es la distribución espacial, especialmente si dicha distribución favorece las conexiones con empresas o instituciones en el marco de un sistema de innovación (SI). Diez-Vial and Fernández-Olmos, (2016) demostraron que las empresas dentro de un parque de ciencia y tecnología mejoran su desempeño debido a las ventajas que implican la difusión del conocimiento y los recursos compartidos, en contraposición a las que no están ligadas a estos sistemas. Las empresas que participan en estos entornos tienen acceso al capital humano producto de la movilidad de personal entre empresas, la contratación de investigadores y profesionales que vienen de las universidades y se dedican a la ejecución de programas de entrenamiento al personal existente (Filatotchev et al., 2011; Vedovello, 1997), lo cual incide en los indicadores empresariales (Carosi, 2016)

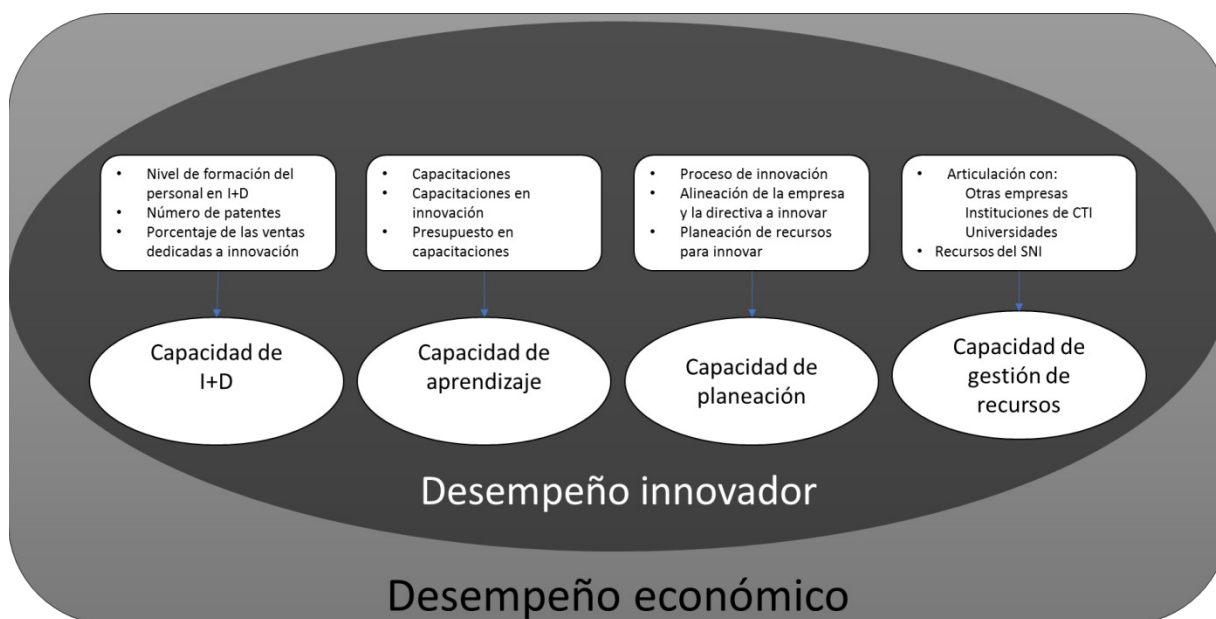
La exitosa gestión de estos recursos se deriva de la capacidad de la empresa para promover la mejor combinación entre exploración y explotación, por lo general mediante la cooperación, al poner en el mercado los resultados de investigación y concretar la innovación (OCDE and EUROSTAT, 2005). La interacción de estos agentes con otras empresas e instituciones puede generar una mayor productividad, nuevos productos y empleos, mayores ingresos y bienestar (OCDE, 2014b); en ocasiones también puede ayudar a potenciar las actividades de investigación científica aplicada y la formación de capital humano avanzado por parte de las universidades e institutos de investigación (OECD and LEED, 2015).

De hecho, la mejor combinación entre recursos, capacidades y competencias resulta en procesos de aprendizaje constante, cuyo resultado final puede ser la innovación. Sin embargo, los porcentajes de cooperación para Colombia son aún muy bajos frente a países con economías superiores o similares (BID, 2016).

#### **2.2.4.3 Desempeño innovador y desempeño económico**

Para los objetivos de este capítulo el desempeño empresarial hace referencia a cuatro esferas que lo condicionan y modelan (Hernández, 2001): en primer lugar, el nivel microeconómico, es decir, en la planta y dentro de las empresas, para crear ventajas competitivas; en segundo lugar, el nivel mesoeconómico: eficiencia del entorno, mercados de factores, infraestructura física e institucional y, en general, las políticas específicas para la creación de ventajas competitivas; en tercer lugar, el nivel macroeconómico que se refiere a la política fiscal, monetaria, comercial, cambiaria, presupuestaria, competencia y, finalmente, el nivel metaeconómico o estratégico que señala la estructura política y económica orientada al desarrollo, estructura competitiva de la economía, visiones planes nacionales de desarrollo. Dentro del desempeño empresarial se identifica el desempeño económico como los mecanismos del desempeño empresarial para volverse competitivas frente a cambios en el entorno (RICYT et al., 2001). Uno de los mecanismos que potencian el desempeño económico es el proceso de innovación el cual puede mejorar las condiciones competitivas y se puede evaluar mediante un criterio de desempeño innovador (Fernandez-Jardon, 2012; López González et al., 2016).

Para lograr un buen desempeño económico la innovación no es una condición necesaria, pero sí ideal (Robledo Velásquez et al., 2009) en la Figura 2-9. se presenta un modelo genérico que conecta capacidades asociadas a procesos de CTi y a los desempeños de innovación y el desempeño económico, como variables respuesta.



**Figura 2-9. Desempeño económico como producto del desempeño innovador**

Fuente: Modificado de Fernandez-Jardon, (2012); Robledo Velásquez et al., (2009); Villarreal et al., (2014)

**Capacidad de I+D:** Las capacidades de I+D puede ser interpretada como el esfuerzo en personal, los productos de la misma y la intensidad en I+D (Garcia and Nair, 2005; He and Wong, 2004; Tushman et al., 2010). El personal en I+D es usada como insumo a la innovación, y es medida como la relación entre el número de empleados dedicados de tiempo complete en actividades de I+D sobre el número total de empleados de la empresa (Anand et al., 2009; Gilsing, 2002; Kogut and Zander, 1992; Russo and Vurro, 2010; Slater and Narver, 1995; Tushman et al., 2010). La Intensidad de I+D es medida como la relación entre los gastos en I+D su relación con ventas, los productos de conocimiento, generalmente patentes (Gilsing, 2002; Leonard-Barton, 1992; March, 1991; Prieto et al., 2009).

**Capacidad de aprendizaje organizacional:** La capacidad de aprendizaje organizacional se define como la habilidad del establecimiento para identificar, asimilar y explotar el conocimiento proveniente del ambiente circundante (March, 1991, Karlson, 2005, Katila and Ahuja, 2002, Leonard-Barton, 1992). Fernandez-Jardon and Martos, (2008) se refieren a la capacidad de aprendizaje organizacional como la habilidad de mantener o mejorar el desempeño basado en la experiencia. Esta actividad contempla la adquisición de conocimiento implícito y explícito (Argyris and Schön, 1978, Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Kogut and Zander, 1992, Tobergte and Curtis, 2013, Figueroa and Fernandez-Jardon, 1997), el traspaso de conocimiento y el uso del conocimiento (Yam et al., 2004). Existen variables importantes definidas en la investigación que nos dan cuenta

de los esfuerzos realizados por el establecimiento para realizar capacitación tecnológica, bien sea en proceso productivo o en gestión administrativa (Gilsing, 2002) las cuales se agrupan en capacitaciones y la destinación de presupuesto para las mismas.

**Capacidad de planeación:** La capacidad de planeación representada como la habilidad de la firma para identificar las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades, formular planes de acuerdo a la misión y visión corporativa y ajustar los planes para la implementación, al igual que la habilidad de adoptar diferentes tipos de estrategias que se adapten a los cambios de ambiente para sobresalir en los ambientes competitivos actuales (Carosi, 2016; Karlson, 2005; Slater and Narver, 1995; Tushman et al., 2010, Yam et al., 2004). Es por ello que contar con estrategia de innovación que integre procesos, la alineación directiva (Lewin and Volberda, 1999), al igual que recursos (Gilsing, 2002; March, 1991) es fundamental para consolidar dicha capacidad de planeación.

**Capacidad de gestión de recursos:** Se refieren (Fang et al., 2016b; Wang et al., 2009; Yam et al., 2004) a la capacidad de gestión de recursos como a la habilidad de la firma para adquirir y adjudicar apropiadamente capital, experiencia y tecnología en los procesos de innovación. Para el trabajo en curso definiremos la capacidad de gestión de recursos como la habilidad del establecimiento para aprovechar los incentivos económicos (Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Su et al., 2009; Tushman et al., 2010) y los servicios ofrecidos por entidades externas como los Centros de Desarrollo Tecnológicos CDT (Anand et al., 2009; Leonard-Barton, 1992; Zack, 1999) , Colciencias (Cooke et al., 1997; Escobar et al., 2017; Quintero et al., 2015; Sandoval, 2014), las entidades de cooperación internacional y la banca comercial para producir innovación (Gilsing, 2002; Karlson, 2005; Su et al., 2009; Tushman et al., 2010).

### **2.2.5 BROKERS EN LOS SRI**

Debido a la complejidad de los SI y SRI, surge la necesidad de contar con entidades intermediarias que establezcan un puente y conecten los diferentes agentes que componen el sistema (Klerkx and Leeuwis, 2008), a través de funciones conocidas como de intermediación o de bróker tecnológico.

Los bróker de tecnología se hacen presentes cuando los SI manifiestan problemas que van desde elementos de la política nacional de innovación, hasta la puesta en marcha de la innovación en los centros de investigación y las empresas en los procesos de difusión tecnológica (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013), de allí la

pertinencia de conocer el rol que debe desempeñar este actor en sistemas de innovación en desarrollo, como es el colombiano.

El SI colombiano, ha pasado por diversas crisis, desde lo estructural, presupuestal y político por parte del estado, hasta la ejecución y planeación a largo plazo por las universidades y el bajo impacto que las investigaciones han tenido en las empresas (FEM, 2013; Johnson Cornell University et al., 2014; The World Bank, 2013). Y es en estos escenarios de crisis donde el bróker juega un papel más relevante.

Así el objetivo de este apartado es identificar las funciones, en el contexto de AMVA y los intermediarios o bróker de tecnología, que hacen presencia en el SRI, al igual que probar la hipótesis (H5) “La función bróker o de intermediación es declarada por muchas instituciones, sin embargo, el grado de madurez de la misma es desigual y en muchos casos no se concreta dentro del SRI”.

### 2.2.5.1 Sistema de innovación colombiano en crisis

A pesar de la apuesta del gobierno colombiano de impulsar los procesos de investigación, desarrollo e innovación, por una economía del conocimiento (Consejo Privado de Competitividad, 2015; DNP, 2015b), estos resultados no se han visto reflejados en la productividad del sector o en recursos para su desarrollo (OCyT, 2014). En la Figura 2-10 se muestra como presupuesto de inversión en actividades de investigación y desarrollo para 2014 representa 0.19% del PIB , un valor por debajo del 2.5% de los países con enfoque en desarrollo basado en conocimiento (Escobar et al., 2016b).

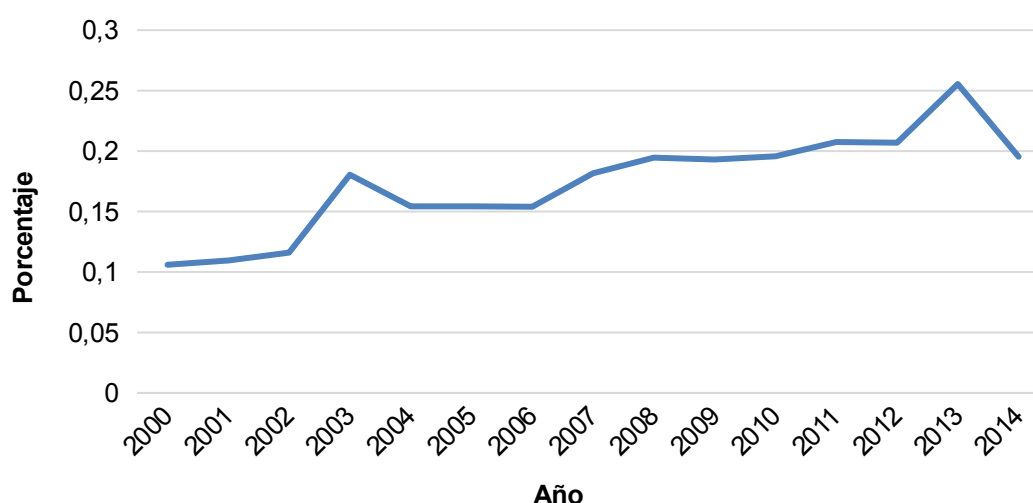


Figura 2-10. Comportamiento de la inversión en I+D en Colombia (Banco Mundial, 2014)

Fuente: Escobar et al., (2016b)

Para 2016 el presupuesto general de Departamento Administrativa de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) fue de 306.516 millones de pesos (Colciencias, 2016a), en 2017 de 336.998 millones de pesos (Colciencias, 2017) y el proyecto de presupuesto de la nación para 2018 estima un recorte del 40% frente al año anterior, valores que mantienen la proporción de inversión colombiana en ID sobre el PIP en el rango menor al 0.2%. Todo lo anterior ha generado reacciones por parte de la comunidad científica y académica como se listan en algunos de los titulares de noticias colombianas que explican la actual crisis del sistema de innovación del país, siendo en este momento la más citada el recorte del presupuesto de Colciencias para el año 2018, como se puede observar en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9. Resumen de noticias relacionadas con la crisis de innovación en Colombia**

Medio	Fecha	Titular de la noticia	Fuente
W Radio	18/08/2017	Colciencias va a tener que cerrarse por falta de presupuesto: Exdirectora de Colciencias	<a href="http://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colciencias-va-a-tener-que-cerrarse-por-falta-de-presupuesto-exdirectora-de-colciencias/20170818/nota/3553529.aspx">http://www.wradio.com.co/noticias/actualidad/colciencias-va-a-tener-que-cerrarse-por-falta-de-presupuesto-exdirectora-de-colciencias/20170818/nota/3553529.aspx</a>
Extra - Bucaramanga	17/08/2017	Actual situación presupuestal de Colciencias es preocupante: Gobierno recortaría aportes	<a href="http://bucaramanga.extra.com.co/noticias/nacional/actual-situacion-presupuestal-de-colciencias-es-preocupante-336851">http://bucaramanga.extra.com.co/noticias/nacional/actual-situacion-presupuestal-de-colciencias-es-preocupante-336851</a>
El Heraldo	19/08/2017	#CienciaSinRecorte	<a href="https://www.elheraldo.co/columnas-de-opinion/cienciasinrecorte-394179">https://www.elheraldo.co/columnas-de-opinion/cienciasinrecorte-394179</a>
El Espectador	14/08/2017	El recorte a la ciencia también duele En 2013 el presupuesto de Colciencias era de \$430.150 millones. En 2018 será de \$220.506 millones. / Archivo El Espectador	<a href="http://www.elespectador.com/noticias/ciencia/el-recorte-la-ciencia-tambien-duele-articulo-">http://www.elespectador.com/noticias/ciencia/el-recorte-la-ciencia-tambien-duele-articulo-</a>



Medio	Fecha	Titular de la noticia	Fuente
			<a href="#">708021</a>
RCN Radio	15/08/2017	Científicos colombianos dicen que cerrar Colciencias sería un error para el desarrollo del país	<a href="http://www.rcnradio.com/tecnologia/cientificos-colombianos-dicen-cerrar-colciencias-seria-error-desarrollo-del-pais/">http://www.rcnradio.com/tecnologia/cientificos-colombianos-dicen-cerrar-colciencias-seria-error-desarrollo-del-pais/</a>
Semana	17/05/2017	Colombia necesita recursos para ciencia El número de proyectos financiados con regalías en Innovación y Desarrollo ha disminuido en los últimos años. Mientras que en 2012 se apoyaron 31 proyectos, en el 2015 tan solo fueron cinco.	<a href="http://www.semana.com/educacion/articulo/presupuesto-para-ciencia-en-colombia-2017/525455">http://www.semana.com/educacion/articulo/presupuesto-para-ciencia-en-colombia-2017/525455</a>
Semana	28/02/2017	Sin ciencia no se garantizará el futuro La decisión del gobierno Santos de cambiar la destinación de recursos asignados a la ciencia para orientarlos a la construcción de vías es provechosa para la clase política de las regiones, pero negativa para el desarrollo del país.	<a href="http://www.semana.com/educacion/articulo/presupuesto-para-investigacion-cientifica-en-colombia/517070">http://www.semana.com/educacion/articulo/presupuesto-para-investigacion-cientifica-en-colombia/517070</a>
La República	17/08/2017	Estocada a la investigación y el desarrollo	<a href="https://www.larepublica.co/analisis/guillermo-caez-gomez-500127/estocada-a-la-investigacion-y-el-desarrollo-2537711">https://www.larepublica.co/analisis/guillermo-caez-gomez-500127/estocada-a-la-investigacion-y-el-desarrollo-2537711</a>
Las 2 Orillas	12/08/2015	Científicos alarmados por el bajo presupuesto de Colciencias	<a href="https://www.las2orillas.co/cientificos-alarmados-por-la-reduccion-del-presupuesto-de-colciencias/">https://www.las2orillas.co/cientificos-alarmados-por-la-reduccion-del-presupuesto-de-colciencias/</a>

Medio	Fecha	Titular de la noticia	Fuente
Semana	19/08/2016	“Colombia necesita mayor inversión en investigación” - Semana Educación entrevistó a la rectora de la Universidad Antonio Nariño quien habló sobre su institución, sobre los rankings y el impacto de las investigaciones de las universidades en el país.	<a href="http://www.semana.com/educacion/articulo/universidad-antonio-narino-impacto-de-la-investigacion-en-colombia/489375">http:// www.semana.com/ educacion/articulo/ universidad-antonio- narino-impacto-de-la- investigacion-en- colombia/489375</a>
Semana	19/08/2016	Innovación: Colombia en el puesto 63 de 128 países - Según los resultados del ranking del Global Innovation Index, de 19 países en América Latina analizados, quedó en quinto lugar.	<a href="http://www.semana.com/educacion/articulo/colombia-global-innovation-index-2016/489500">http:// www.semana.com/ educacion/articulo/ colombia-global- innovation-index- 2016/489500</a>
Semana	21/08/2016	Colombia avanza en Innovación - El reciente Índice Mundial de Innovación muestra que Colombia ha pasado del puesto 67 al 63 en el ‘ranking’ general y del 6 al 5 en América Latina. ¿Cómo se explican esos resultados?	<a href="http://www.semana.com/vida-moderna/ciencia/articulo/innovacion-un-paso-mas-cerca-de-la-meta/489556">http:// www.semana.com/vida- moderna/ciencia/ articulo/innovacion-un- paso-mas-cerca-de-la- meta/489556</a>
El Colombiano	17/08/2017	Ciencia y tecnología: locomotora sin combustible en este gobierno	<a href="http://www.elcolombiano.com/colombia/ciencia-y-tecnologia-locomotora-sin-combustible-en-este-gobierno-DC7127849">http:// www.elcolombiano.com /colombia/ciencia-y- tecnologia-locomotora- sin-combustible-en- este-gobierno- DC7127849</a>
El Espectador	17/08/2017	Se arregló el lío de regalías para la ciencia - El Congreso aprobó una reforma al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación para que la aprobación de proyectos sea por meritocracia y no bajo el criterio de los gobernadores.	<a href="http://www.elespectador.com/noticias/ciencia/se-arreglo-el-lio-de-regalias-para-la-ciencia-articulo-708616">http:// www.elespectador.com/ noticias/ciencia/se- arreglo-el-lio-de- regalias-para-la- ciencia-articulo-708616</a>
HSB Noticias	20/08/2017	En \$10,7 billones calcula la Contraloría el saldo sin ejecutar de regalías	<a href="http://hsbnoticias.com/noticias/economia/en-10-7-billones-calcula-la-contraloria-el-saldo-sin-ejecuta-337740">http://hsbnoticias.com/ noticias/economia/en- 10-7-billones-calcula-la- contraloria-el-saldo-sin- ejecuta-337740</a>

Medio	Fecha	Titular de la noticia	Fuente
El Tiempo	20/08/2017	Regalías sin usar superan ingresos extras por la reforma tributaria - Regiones productoras radicaron nuevo proyecto de ley para recuperar 'mermelada' minero-energética.	<a href="http://www.eltiempo.com/economia/sectores/dinero-de-regalias-desperdiciado-en-elefantes-blancos-preocupa-a-la-contraloria-121698">http://www.eltiempo.com/economia/sectores/dinero-de-regalias-desperdiciado-en-elefantes-blancos-preocupa-a-la-contraloria-121698</a>

### 2.2.5.2 Los brókeres tecnológicos y su rol en la innovación

Los bróker desempeñan funciones especializadas que hacen que demandantes y oferentes de tecnología, de otros productos del conocimiento y de servicios, interactúen; ellos dirigen y resuelven asimetrías en el mercado del conocimiento tales como la comprensión incompleta de la disponibilidad, la fuente, la calidad de los productos, servicios (de parte del comprador) y de las necesidades y requerimientos de los compradores (de parte del vendedor) (Partners, 2007), o cuando no existe o no se percibe una adecuada conexión entre agentes, lo cual puede suceder por fallas en el mercado o en la estructura de los SI (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013). De una forma más concisa, Howells, (2006) define el bróker como una entidad que actúa como agente en cualquier aspecto del proceso de innovación entre dos o más partes.

Se les atribuye la capacidad de cerrar brechas, sirviendo de enlace entre los generadores de ideas y conocimiento, y los usuarios y generadores de valor, facilitando la conformación de redes entre actores heterogéneos, fundamentales para el proceso de innovación; también son reconocidos por su neutralidad, imparcialidad e independencia, lo cual facilita el relacionamiento y negociación entre agentes (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013). Conduciendo y apoyando actividades de desarrollo tecnológico dentro de la "brecha de innovación", también conocida como "valle de la muerte", los bróker incrementan la eficiencia de los SRI, permitiendo que la comunidad de negocios y los investigadores se concentren y especialicen en las actividades que mejor saben hacer (Dalziel, 2010).

La configuración del bróker tecnológico corresponde al desarrollo de funciones tecnológicas propias de un proceso de intermediación, y por tanto en un modelo dinámico de SRI en ocasiones, uno o cualquiera de los agentes pueden desarrollar dichas funciones, en otros casos agentes especializados en intermediación se autodenominan bróker.

Howells, (2006) identifica 10 funciones que el bróker puede desarrollar: prospectiva y diagnóstico, exploración y procesamiento de información, procesamiento de conocimiento y su combinación y recombinación, vigilancia e intermediación, pruebas y validación, acreditación, validación y regulación, protección de resultados, comercialización, y evaluación de resultados. Yang & Shyu, (2011) suman otras 4 funciones a las ya identificadas por Howells, (2006): análisis de mercado, manejo de propiedad intelectual, explotación de mercados extranjeros y asesoría en litigios. De hecho, Lo, Liu, & Wen, (2010) afirman que la capacidad más importante de los bróker es la de negociación, debido a que estos ayudan a discutir las condiciones de transacción tanto del lado de la oferta como de la demanda. En el proceso de transacción "cambiar" es una condición normal y los brókeres deben lidiar con contingencias o emergencias para llevar a cabo la transacción.

Se ha discutido un número considerable de funciones y actividades que realizan los bróker, pero vale aclarar que estos no tienen que desempeñar todas las funciones, sino que deben enfocarse en las actividades que sirvan a los propósitos de su existencia como se muestra en la Tabla 2-10 (Munkongsujarit and Srivannaboon, 2011).

**Tabla 2-10. Categorías, funciones y actividades de los brókeres tecnológicos.**

Categoría	Función	Actividad
Facilitador en la colaboración entre organizaciones	Prospectiva y diagnóstico	-Prospectiva y previsión -Articulación de necesidades y requerimientos
	Exploración y procesamiento de información	-Exploración e inteligencia tecnológica -Selección y filtrado de información
	Procesamiento de conocimiento, generación y combinación	-Combinación de conocimiento de diferentes socios -Generación de nuevo conocimiento y recombinación
	Comercialización	-Marketing, apoyo y planeación -Redes de venta -Búsqueda de financiación
Conexión de servicios entre las organizaciones y el entorno	Vigilancia e intermediación	-Intermediación por medio de negociación -Consultoría contractual
	Evaluación de ingresos	-Valoración y evaluación de tecnología
Servicios a partes	Pruebas y validación	-Pruebas, diagnósticos,

Categoría	Función	Actividad
interesadas		inspecciones y análisis -Prototipado y pilotaje -Escalado -Validación -Ensayo
	Acreditación	-Regulación de especificaciones y consultoría -Conformidad según las normas y verificación
	Validación y regulación	-Regulación -Auto-regulación -Regulación informal y arbitraje
	Protección de resultados	-Consultoría en derechos de propiedad intelectual en relación con los resultados de la colaboración -Gestión de propiedad intelectual para clientes.

Fuente: Munkongsujarit & Srivannaboon, (2011).

A pesar de los diversos beneficios que se documentan en la literatura en torno a la acción de los brókeres, estos enfrentan varias dificultades:

Legitimidad y credibilidad: los bróker deben tener una posición fidedigna de "gestor honesto" o "intermediario confiable", relativamente neutral (Spielman et al., 2004). Esto es complicado porque los bróker actúan en entornos caracterizados por intereses divergentes y contradictorios, por lo tanto, los interesados pueden ejercer presión para favorecer sus propios objetivos (Isaksen and Remøe, 2001) citado por Leeuwis Klerkx, Hall, & Leeuwis, (2009).

Las funciones de los bróker se pueden traslapar con las de aquellos a quienes pretenden brindar servicios (o con los cuales colaboran, por ejemplo, las universidades), debido a esto pueden ser vistos como competidores y no como facilitadores (Klerkx and Leeuwis, 2009).

Estimar su impacto es difícil, dado su efecto indirecto y en ocasiones invisible (Howells, 2006). A veces eligen operar "tras bambalinas" o su función no se puede distinguir fácilmente porque se desempeñan en redes con muchos actores (Klerkx and Leeuwis, 2008).

Los gobiernos han optado por apoyar más la financiación de nuevas investigaciones que la explotación de los resultados de las mismas, es decir, de las

tecnologías desarrolladas (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013); esto se presenta porque los gobiernos prefieren financiar actividades que puedan ser medibles (por ejemplo, cantidad de publicaciones) y así poder mostrar el impacto de sus inversiones a la ciudadanía. Como consecuencia de la renuencia a financiar actividades cuyos resultados son difíciles de medir, los bróker serán siempre organizaciones vulnerables; no existen rankings anuales en los que estos puedan evidenciar su efectividad (Dalziel, 2010).

La existencia y desempeño de los brókeres dependerá en gran parte de las características del entorno socioeconómico del país SI (o región SRI) en el que ejerza su actividad. Si no existen en el lugar unas condiciones favorables para la competitividad, la necesidad de puentes entre las fuentes de desarrollo tecnológico y los usuarios de conocimiento será mínima (Ruiz Castañeda and Robledo Velásquez, 2013).

### **2.2.5.3 Los brókeres en el AMVA**

Culturalmente la palabra intermediario se asocia a menos rendimientos económicos, más costos y un pago de regalías o costos de intermediación, sin embargo para el sistema de innovación es necesario un actor que conecte la universidad, la empresa y el estado de manera justa y con condiciones claras de intermediación (Pérez Hernández, 2009).

Algunas de las instituciones que desarrollan funciones de bróker pertenecen a agentes generadores o exploradores, como es el caso de las oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTROS) quienes están afiliadas a las universidades y por tanto carecen de imparcialidad y la neutralidad necesaria para estos procesos de intermediación (Velasco et al., 2003).

Por otro lado el único bróker declarado para el SRI del AMVA es la corporación Tecnova, como lo menciona la OCDE en su estudio sobre educación superior y desarrollo para Antioquia (SEDUCA, 2011). Sin embargo, muchas otras entidades públicas, privadas o mixtas por su naturaleza organizacional desarrollan funciones de intermediación.

### **2.2.6 MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS APLICABLE AL SNI COLOMBIANO Y AL SRI EN EL AMVA**

Un modelo es una representación conceptual, matemática o computacional de un sistema, con la emulación de algunas de sus propiedades y funciones (Singh, 2009). Los modelos son usados para estudiar y resolver problemas que ocurren en el mundo real sin incurrir en costos financieros y económicos (Borshchev and Filippov, 2004). Además

permiten hacer cambios en el sistema y llevar a cabo experimentos controlando los factores deseados; ejemplo de ello son los experimentos de dinámica de fluidos de Osborne Reynolds en el siglo XIX (Barker, 2000). Pueden resultar de modelos físicos, en los cuales todas las dimensiones de un sistema son reducidas respecto a ciertas variables críticas (Sedov and Kisin, 1982). Adicionalmente, existen modelos matemáticos donde las interacciones de elementos de un sistema son descritas por medio de ecuaciones. Los modelos físicos y matemáticos han sido el enfoque clásico en ciencia e ingeniería. Con la llegada de computadoras más ponderosas aparecieron los modelos computacionales, en los que modelos matemáticos son resueltos con la ayuda de técnicas numéricas. En este contexto emerge el enfoque de simulación como una disciplina basada en la implementación de modelos computacionales que pueden involucrar cálculos matemáticos, gráficos por computadora e, incluso, modelación discreta, con el propósito de representar el comportamiento de un sistema o un fenómeno sujeto a estudio (Singh, 2009).

Dependiendo de la hipótesis y del objeto de estudio, un modelo puede ser estático si no depende del tiempo o dinámico si representa un sistema que evoluciona con el tiempo. La dinámica de sistemas (DS) es una técnica de modelación y simulación computacional que aplica EDO (ecuaciones diferenciales ordinarias) para modelar sistemas dinámicos, caracterizados por interdependencia, interacción mutua, retroalimentación de información y causalidad circular. Estos sistemas surgen de situaciones complejas en los ámbitos social, económico, ecológico, administrativo o de la ingeniería (Richardson, 2009). El campo fue desarrollado por Jay W. Forrester a mediados de los años 50 sobre la base de los modelos matemáticos de ingeniería para mejorar el entendimiento de los procesos industriales y determinar la falla o éxito de las empresas (Forrester, 1968). La DS fue aplicada casi exclusivamente a los problemas corporativos o administrativos hasta los años 60, cuando Forrester, en colaboración con Collins, desarrolló un modelo urbano (Forrester, 1969). Desde entonces, las aplicaciones de DS se han expandido desde problemas corporativos o industriales hasta incluir la gestión de la investigación y desarrollo (I+D), el estancamiento y decaimiento urbano, los ciclos de la mercancía y la dinámica del crecimiento en un mundo finito. Hoy en día es aplicada en economía, política pública, estudios ambientales, defensa, para construir teoría en ciencias sociales y otras áreas, así como en su campo de origen, la administración (Richardson, 2009). La extensión de las técnicas de simulación ha sido lograda porque son alternativas factibles cuando experimentar o hacer prototipos del sistema real es costoso o imposible (Borshchev and Filippov, 2004). Este atributo importante las ha proyectado como alternativas viables a la ejecución de experimentos en ciencias sociales, superando así consideraciones económicas y éticas. Un contribuyente

importante de este método novedoso es el ya mencionado Forrester, quien desarrolló un modelo de simulación a escala nacional a través de DS para entender el comportamiento socioeconómico y proponer políticas alternativas (Forrester et al., 1976).

La DS es una técnica factible cuando se está tratando con sistemas complejos. Complejidad se refiere a estructuras con bucles, de orden superior, no lineales y retroalimentadas (Samara et al., 2012), dinámicas, autoorganizadas, adaptativas, no intuitivas, resistentes a las políticas y caracterizadas por intercambios. En este sentido, los SI emergen de una interacción completa de agentes: generadores (universidades), reguladoras (agencias de política pública), explotadores (empresas) y transformadores (centros de desarrollo tecnológico) (Kayal, 2008). El modelo social a escala nacional de Forrester y los SI convergen en el concepto de sistema nacional de innovación (SNI). Considerando que los SNI son sistemas socioeconómicos, los cambios en sus reglas pueden generar consecuencias indeseadas en los sistemas educativos, económicos o empresariales de un área geográfica. Tanto la complejidad como la generación de consecuencias indeseadas hacen adecuado implementar un experimento computacional en un modelo de DS.

### 2.2.6.1 Evolución del concepto de innovación: perspectiva sistémica

De acuerdo con la OCDE, la innovación es:

*Producción o adopción, asimilación y explotación de una novedad con valor agregado en esferas económicas y sociales; renovación y ampliación de productos, servicios y mercados; desarrollo de nuevos métodos de producción; y establecimiento de nuevos sistemas de gestión. Se puede considerar tanto como un proceso como un resultado (Edison et al., 2013).*

Una gran variedad de modelos apareció con el fin de entender la innovación como un proceso. Estos están clasificados en cinco generaciones, como se señala en la Tabla 2-11.

**Tabla 2-11. Modelos del sistema de innovación por generaciones (adaptado de Rothwell, 1994b)**

Generación	Época	Característica
1. <sup>ra</sup> generación	Después de la II Guerra	La innovación es entendida como un proceso lineal con énfasis en el desarrollo tecnológico (technology push, ver Figura 2-11a).



Generación	Época	Característica
	Mundial	
<b>2.<sup>da</sup> generación</b>	Mediados de los 60	La innovación es interpretada aún como un proceso lineal, pero el mercado toma gran importancia (marketing pull, ver Figura 2-11a).
<b>3.<sup>ra</sup> generación</b>	Finales de los 70	Los modelos mentales son enriquecidos con retroalimentaciones entre diferentes etapas del proceso, así como con vínculos entre la ciencia y el mercado. Este enfoque conceptual dio origen a los modelos mezclados (Kline and Rosenberg, 1986). El modelo lineal distorsiona la naturaleza de la innovación porque considera a la I+D como la única fuente de innovación e ignora flujos de retroalimentación e interacciones entre las distintas etapas del proceso (Samara <i>et al.</i> , 2012).
<b>4.<sup>ta</sup> generación</b>	En los 80	Las retroalimentaciones y los controles excesivos fueron eliminados porque no eran apropiados. Desde entonces, los modelos de innovación se hicieron más robustos porque incluyeron otros agentes en el proceso de innovación, tales como las universidades. El sistema se ve como una red. El concepto de SNI aparece.
<b>5.<sup>ta</sup> generación</b>	En los 90	La innovación involucra varios agentes (universidades, clientes y otros). Modelos sistémicos y en red son presentados (Trott, 2011). Estudios orientados a políticas combinan el enfoque de SNI con la terminología de <i>benchmarking</i> corporativo (Richard R. Nelson, 1993).
<b>Más allá de la 5.<sup>ta</sup> generación</b>	Contemporánea	Los procesos de innovación abierta aparecen; su principal objetivo es compartir recursos y distribuir riesgos de los procesos de innovación entre los diferentes agentes (Chesbrough, 2006). Además de las retroalimentaciones, los retardos de tiempo en la toma de decisiones y la transformación del conocimiento son considerados (Samara <i>et al.</i> , 2012). Se formulan modelos matemáticos de la difusión de la innovación (Sternan, 2000) y de SIN (modelo de múltiples retroalimentaciones, ver . Figura 2-11 b).

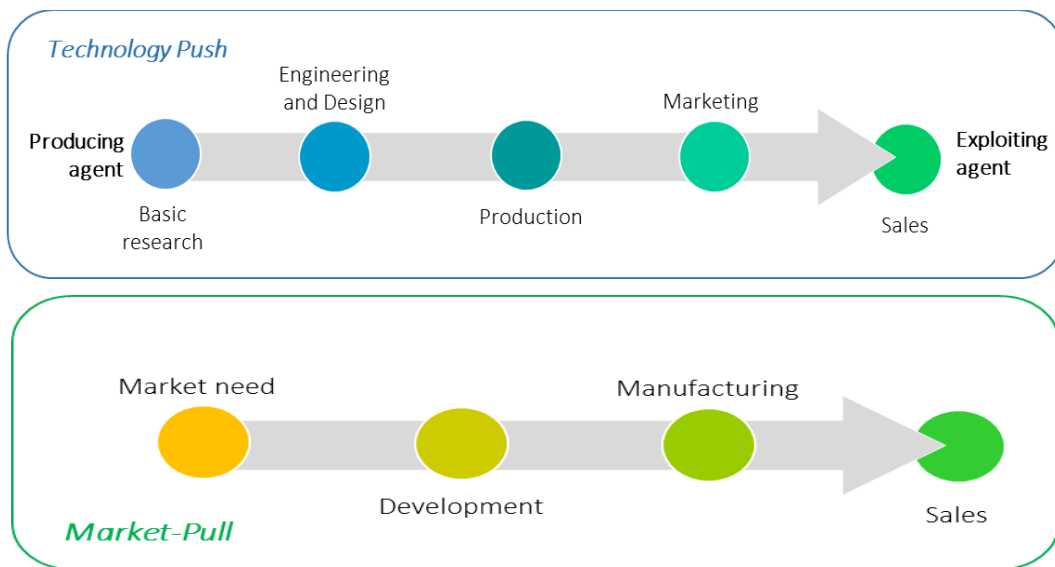
Fuente: adaptado de Rothwell, 1994b

El primer modelo del proceso de innovación adopta un comportamiento lineal (Figura 2-11 a). El concepto lineal de innovación puede llevar a la conclusión de que altas inversiones en I+D tendrían consecuencias positivas en la productividad y el crecimiento.

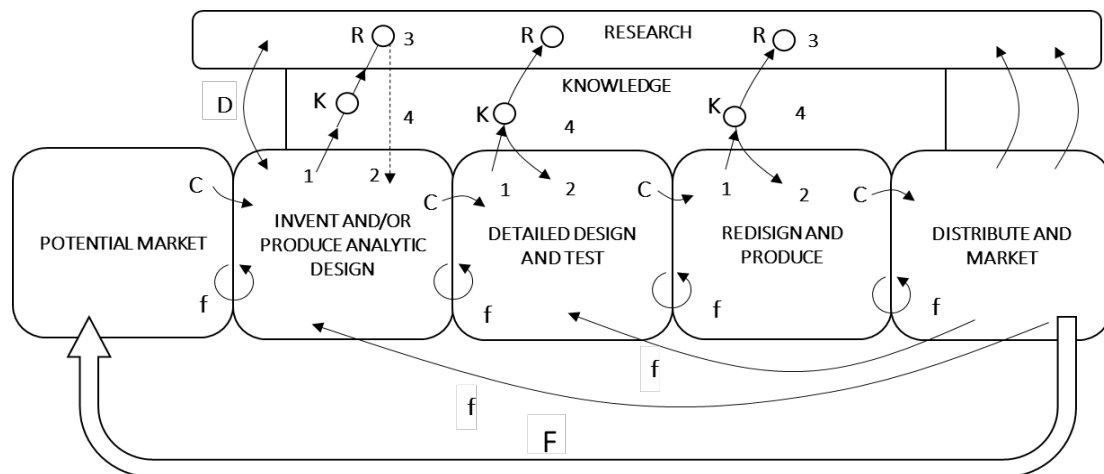
Sin embargo, durante los años 70 y 80, el surgimiento de nuevas e importantes tecnologías fue seguido de una reducción en la productividad en la mayoría de países de la OCDE (la *productivity paradox*). Un enfoque sistémico comenzó con el modelo retroalimentado de Kline y Rosenberg's (1986) (Figura 2-11 b). Por su parte, Lundvall identificó aspectos verdaderamente sistémicos y complejos en el proceso de innovación:

*Es una intrincada interacción entre micro y macro fenómenos. Donde las macro estructuras condicionan la micro dinámica y viceversa, nuevas macro estructuras son formadas por los micro procesos. En un contexto dinámico esto significa que necesitamos entender los sistemas como seres complejos y caracterizados por la co-evolución y la auto organización (B. a. Lundvall, 2007) .*

De acuerdo con esta tendencia, la innovación es explicada dentro de un sistema (Los SI, sistemas de innovación).



(a)



*Links through knowledge to research and return paths. If problem solved at node R, link 3 to R not activated. Return from research (link 4) is problematic-therefore dashed line.*

*C Central chain of innovation.*

*f Feedback loops.*

*F Important feedback.*

*D Direct link to and from research from problems in invention and design.*

*I Support to scientific research by instruments, machines, tools and procedures of technology.*

*S Support of research in scientists underlying product area to gain information directly and by monitoring outside work. The information obtained may apply anywhere along the chain.*

(b)

**Figura 2-11. (a) Modelos lineales de innovación (Rothwell, 1994b). (b) Modelo de múltiples retroalimentaciones de acuerdo con Kline & Rosenberg (1986)**

### 2.2.6.2 Funcionamiento del SIN

Los SIN están constituidos por tres subsistemas, basados en la clasificación de los agentes: generadores (instituciones de educación superior, IES), transformadores (centros de desarrollo tecnológico) y explotadores (empresas) (Escobar et al., 2016c). Desde el punto de vista de la DS, los agentes no son niveles en sí mismos, sino más bien un conglomerado de niveles que puede representar las funciones de los agentes. El funcionamiento de un SIN implica la aparición de una red intrincada de relaciones entre agentes. Estas interacciones funcionan de la siguiente manera:

- Intercambio de personal, dinero y conocimiento entre empresas, universidades e instituciones públicas de investigación (Joseph et al., 2013).
- Difusión de conocimiento y tecnología en empresas (Joseph et al., 2013).

- Como se mencionó, es preferido el enfoque en variables duras o cuantitativas (*hard*). Por esta razón, el conocimiento es representado por productos de conocimiento, tales como artículos, patentes y prototipos.
- Las condiciones macroeconómicas que determinan el clima empresarial y el monto de los incentivos a la innovación. Esta situación influye en la capacidad de I+D y en el ambiente para la innovación (Samara *et al.*, 2012).

### 2.2.6.3 Variables y métrica

Los métodos y modelos convencionales están basados en información *hard*. Estos están implementados para ciencias naturales e ingeniería. Por otro lado, los científicos en ciencias sociales se han interesado en medir cualidades con el fin de tratar con configuraciones complejas. Es por esto que toman variables cualitativas (categóricas) o *soft* (semicuantitativas) (Roy and Mohapatra, 2000).

Las variables *soft* contienen información sobre recursos intangibles tales como el *know-how*, el capital intelectual o el conocimiento (Ortiz *et al.*, 2006). De acuerdo con Forrester, no deberían ser omitidas porque su influencia en fenómenos sociales y empresariales es significativa (Forrester, 1961). A pesar de su importancia, no son factibles en simulación, y particularmente en DS, donde los vínculos causales son el paradigma central. Las relaciones causales en DS pueden derivarse en su mayoría de correlaciones, análisis de regresión, análisis de conglomerado y de múltiple clasificación. Sin embargo, con variables *soft* todos estos métodos de análisis, la causalidad no puede ser inferida o verificada. Por lo tanto, la validez y la confiabilidad de los modelos se hace subjetiva, y es preferible un enfoque cuantitativo (Roy and Mohapatra, 2000).

La técnica de DS se origina en la ingeniería de servomecanismos, no en la teoría general de sistemas ni de la cibernética (Richardson *et al.*, 1981). En este sentido, tres tipos de variables pueden ser reconocidas: variables de Estado, que representan niveles de un sistema o sus propiedades susceptibles de acumulación. Variables endógenas, que son las tasas o variables auxiliares; mientras que las variables exógenas corresponden a proyecciones (Dyner R. *et al.*, 2008). Un modelo SIN-DS puede ser implementado para ejecutar experimentos cambiando variables que modifiquen los flujos de entrada. Desde el punto de vista de un diseño experimental, son factores estudiados. Por otro lado, los niveles son variables de respuesta, que permiten observar influencia en los cambios (Gutiérrez Pulido and De la Vara Salazar, 2008). En un modelo de simulación, como es el caso de la DS, todos los aspectos del SNI deben ser representados por una combinación de parámetros, relaciones funcionales y variables.

#### 2.2.6.4 Políticas: definición de parámetros

Las economías de países en vías de desarrollo están orientadas por la eficiencia (Porter, 1990b). En esta etapa la competitividad está impulsada por la educación superior y la capacitación, mercados de bienes eficientes, mercados laborales funcionales, mercados financieros sofisticados, un gran mercado doméstico o extranjero y la habilidad para aprovechar los beneficios de las tecnologías existentes (Sala-I-Martin et al., 2007). Sin embargo, en los países desarrollados, las economías están impulsadas por la innovación, lo que les permite sostener más altos salarios y un alto estándar de vida gracias a negocios capaces de competir con productos nuevos y únicos (Sala-I-Martin et al., 2007).

Por lo tanto, en algunos países en vías de desarrollo, como se muestra en el capítulo uno, se pueden impulsar la ciencia, la tecnología y la innovación (CTi) como un mecanismo para el crecimiento económico. De hecho, Kim & Dahlman, (1992) sugieren que las políticas públicas del gobierno para promover la ciencia y la tecnología son un aspecto clave en los países en vías de desarrollo. Estas políticas son diseñadas para fortalecer la ciencia y la tecnología, crear necesidades de mercado para la tecnología y proveer vínculos que mejoren la transferencia tecnológica entre agentes (Kayal, 2008).

Las políticas influyen el proceso de innovación (Metcalf, 1994) imponiendo restricciones y definiendo los parámetros del sistema. Un modelo en DS es ideal para analizar el efecto que tienen estas (Samara *et al.*, 2012)

#### 2.2.6.5 Relaciones funcionales

De acuerdo con el marco conceptual, la descripción y medición de los SNI a través de un modelo en DS se logra considerando una serie de actividades, representadas por flujos y niveles, que son expresados como funciones matemáticas.

Los niveles son funciones calculadas como resultado de la integración numérica de un conjunto de EDO:

$$\frac{dy_i}{dt} = f(t, y_i, y_j, \dots)$$

Las variables que pueden acumularse trabajan bien como flujos; los flujos son cada uno de los términos en esas EDO. Son construidos con relaciones matemáticas entre parámetros, factores estudiados e, incluso, variables de nivel. Los retardos son características adicionales implementadas en variables cuando son considerables (Sterman, 2000).

### 2.2.6.6 Modelo del SNI colombiano

De acuerdo con una revisión de las políticas colombianas, el gobierno está interesado en consolidar y desarrollar los SI, e. g. El Artículo 29 de la Ley 1286 de 2009 ordena apoyar proyectos de CTi, incluso con riesgo de capital. La Tabla 2-12 lista algunas políticas, identificando parámetros importantes en la operación del SIN y la construcción del modelo.

**Tabla 2-12. Políticas en el SNI colombiano**

Política	Parámetro asociado
Artículo 361 de la Constitución Política de Colombia	Fracción del ingreso general de regalías: 10 %.
Política nacional marco: Ley 1286 de CTi de 2009 CONPES 3582 de 2009	Inversión real en CTi: 0,2 % del PIB. Inversión en CTi esperada: 1 % del PIB (comenzando en 2010).
	500 candidatos doctorales por año
	Cofinanciamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>Pequeñas y medianas empresas (PyMES): 65 % del costo proyectado.</li> <li>Grandes compañías: 40 % del costo proyectado.</li> </ul>
Decreto 1500 del 2012	Sistema Nacional de Competitividad e Innovación
iNNpulsa Colombia 2012	Financiación de actividades de CTi
Ley 1753 de 2015	Creó los planes y acuerdos estratégicos departamentales de CTi como una herramienta para focalizar la inversión del fondo de CTi del SGR.

Fuente: adaptado de Colciencias (2016).

En un ejercicio de búsqueda de indicadores de ciencia y tecnología (RICyT, 2014b), de estadísticas del sistema educativo (MEN, 2016a) y de información de las empresas en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) (DANE, 2015b) se identificaron relaciones funcionales que podrían ser útiles en la construcción de un modelo del SNI de Colombia. La Tabla 2-13 muestra algunas relaciones, clasificadas por su tipo de función.

**Tabla 2-13. Elementos de DS en el modelo del SNI**

Flujos	Niveles	Retardos
--------	---------	----------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de producción de artículo y patentes.</li> <li>• Tasa de natalidad y mortalidad, tasa de graduados.</li> <li>• Difusión de conocimiento: Tasa de adopción de productos o nuevas tecnologías.</li> <li>• Tasa de innovación a partir de productos nuevos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal: graduados de pregrado, maestría y doctorado, PEA (población económicamente activa), consumidores.</li> <li>• <b>Productos de conocimiento:</b> artículos, patentes, prototipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación: por ejemplo, transición de la secundaria al pregrado, y del pregrado a la maestría.</li> <li>• <b>Transformación de conocimiento:</b> los artículos pueden convertirse en patentes, y las patentes en prototipos.</li> </ul>
---	---	--

Finalmente se construye una estructura para el modelo SNI de acuerdo con los elementos discutidos (ver Figura 2-12). Buscando probar la hipótesis (H6): El nivel de madurez de los agentes dentro de los SRI condiciona la efectividad y la eficiencia de un SRI y con ello el impacto en la competitividad.

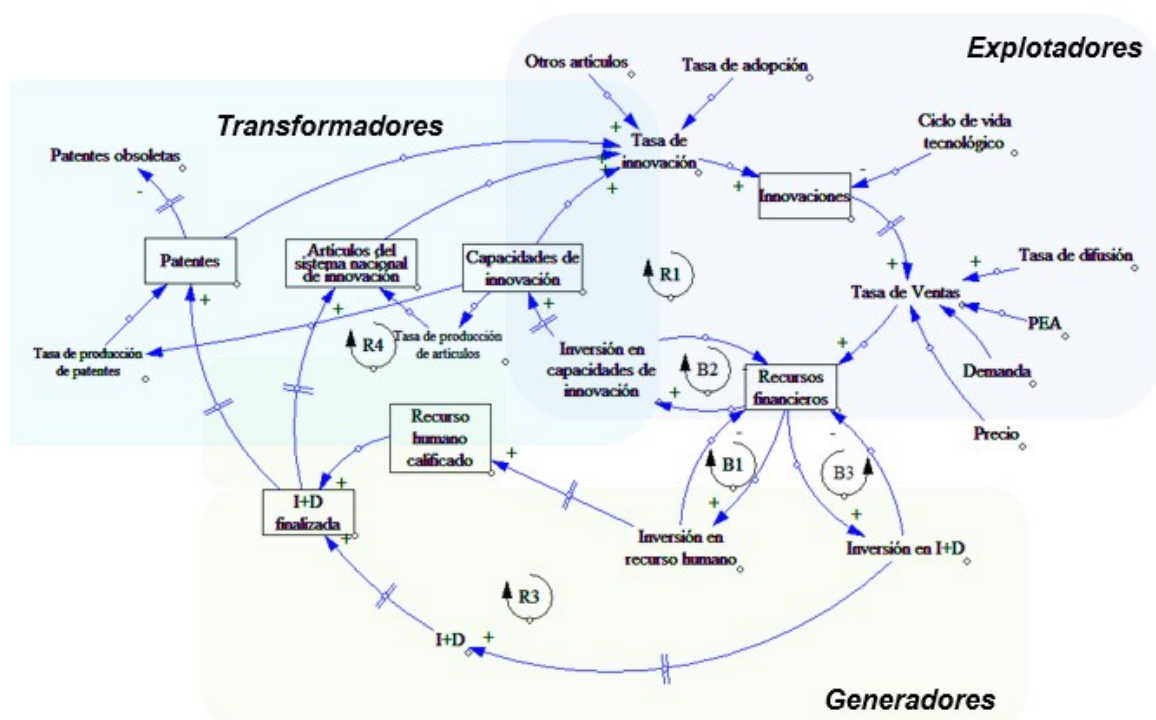


Figura 2-12. Diagrama DS de Forrester para el SIN

Fuente: basado en (Escobar et al., 2017, 2016a, 2016b)





### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

La investigación se desarrolló en cuatro fases, y cada una fue asociada a un componente de la investigación así:

*Fase I:* Definición del problema. Para el desarrollo de esta etapa, es necesario definir un propósito claro para enfocar la investigación. El proceso de construcción de un modelo comienza con la identificación de comportamientos problemáticos los cuales presentan variaciones a lo largo del tiempo, es por ello que analizando datos nacionales e internacionales se busca identificar el tipo y la dimensión del aporte de los procesos CTi al PIB. Dicho proceso fue denominado: ciencia, tecnología e innovación y su impacto en la competitividad.

*Fase II:* Conceptualización del sistema: En esta etapa se definen los distintos elementos que integran la descripción del sistema (agentes generadores, explotadores, broker), así como las influencias que se producen entre ellos. Se define además la frontera del sistema, es decir, qué es considerado endógeno y qué es exógeno. En esta apartado se realizó un análisis por cada uno de los agentes así: Los generadores de conocimiento dentro de los sistemas regionales de innovación: estudio del caso del área metropolitana del Valle de Aburrá. Las empresas como agentes explotadores de conocimiento dentro de un sistema regional de innovación. Y los bróker dentro del SRI del AMVA

*Fase III:* Formulación, ajuste y análisis del modelo. En esta etapa son especificadas las variables y las ecuaciones para cada relación en el modelo. Antes de que el modelo pueda ser ejecutado en una herramienta de computador, éste debe ser correctamente estructurado. Posterior a ello se ajusta el modelo, con base en la información de una región de Colombia (datos obtenidos en la fase I y II) que se tomarán como estudios de caso, se parametriza y se calibra el modelo teórico. Y finalmente se analiza el comportamiento del modelo, partiendo de un análisis de sensibilidad como medio para un mejor entendimiento y para localizar los parámetros sensibles en el modelo. En esta etapa es definida una base para la comparación de los comportamientos. Posteriormente se modifica un parámetro y se estudia el resultado de cambios en la estructura y luego se compara el resultado con la simulación base.

*Fase IV:* Análisis del modelo y recomendaciones. En esta fase se interpretan los resultados globales y particulares de la investigación, se concluye, se determinan limitantes y se proponen investigaciones futuras.

#### **3.1 CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD**

La investigación se desarrolló en dos etapas. La primera se orientó a identificar las variables de CTi que tienen relación con la generación de riqueza. La segunda se centró en la búsqueda de bases de datos que cuenten con indicadores CTi en el país para Iberoamérica, junto con un análisis estadístico para entender la relación entre generación de riqueza e indicadores de CTi.

**Etapas 1.** Vigilancia tecnológica: para este ejercicio se identificó un conjunto de preguntas orientadoras como insumo para la construcción de las ecuaciones de búsqueda: ¿qué es competitividad?, ¿cómo se mide la competitividad en el mundo?, ¿cuáles son las variables que integran la medición de competitividad y están asociadas a CTi?, ¿cuáles son los autores, las instituciones y los países más destacados en la temática? La revisión se hizo en las bases de datos científicas *Scopus*, *ScienceDirect*, *Springer*, *Web Of Science*, *IEEE* y *Google Scholar*.

Con base en los resultados obtenidos se determinaron las variables de CTi que se relacionan con competitividad y que están asociadas con el PIB, el cual se normalizó en función de la población, es decir, se definió el producto interno bruto per cápita (PIBpc) como criterio de evaluación para la generación de riqueza.

Para determinar los indicadores de ciencia y tecnología que mayor incidencia tienen sobre el PIBpc, se procedió como se detalla a continuación:

Panel de datos: las series de datos originales contienen registros de 205 indicadores de CTi, desde el año 1990 hasta el 2012. La primera etapa de la depuración consistió en seleccionar un periodo de tiempo que permitiera tener la mayor cantidad de registros posible. Dado que la RCYT se creó a mediados de la década de los 90, en los países latinoamericanos la medición de indicadores de CTi quedó bien sistematizada a partir de 1995 (Alcázar Farías and Lozano Guzmán, 2009); por esta razón se tomaron los registros de 1996 a 2012.

Selección de variables: se seleccionaron aquellos indicadores que correspondían al factor de sofisticación e innovación según el Consejo Privado de Competitividad (2014), a partir de los cuales se generó un primer grupo de variables (Tabla 3-14), que en adelante se denominará conjunto 1, y se construyó la base de datos con las variables de los indicadores seleccionados.

**Tabla 3-14. Indicadores de CTi reportados en la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología**

Indicadores	Variables	
Indicadores de contexto	4 variables	
Indicadores de	Recursos	16 variables

insumos	financieros	10 variables
	Recursos humanos	
Graduados en educación superior	3 variables	
Indicadores de patentes	5 variables	
Indicadores bibliométricos	21 variables	

Fuente: elaboración con base en el ORCYT 2016.

El conjunto 1 se depuró con base en la disponibilidad de información y se conservaron aquellos indicadores y países con más del 90 % de los registros disponibles para las variables seleccionadas (Bennett, 2001). Estos fueron elegidos para formar el conjunto 2. De igual manera se eliminaron las variables que aportan información redundante por colinealidad exacta; por ejemplo, “gasto CyT” y “gasto CyT” por habitante aportan la misma información.

**Etapá 2.** Procesamiento estadístico: esta fase consistió en la construcción de la base de datos a partir de los índices de competitividad asociados a CTi, obtenidos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RCYT) y del Banco Mundial (BM) para 22 países. Se analizaron datos de 13 de estos (Argentina, Brasil, Canadá, Colombia, Cuba, España, México, Panamá, Portugal, Paraguay, Trinidad y Tobago, Estados Unidos y Uruguay) para un período de 16 años (1996-2012).

Se seleccionaron dos modelos de regresión múltiple para explicar el comportamiento del PIBpc en función de los indicadores del conjunto 2.

Se implementó el cálculo del factor de varianza inflada (VIF) para detectar la correlación entre variables independientes (Naimi et al., 2014). Esto se realizó con el fin de eliminar del análisis las variables correlacionadas, las cuales son colineales, es decir, dependientes entre sí (Graham, 2003), ya que esto puede causar inestabilidad en la estimación de los parámetros de regresión (Dormann *et al.*, 2013). Un nivel aceptable de colinealidad corresponde a tener un conjunto de variables, cada una con un *VIF* menor que 10 (Chatterjee and Ali S., 2006). De acuerdo con esto, las variables que tenían un *VIF* mayor que 10 fueron eliminadas.

Finalmente, se implementó un método de regresión *within* de efectos fijos, que considera la heterogeneidad del grupo de países. La regresión múltiple es una técnica estadística en la que se define una variable como dependiente (*Y*) para investigar su

relación con otro conjunto de variables ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , etc.). De modo particular, se analizaron dos modelos alternativos, siguiendo los criterios de múltiples modelos de crecimiento económico: un modelo lineal de regresión múltiple.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + U_i.$$

Donde  $U_i = \mu_i + v_i$ .

$\mu_i$  incluye los efectos fijos que se observan entre las características de los países y  $v_i$  representa la perturbación usual de una regresión lineal. Alternativamente se implementó un modelo de Cobb-Douglas ( $\exp(\alpha_0) X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \dots$ ) o función de producción.

$$Y = \exp(\alpha_0) X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} \dots$$

En ambos modelos se usaron datos de panel con efectos fijos, con base en la prueba de Hausman (Cobacho and Bosch, 2005).

### **3.2 EL SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI) DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (AMVA): UN ANÁLISIS SOBRE EL PAPEL DE LOS AGENTES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CTI)**

La metodología para el desarrollo del apartado es básicamente descriptiva, por tanto, el procedimiento se fundamentó en la recolección, la descripción del estado actual del sistema para cada uno de los agentes analizados y la construcción de un perfil en relación con sus funciones:

- a. Inventario de agentes del SRI:** para identificar los agentes generadores se analizó el conjunto de instituciones de educación superior (IES) del AMVA reconocidas en el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para 2016. Para los explotadores se tuvieron en cuenta aquellas empresas grandes, medianas, pequeñas y micro asentadas en el AMVA y que aparecen en los reportes oficiales del 2014. Para los otros agentes se partió de un inventario realizado por el Centro Tecnológico de Antioquia (CTA) en 2010, denominado Mapa de la Innovación (CTA, 2010), que se actualizó mediante información de los sitios web o llamando a cada entidad.
- b.** Luego de tener un inventario de los agentes más representativos del SRI, se procedió a caracterizarlos de acuerdo con la función que desempeñan:

**Generadores:** se realizó una evaluación del grado de madurez respecto a las capacidades de generación de conocimiento y gestión del conocimiento; para ello se evaluaron los procesos de propiedad intelectual, vigilancia tecnológica, transferencia de tecnología, innovación en educación superior. Se utilizó una escala Likert de 0 a 4, donde 0 implica que no desarrolla la función y 4 que la desarrolla y se tiene documentado y evidenciado el proceso.

**Transformadores:** partiendo de un proceso de categorización realizado por Colciencias en 2016 se identificaron cuáles de los agentes fueron clasificados como CDT. Se incluyeron algunos que no fueron reconocidos, pero que en el ámbito local han demostrado acciones de transformación de conocimiento y aparecen en el Mapa de la Innovación con dicha función.

**Explotadores:** se realizó una consulta a las cámaras de comercio que tienen influencia en los municipios del AMVA para identificar las empresas que se encuentran asentadas en el territorio; luego se seleccionaron aquellas que participaron del Pacto por la Innovación (PI) (instrumento definido desde Colciencias y Ruta N como un mecanismo para identificar, formar y financiar proyectos de CTi en las empresas firmantes) y finalmente se analizaron las empresas que siendo firmantes del PI efectivamente desarrollaron acciones de CTi de acuerdo con (Ruta N, 2015).

**Habilitadores:** se identificaron las instituciones que desarrollan funciones de habilitación de manera directa o por delegación de alguna del nivel nacional; para eso se analizó el Pacto por la Innovación y el Sistema Nacional de Competitividad.

**Función bróker:** se definió una escala Likert de 0 a 4 para evaluar el nivel de madurez de las funciones bróker de los agentes de acuerdo con las definidas por Munkongsujarit y Srivannaboon (2011), siendo 0 la menor calificación y 4 la máxima. Se realizó una validación con expertos y se definió una distinción entre los diferentes tipos de agentes (generadores, transformadores, explotadores o habilitadores), y los que además desarrollan funciones bróker. Adicionalmente, para los brókeres se realizó una clasificación según su nivel de madurez respecto a sus capacidades de gestión de CTi en tres niveles: incipiente, en consolidación y consolidado.

**Construcción de mapas de los agentes:** se georreferenció, mediante levantamiento del Keyhole Markup Zip–KMZ-, a los agentes generadores, transformadores y a aquellos que forman parte del SRI y desempeñan funciones de bróker. Se construyó una geodatabase y la misma se procesó con los criterios anteriores en el *software* ArcGis 10.4.

### 3.3 LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN: ESTUDIO DEL CASO DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

El desarrollo de este apartado se realizó en tres etapas; la primera etapa se basó en un reconocimiento de los agentes generadores en el SRI; la segunda etapa en asociar dichos agentes a variables comúnmente medidas en *rankings* de calidad académica y generación de conocimiento y la tercera etapa en un análisis estadístico buscando relaciones la reducción de dimensiones del conjunto de variables y la mejor explicación del sistema.

**Etapas 1:** Se realizó un inventario de IES. Para identificar los agentes generadores se analizó el conjunto de instituciones de educación superior (IES) del AMVA reconocidas en el Ministerio de Educación (MEN) para 2016 que contaran con doctores en su planta de personal, como un criterio necesario para la generación de conocimiento.

**Etapas 2:** Con base en los criterios de los tres *rankings* analizados se identificaron en fuentes oficiales (estadísticas del sector público, bases de datos nacionales e internacionales) las variables que correspondan a criterios de calidad y generación de conocimiento: perfil docente y matrículas por los diferentes grados académicos; de la investigación y producción científica expresada en términos de número y categoría de los grupos de investigación, las publicaciones científicas, el índice H de los investigadores de la institución, las revistas que posee y el impacto de estas; y la transferencia de conocimiento al medio, identificando los productos de propiedad y protección del conocimiento.

**Etapas 3:** Los análisis estadísticos se hicieron de acuerdo con las técnicas definidas por F-Jardon Martos, (2011), en tres momentos: a) agrupación de las variables que caracterizan cada posible factor de generación de conocimiento; b) análisis de componentes principales con el objetivo de identificar agrupaciones estadísticas distintas a las predefinidas por el equipo de investigación; c) identificación de los grupos de instituciones a partir de un análisis conglomerado de K-medias, con una posterior agrupación por clústeres de las variables seleccionando aquellos conglomerados que compartan un alto grado de afinidad, teniendo en cuenta el componente del valor más positivo como primer criterio; posteriormente se tomó el segundo valor más positivo.

### 3.4 LAS EMPRESAS COMO AGENTES EXPLOTADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE UN SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN

La caracterización de las empresas y el análisis de su papel como agentes explotadores de conocimiento implicó no solo contar con un perfil de ellas, sino profundizar en los mecanismos propios de la gestión empresarial y su apuesta a procesos innovadores, es por ello que este apartado se desarrolló en tres etapas; la primera etapa caracteriza descriptivamente a las empresas con perfil innovador en Colombia, en Antioquia y en el AMVA; la segunda etapa implementa una encuesta para indagar en aquellas empresas que cumplen con el perfil objeto de estudio, en condiciones propias del proceso innovador y finalmente la etapa tres describe los resultados y analiza mediante métodos estadísticos los mismos con el objetivo de interpretarlos a la luz de la teoría de desempeño económico e innovador.

**Etapa 1:** En 2016 para Colombia se reportan 2.5 millones de unidades empresas (Confecamaras, 2015) de las cuales 877.263 son sociedades (DANE, 2017) y el resto corresponde a personas naturales (Confecamaras, 2015). De estas sociedades el 99.1% corresponde a las denominadas PYMES y solo un 0.9% a gran empresa. El departamento de Antioquia alberga 126.275 empresas correspondientes al 14.39% del total nacional y el AMVA 78.250 que representan el 8.9% nacional y el 70.9% del departamento. En la Tabla 3-15 se puede observar las distribuciones de acuerdo con el tamaño por cada uno de los ámbitos de análisis.

**Tabla 3-15. Perfil empresarial de Colombia, Antioquia y el AMVA en cuanto a tamaño.**

Ámbito de análisis	Número total de empresas	Micro	Pequeñas	Medianas	Grandes
Colombia	877.263	750.060	100.885	18.423	7.895
		85,50%	11,50%	2,10%	0,90%
Antioquia	126.275	112.541,20	10.226,60	2.665,60	841,6
		89,10%	8,10%	2,10%	0,70%
AMVA	78.250	67.764,50	7.825,00	2.034,50	626
		86,60%	10,00%	2,60%	0,80%

c con base en datos obtenidos de (CCMA, 2015; DANE, 2016a, 2015c)

En cuanto a las empresas con procesos asociados a la innovación se analizaron tres fuentes, la primera proveniente de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica -EDIT- para el año 2014 (DANE, 2015c), la segunda fuente corresponde a datos obtenidos en el marco del proyecto alianza por la innovación, realizada por Ruta N (Ruta N, 2015) y la tercera a una encuesta aplicada a 45 empresas del AMVA durante los meses de octubre a diciembre de 2016.

La EDIT – 2014 (DANE, 2015c) reportó para todo el país 8.835 empresas que respondieron a la encuesta, de ellas 2.050 reportaron fueron identificadas con algún grado de innovación y el resto como no innovadoras. De las 2.050, 534 correspondiente al 26% del total nacional se encuentran asentadas en Antioquia, con una distribución por tamaños similar a la composición nacional (Tabla 3-16).

**Tabla 3-16. Composición por tamaño de empresas innovadoras en Colombia y Antioquia**

Colombia			Antioquia	
Tamaño	Empresas	Porcentaje	Empresas	Porcentaje
Grande	32	1,6%	5	0,9%
Mediana	118	5,8%	25	4,7%
Pequeña	425	20,7%	115	21,5%
Micro	1475	72,0%	389	72,8%
	2050	100,0%	534	100,0%

Fuente: Datos para Colombia y Antioquia provienen de la EDIT 2015 (DANE, 2015c)

En la EDIT (DANE, 2015c) se clasifican las empresas innovadoras según la intensidad del proceso de innovación y las divide en estrictamente innovadora, ampliamente innovadora y potencialmente innovadora. Para el AMVA (Ruta N, 2015) el Pacto por la Innovación identifica varias categorías según la intensidad de innovación y por ello en el artículo se homologan las categorías del AMLA a las nacionales así: “innovadores emergentes” e “innovadores en evolución” como las “potencialmente innovadoras”; “innovadores en consolidación” como los “ampliamente innovadores”; e “innovadores avanzados” como las “estrictamente innovadoras” como se presenta en la Tabla 3-17.

**Tabla 3-17. Perfil de empresas innovadoras para para Antioquia y el AMVA**

Intensidad de	Antioquia	Equivalencia EDIT - Ruta N	AMVA
---------------	-----------	----------------------------	------



innovación						
Estricta	5	0,90%	Innovadores avanzados	49	23,56%	
Amplia	480	89,90%	Innovadores en consolidación- Innovadores emergentes	94	45%	
Potencial	49	9,20%	Innovadores en evolución	65	31,25%	
Total	534	100%		208	100%	

Fuente: EDIT 2015 Ruta N 2015.

Para seleccionar las empresas se utilizó la base de datos del PI que reporta 208 empresas con algún grado de innovación en el AMVA Error: no se encontró el origen de la referencia. La encuesta se aplicó luego de hacer una verificación de los datos de contacto y responsable en tres rondas, la primera mediante una comunicación electrónica, la segunda mediante comunicación telefónica a las empresas que no respondieron en la primera ronda y finalmente mediante visita a aquellas empresas que lo solicitaron (Tabla 3-18).

**Tabla 3-18. Distribución de las encuestas en cuanto a tamaño y comparativa con la población a analizar para el AMVA.**

Población Objetivo AMVA Ruta N			Resultados encuesta AMVA		
Tamaño	Empresas	Porcentaje	Tamaño	Empresas	Porcentaje
Grande	41	20	Grande	17	37,8
Mediana	70	34	Mediana	10	22,2
Pequeña y Micro	97	47	Pequeña	18	40,0
Total	208	100	Total	45	100

Fuente: Ruta N, (2015) y datos propios.

**Etapla 2:** Para hacer la caracterización de los agentes explotadores e innovadores del SRI del AMVA se identificaron las variables más importantes relacionadas con las el desempeño económico y el desempeño innovador Tabla 3-19, relacionadas con las capacidades CTi por parte de las empresas, para lo cual se construyó una tabla de variables con fundamento en (Fernandez-Jardon, 2012; Robledo Velásquez et al., 2009) como se presenta en la Tabla 3-19.

**Tabla 3-19. Capacidades y variables analizadas**

Capacidades y desempeño	Variables
Capacidades de I+D	Porcentaje de empleados dedicados a CTi discriminado

Capacidades y desempeño	VARIABLES
	grado académico.
	Protección de conocimiento representada en patentes solicitadas.
	Porcentaje de recursos, con respecto a las ventas, destinado a innovación.
<b>Capacidad de aprendizaje organizacional</b>	Numero de capacitaciones.
	Porcentaje de capacitaciones en innovación.
	Presupuesto de capacitación.
<b>Capacidad de planeación estratégica</b>	Existencia de un proceso de innovación.
	Alineación de la directiva a los procesos de innovación.
	Destinación de recursos al proceso de innovación.
<b>Capacidad de gestión de recursos</b>	Articulación con el sistema regional de CTi (Otras empresas, universidad e instituciones de apoyo).
	Gestión de recursos en el SRI.
<b>Desempeño innovador</b>	Tipo de empresa innovadora.
<b>Desempeño económico</b>	Crecimiento de las ventas con respecto al año anterior (2015), producto de innovación.

Fuente: elaboración propia con base en (Fernandez-Jardon, 2012; Robledo Velásquez et al., 2009)

Posteriormente se elaboró una encuesta (Anexo 1: Encuesta aplicada a empresas innovadoras de SRI del AMVA) que integró todas las variables señaladas en la Tabla 3-19. Y se realizó una primera ronda de validación con 16 empresas, a partir de la cual se hicieron ajustes. La encuesta se aplicó por medio del sistema electrónico de encuestas SurveyMonkey®.

De las 208, 66 empresas que respondieron la encuesta, de ellas 21 respondieron de manera incompleta, lo que dejó a 45 empresas para el análisis, ello implica que frente al total de la población los análisis presentan un error del 11%, un nivel de confianza del 90% suponiendo una varianza máxima donde  $p = q = 0,5$ .

**Etapas 3:** Con la información obtenida se procedió a realizar un análisis descriptivo de los resultados, se identificaron las correlaciones entre variables buscando la reducción del conjunto de datos, cuando las variables que explican la capacidad así lo permitieran, utilizando las técnicas de reducción de dimensiones por el método de extracción análisis de componentes principales y con rotación normalización varimax con Kaiser. (Fernandez-Jardon and Martos, 2011), los componentes resultado, asociados a las

deferentes capacidades (Tabla 3-19), fueron clusterizados utilizando el método de conglomerado de K-medias (Nieto et al., 2015). Los resultados del clúster expresan la capacidad como una variable ordinal en dos niveles. Se realizó un análisis mediante tablas de contingencia buscando la relación entre las capacidades y el desempeño innovador y finalmente se mediante tablas de contingencia se analiza la relación entre el desempeño innovador y desempeño económico.

El impacto de las capacidades individuales sobre el desempeño innovador y entre el desempeño innovador y desempeño económico de las empresas fue examinado mediante técnicas de asociación de tablas de contingencia para datos ordinales. El coeficiente de gamma de Goodman-Kruskal que muestra el grado de asociación de dos variables ordinales se presenta para cada capacidad junto con la significancia de la prueba realizada. La significancia de la prueba permite aceptar la hipótesis nula de que la fuerza de la asociación no es diferente de la que sería esperada debida al azar de las muestras aleatorias, y depende principalmente del tamaño de la muestra y otros parámetros. (Broemeling, 2009).

### **3.5 LOS BROKERS DENTRO DEL SRI DEL AMVA**

El estudio se centra en identificar los brókeres tecnológicos que se encuentran asentados en el AMVA. Para entender los brókeres en el contexto del SRI del AMVA se procedió a identificar y categorizar los agentes según sus roles de la siguiente manera:

- a. Inventario de agentes del SRI: Se identificaron todos los agentes del SRI y cuales cumplen o desempeñan funciones como bróker. Para ello se tomó como base los inventarios de agentes identificado en el SRI (Colciencias, 2016c; CTA, 2010; MEN, 2016b), posterior se procedió a contactar cada uno para indagar sobre las funciones de intermediación que desempeña.
- b. Luego de tener un inventario de los agentes del SRI, se procedió a evaluar la función bróker, mediante una encuesta telefónica realizada entre el 01-08-2016 y el 15-09-2016. Donde se les preguntó por las funciones bróker que desempeñan y el nivel de madurez de cada una, este segundo elemento se evaluó mediante una escala Likert, para determinar la madurez siendo "0" no desarrolla la función y "5" la desarrolla con todas las condiciones y procesos asociados a la misma a las 10 funciones evaluadas (Tabla 3-20).

**Tabla 3-20. Variables consultadas en la encuesta sobre la función bróker del SRI.**

Grupo	Variables
Datos genéricos de la entidad.	Nombre; dirección; teléfono; página web; enfoque misional de la entidad.
Funciones bróker que desempeña.	Pronóstico y diagnóstico (P); escaneo y procesamiento de información (VT); procesamiento de conocimiento, combinación y Recombinación de este (KM); controlador de acceso e intermediario (Inter); pruebas y validación (Test); acreditación (Acre); validación y regulación (Val y Regula); protección de resultados (PI); comercialización (Buy); evaluación de resultados (Impacto)

Fuente: elaboración propia

Para determinar que un agente es o no bróker, los datos se procesaron utilizando una función lógica, donde se categorizó como bróker aquel agente que desempeñe varias funciones o que se encuentre en un estado de madurez alto en algunas de ellas. Para definir el estado bróker se consideró aquellas instituciones que tienen una suma de la escala Likert de 30 o mayor; y para determinar el grado de madurez de los agentes bróker identificados en el proceso anterior, se realizó la evaluación, estableciendo tres grados según un promedio estadístico de las funciones que desarrollan: maduro (mayor o igual a 4.5), consolidado (mayor o igual a 3.5 y menor a 4.5) o en consolidación (menor a 3.5). Finalmente, la información se llevó a un mapa para identificar su distribución geoespacial.

### **3.6 PROPUESTA DE UN MODELO DE DINÁMICA DE SISTEMAS PARA EL SNI COLOMBIANO Y PARA EL SRI DEL AMVA**

Para construir un modelo que permita reconocer el SI en sus componentes, fue necesario realizar una primera delimitación del sistema de estudio, para ello se identificaron dos dimensiones de análisis, la primera nacional SNI y la segunda regional SRI. En los dos contextos las variables se conservan, pero son parametrizadas según las diferencias de escala. De igual manera el sistema se subdividió en explotadores, transformadores y generadores (Escobar et al., 2016a), como los muestra la Figura 2-12.

#### **3.6.1.1 Variables identificadas para los modelos SIN y SRI**

Un modelo DS considera flujos como la tasa de producción de artículo y patentes, niveles como el recurso humano calificado y retardos como la transición de la secundaria

al pregrado, y del pregrado a la maestría. Tiene diversos ciclos, algunos de refuerzo (R) y otros de balance (B): El ciclo R1 Se puede llamar el ciclo de los explotadores, ya que cuenta con recursos financieros para realizar inversiones que permiten incrementar la capacidad de innovación, esto tiene un retraso en el tiempo para que las capacidades acumuladas sean efectivas y reales, las cuales influyen la tasa de generación de innovaciones, que ingresan al mercado generando ventas y cerrando el ciclo en los recursos financieros. Existen ciclos de balance, B1, B2 y B3, los cuales disminuyen los recursos financieros, debido a la inversión en capacidades de innovación, en recurso humano y en I+D. En la Tabla 3-21. Se presentan las variables identificadas y la descripción de cada una.

El ciclo R3 se denomina el ciclo de los generadores de conocimiento, ya que con recurso humano e inversión en I+D es posible desarrollar proyecto y finalizarlos, posee retardos entre la formulación de proyectos y la inversión en I+D y la formación del recurso humano.

El ciclo R4 es un ciclo de transformadores, ya que toma productos finalizados del proceso de generación de nuevo conocimiento y hace que los artículos, las patentes y prototipos influyan la tasa de innovación empresarial.

**Tabla 3-21. Variables asociadas del modelo SN y SRI**

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
$t$	Variable independiente (tiempo, en años)
<b>Niveles</b>	
$P$	Población
$PEA$	Población económicamente activa
$Prof$	Graduados de carrera profesional
$Msc$	Graduados de maestría
$PhD$	Graduados de doctorado
$P t_{Ac}$	Patentes publicadas por el sector académico (generadores)
$P t_E$	Patentes publicadas por las empresas
$Pt$	Cantidad total de patentes
$CDT_p$	Productos de los centros de desarrollo tecnológico
$Pot_{InnP}$	Producto potencialmente innovador
$Inn$	Producto potencialmente innovador implementado (innovación concretada)
$Pp$	Artículos publicados

Variable	Descripción
<b>Flujos</b>	
$T_N$	Tasa de natalidad
$T_M$	Tasa de mortalidad
$T_{Gr}$	Tasa de graduados de carrera profesional
$T_{Bach}$	Tasa de graduados de educación secundaria
$Ret$	Tasa de jubilación (Retiro)
$T_{Msc}$	Tasa de graduados de maestría
$T_{PhD,mat}$	Tasa de matriculados en doctorado
$T_{\Pi, Pp}$	Tasa de publicación de artículos científicos
$Pt_{prdAc}$	Tasa de generación de patentes del sector académico
$Pt_{decAc}$	Tasa de vencimiento de patentes del sector académico
$Pt_{prdE}$	Tasa de generación de patentes de las empresas
$Pt_{decE}$	Tasa de vencimiento de patentes de las empresas
$P_{Ind}$	Tasa de patentes de las empresas que entran para ser procesadas por los CDT.
$T_{Proy}$	Tasa de proyectos que gestionan los CDT
$Pt_R$	Tasa de generación de productos de conocimiento de los CDTs a partir de patentes
$Prod_R$	Tasa de generación de nuevos productos en CDTs debida al financiamiento
$Pr_C$	Generación de productos potencialmente innovadores a partir de productos de conocimiento
$Prot_R$	Tasa de producción de productos potencialmente innovadores a partir de prototipos
$\dot{n}_{pR}$	Tasa de generación de productos innovadores
<b>Relaciones funcionales</b>	
$\dot{n}_{PotR}$	Tasa de innovación a partir de productos potencialmente innovadores.
$ReInn_R$	Tasa de renovación de productos existentes.
$\dot{t}_p$	Cantidad total de productos innovadores
$Ado p_R$	Tasa de adopción de nuevos productos
$BB$	Efectividad del boca a boca
$Adv$	Efecto de la publicidad
$\frac{\dot{c}}{\dot{c}}$	Fracción de productos innovadores implementados
$T_{PhD, Pp}$	Tasa de producción de artículos de doctorados
$T_{Msc, Pp}$	Tasa de producción de artículos de titulados de maestría
$T_{PhD}$	Tasa de graduados de doctorado
$T_{Gr, mat}$	Tasa de matriculados en carrera profesional

Variable	Descripción
$T_{Msc,mat}$	Tasa de matriculados en maestría
<b>Parámetros</b>	
$\%Gr$	Cobertura de educación profesional
$\%B$	Cobertura de educación básica
$D_{Msc}$	Porcentaje de deserción en Maestría
$D_{PhD}$	Porcentaje de deserción en doctorado
$C_{STE}$	Coeficiente modulador
$\%Eff_{PhD}$	Eficiencia en producción de artículos de doctorados
$\%Eff_{Msc}$	Eficiencia en producción de artículos de titulados de maestría
$\%CDT$	Fracción de productos de conocimiento que tienen aplicación potencial
$Prj_B$	Presupuesto para proyectos
$\$Prj$	Presupuesto por proyecto (Tasa)
$\%Prot$	Proporción de prototipos de los productos de los CDTs
$\%TcV$	Proporción de estudios de vigilancia tecnológica de los productos de los CDTs
$\%Prosp$	Proporción de estudios de prospectiva de los productos de los CDTs
$\%Inn_{Art}$	Fracción de publicaciones científicas que se convierten en productos potencialmente innovadores
$\%Inn_{Pt}$	Fracción de patentes que se convierten en productos potencialmente innovadores
$\dot{n}_{Eff}$	Proporción de la tasa de innovación
$Adv_{Eff}$	Efectividad de la publicidad
$Cont_T$	Tasa de contacto
$Adp_F$	Fracción de adopción

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.1.2 Particularidades de los modelos

Dadas las particularidades que debe integrar el modelo de DS para los modelos SIN y SRI fue necesario diseñar submódulos para la población, los agentes generadores, explotadores y transformadores así:

**Submodelo SNI poblacional:** Las tasas de natalidad y mortalidad se implementaron como regresiones de datos recuperados en el portal Indexmundi (Barrientos and Soria, 2015).

$$\frac{dP}{dt} = T_N - T_M$$

$$T_N = \begin{cases} -0.365t + 752.67 & \text{if } t \leq 2009 \\ -0.257t + 534.32 & \text{if } t > 2009 \end{cases} \quad T_M = \begin{cases} -0.0214t + 48.495 & \text{if } t \leq 2009 \\ 0.031t - 57.076 & \text{if } t > 2009 \end{cases}$$

La población económicamente activa está compuesta por personal graduado de carrera profesional, ( $T_{Gr}$ ) aquellos que no asistieron a la universidad ( $T_{Bach}$ ). Estas tasas son explicadas en la siguiente sección.

$$\frac{d(PEA)}{dt} = T_{Gr}(1 - \%B) + T_{Bach} - Ret$$

**Submodelo SNI de los generadores:** La cobertura de educación básica es recuperada del Observatorio Laboral de Colombia (MEN, 2016a), La cobertura de educación profesional se ingresó como una tabla de datos calculada con los datos históricos del personal graduado y la tasa de natalidad. Los datos más allá del 2013 se extrapolaron.

$$\frac{d(Prof)}{dt} = T_{Gr}$$

$$T_{Gr} = \%Gr \cdot Bachilleres$$

$$Bachilleres = P \cdot (\%B)$$

Solo una proporción de los incorporados a un estudio profesional ingresan a maestría. La proporción de graduados de maestría se calcula respecto el valor de los graduados por año de educación universitaria a partir de los datos históricos de la RICyT (RICyT, 2014a), y se ingresa como una tabla de valores:

$$\frac{d(Msc)}{dt} = T_{Msc}$$

$$T_{Msc} = \%Msc \cdot T_{Gr}$$

$$\%Msc = \frac{Msc(t)}{T_{Gr}(t)}$$

De la misma forma, solo una proporción de titulados de maestría se incorporan en un doctorado:

$$\frac{d(PhD)}{dt} = T_{PhD}$$

$$T_{PhD} = \%Doc \cdot Msc$$

$$\%PhD = \frac{PhD(t)}{Msc(t)}$$



Los datos históricos sobre la producción de publicaciones científicas muestran una tendencia no lineal

$$\frac{d(Pp)}{dt} = T_{\Pi, Pp}$$

La tasa de producción de artículos se calcula con las contribuciones de ambos niveles de posgrado:

$$T_{\Pi, Pp} = (T_{Msc, Pp} + T_{PhD, Pp}) \cdot C_{STE}$$

$C_{STE}$  es un coeficiente modulador, el cual se sintoniza. Las tasas de producción de maestría y doctorado se calculan con un coeficiente de efectividad:

$$T_{PhD, Pp} = 4.5 \cdot PhD \cdot \%Eff_{Msc}$$

$$T_{Msc, Pp} = 1.4 \cdot Msc \cdot \%Eff_{PhD}$$

Los procesos de investigación generan artículos, y una fracción de estos, patentes. Dicho efecto se modela con una tasa de efectividad:

$$\frac{d(Pt_{Ac})}{dt} = Pt_{prdAc} - Pt_{decAc}$$

$$Pt_{prdAc} = Eff_{ArtPt} \cdot T_{\Pi, Pp}$$

En la ventana de tiempo analizada se supone que no hay expiración de patentes otorgadas, dado que el sector académico tiene un aporte marginal en este aspecto.

Las empresas también participan en el proceso de generación de conocimiento con patentes:

$$\frac{d(Pt_E)}{dt} = Pt_{prdE}$$

$$Pt_{prdE} = 2 \text{ patens/year}$$

No existen registros de las patentes otorgadas antes de 1996. El modelo supone que no hay expiración. Además, se supone que las patentes son generadas principalmente por la academia y las empresas.

$$\frac{d(Pt)}{dt} = Pt_{prd} - Pt_{dec}$$

$$Pt_{prd} = Pt_{prdAc} + Pt_{prdE}$$

$$Pt_{dec} = Pt_{decAc} + Pt_{decE}$$

**Submodelo SNI de los transformadores:** Un centro de desarrollo tecnológico genera aplicaciones industriales a partir de algunos productos de conocimiento con aplicación potencial ( $\%CDT \dot{}$ ).

$$\frac{d(CDT_p)}{dt} = Pt_{Ind} + T_{Proy}$$

$$Pt_{Ind} = \%CDT \cdot Delay(Pt, 0.5)$$

Se supone un retardo de 6 meses para la implementación de estas aplicaciones.

$$T_{\prod i = \frac{Pr y_B}{\$Pry} i}$$

$$Pr y_B = 101101 \text{ millones de pesos}$$

$$\$Pry = 100 \text{ millones} \frac{\text{pesos}}{\text{proyecto} \cdot \text{año}}$$

El valor del presupuesto disponible para los proyectos ( $Pr y_B$ ) es tomado de Colciencias (2016). y el valor promedio del presupuesto para cada proyecto ( $\$Pry$ ) del valor asignado dividido el tiempo promedio de ejecución.

$$Prot = CDT_p \cdot \%Prot$$

$$VTec = CDT_p \cdot \%VTc$$

$$Prosp = CDT_p \cdot \%Prosp$$

**Submodelo SNI de explotadores:** El surgimiento de productos innovadores puede ser modelados con una curva logística (Milling and Stumpfe, 2000). Se formula un modelo basado en este concepto:

$$\frac{d(Pot_{Innp})}{dt} = Pr_C + Prot_R - \dot{n}_{pR}$$

$$\frac{d(Inn)}{dt} = \dot{n}_{pR}$$

Se supone que un porcentaje de los artículos y las patentes son rediseñados antes de convertirse en productos innovadores.

$$Pr_C = Pp \cdot \%Inn_{Art} + Pt \cdot \%Inn_{Pt}$$

La tasa de generación de productos potencialmente innovadores a partir de prototipos es calculada resolviendo la derivada del stock de prototipos:

$$Prot_R = \frac{d(Prot)}{dt}$$

La tasa de generación de productos innovadores es considerada como la contribución de productos potencialmente innovadores nuevos ( $\dot{n}_{PotR}$ ) y aquellos que son renovados después de cierto tiempo ( $ReInn_R$ ):

$$\dot{n}_{pR} = \dot{n}_{PotR} + ReInn_R$$

$$ReInn_R = \dot{n}_{RN} \cdot Pr_{Mad} \cdot \epsilon n_{Eff}$$

El término *Efectividad en innovación* proviene de los resultados de la EDIT (DANE, 2015c), y se calcula como la fracción de productos de las empresas que se convierten en productos innovadores.

$$\dot{n}_{Eff} = 4\%$$

Se supone que un producto nuevo requiere ser renovado 2 años después de su lanzamiento

$$Pr_{Mad} = Delay(Inn, 2)$$

$$\dot{n}_{RN} = \frac{Pr_{Mad}}{\dot{t}_p}$$

$$\dot{t}_p = Pot_{iNNp} + inn$$

Finalmente, es factible implementar un modelo de consumo basado en el modelo de Bass:

$$\frac{d(Pot_C)}{dt} = Cons_G - Adop_R$$

$$\frac{d(Cons)}{dt} = Adop_R$$

$$Cons_G = \frac{d(EAP)}{dt}$$

$$Adop_R = (Pub + Wr d_{mth}) * \frac{\dot{c}}{\dot{c}}$$

$$Pub = Pot_C \cdot Adv_{Eff}$$

$$Pub_{Eff} = 0.011$$

$$BB = \frac{Adop_F \cdot Pot_C \cdot Cont_R \cdot Cons}{PEA}$$

$$Cont_T = 100$$

$$Adop_F = 0.015$$

Éste último modelo difiere del de Bass en el termino  $\frac{\dot{c}}{\dot{c}}$  Este término escala la tasa de adopción de acuerdo al número total de productos que están disponibles

$$\frac{\dot{c}}{inn}$$

## Modelo del SRI

**Submodelo SRI poblacional:** El submodelo poblacional es formulado bajo las mismas consideraciones del submodelo poblacional del SIN, dado que el AMVA posee un comportamiento similar al nacional en cuanto a la dinámica poblacional (DANE, 2016b).

**Submodelo SRI de los generadores:** A diferencia del SIN, para el SRI se poseen datos históricos de los matriculados. La proporción de graduados de maestría se calcula con el cociente de los matriculados por año en maestría sobre los matriculados en educación universitaria a partir de los datos del personal matriculado (MEN, 2016a), y se multiplica por el recíproco del porcentaje de deserción (porcentaje de éxito):

$$\frac{d(Msc)}{dt} = T_{Msc}$$

$$T_{Msc} = \%Msc \cdot T_{Gr}$$

$$\%Msc = \frac{Msc_{mat}(t)}{T_{Gr,mat}(t)} (1 - D_{Msc})$$

De la misma forma, solo una proporción de titulados de maestría se incorporan en un doctorado:

$$\frac{d(PhD)}{dt} = T_{PhD}$$

$$T_{PhD} = \%PhD \cdot Msc$$

$$\%PhD = \frac{PhD_{mat}(t)}{Msc_{mat}(t)} (1 - D_{PhD})$$

El resto de este submodelo es formulado bajo las mismas consideraciones.

**Submodelo SRI de los transformadores:** El submodelo de transformadores es idéntico al submodelo análogo en el SIN en cuanto a su formulación.

**Submodelo SRI de explotadores:** Para el modelo del SRI, término Efectividad en innovación hace referencia las capacidades que configuran el desempeño innovador.

$$i n_{Eff} = 0.25 C_{I+D} + 0.25 C_{Ap} + 0.25 C_{GR} + 0.25 C_{PI}$$

Los coeficientes en la expresión anterior se refieren a los tres niveles en los cuales se miden las capacidades:

- Si  $C_i=0$ , la capacidad  $i$  no está presente en el sistema de innovación.
- Si  $C_i=0.5$ , la capacidad  $i$  está presente a un nivel medio en el sistema de innovación.
- Si  $C_i=1$ , la capacidad  $i$  está presente en el sistema de innovación.
- Se supone que un producto nuevo requiere ser renovado 2 años después de su lanzamiento

$$Pr_{Mad} = Delay(Inn, 2)$$

$$\dot{n}_{RN} = \frac{Pr_{Mad}}{\dot{t}_p}$$

$$\dot{t}_p = Pot_{iNNp} + inn$$

El término  $\dot{n}_{Eff}$  afecta proporcionalmente a la tasa de productos potencialmente innovadores que se convierten en productos innovadores en sentido estricto. En otras palabras, al tener un valor de  $\dot{n}_{Eff}$  mayor, se tiene una tasa de innovación mayor y, por lo tanto, se genera una mayor cantidad de innovaciones.

Finalmente, en la Tabla 3-22 se presentan otros elementos que diferencian los modelo SIN y SRI.

**Tabla 3-22. Otras particularidades del modelo SRI respecto al modelo SIN**

Elemento	Tipo	SIN	SRI
Población ( $P$ )	Nivel	Población de Colombia en millones de habitantes. El valor inicial corresponde a la población en 2001 (40.81 millones) (Barrientos and Soria, 2015)	Población de Colombia en millones de habitantes. El valor inicial corresponde a la población en 2005 (2.499 millones) (DANE, 2016b)
Porcentaje de bachilleres ( $\%B$ )	Variable auxiliar	El 1.2% de la población corresponde a jóvenes entre 17-23 años en proceso de ingresar a la educación universitaria (Estimado a partir de Observatorio Laboral para la Educación (Observatorio Laboral para la Educación, n.d.))	Se mantiene la estimación del observatorio laboral para el Sistema Nacional.
Porcentaje de graduados de Maestría ( $\%Msc$ )	Variable auxiliar	Calculada a partir de los títulos otorgados (RICyT, 2014a)	Calculada a partir del cociente de los matriculados en maestría y programas universitarios (MEN, 2016a), multiplicada por el recíproco del porcentaje de deserción.

<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>SIN</b>	<b>SRI</b>
Porcentaje de graduados de doctorado ( <i>%PhD</i> )	Variable auxiliar	Calculada a partir de los títulos otorgados (RICyT, 2014a)	Calculada a partir del cociente de los matriculados en doctorado y maestría (MEN, 2016a), multiplicada por el recíproco del porcentaje de deserción.

Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las cuatro fases permiten entender el SRI, sus flujos y el impacto en la competitividad y la construcción del modelo que representa todas estas interacciones, es por ello que en este capítulo se presenta lo encontrado en cada fase y se al igual que se prueba y con ello se validan total o parcialmente las hipótesis auxiliares de la investigación.

Para la *Fase I*: Definición del problema. Se encontró una relación parcial y condicionando entre CTi y competitividad en términos de PIB\_pc que se desarrolla en el apartado 4.1 de este capítulo.

En la *Fase II*: se caracterizó el SRI y cada uno de los agentes que lo componen como se muestra en el apartado 4.2; posterior a ello se profundiza en el perfil identificado los agentes más relevantes en el SRI, los generadores en el apartado 4.3; las empresas lao agentes explotadores de conocimiento en el apartado 4.4; los bróker en el apartado 4.5.

Finalmente, en las *Fases III y IV*, que se presentan en el apartado 4.6, se desarrolla el proceso de formulación, ajuste y análisis del modelo. En esta etapa son especificadas las variables y las ecuaciones para cada relación en el modelo producto de los resultados parciales de cada uno de los componentes del SRI.

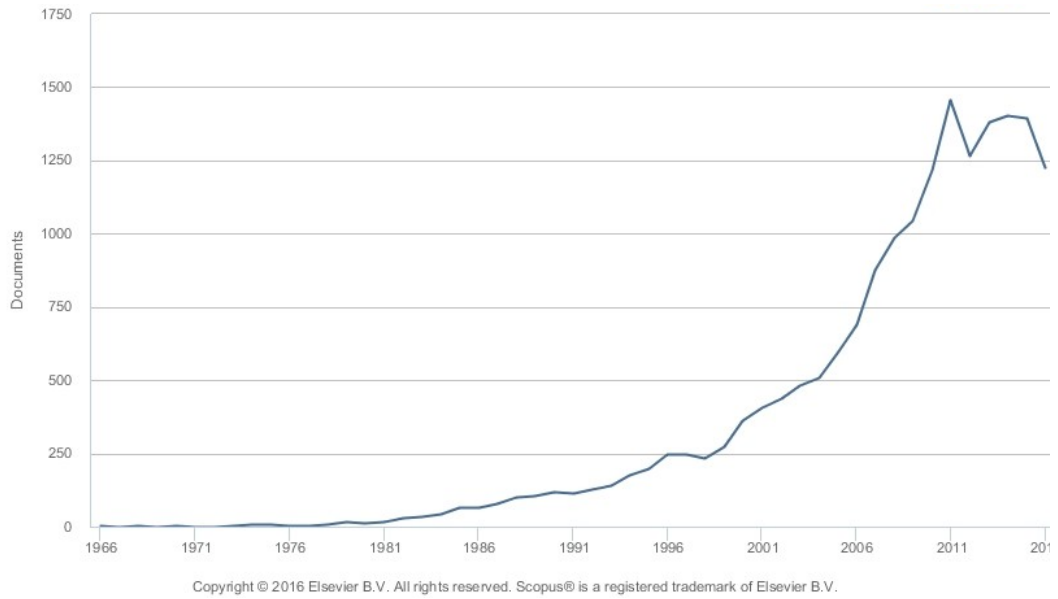
### 4.1 CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA GENERACIÓN DE RIQUEZA

#### 4.1.1.1 Etapa I

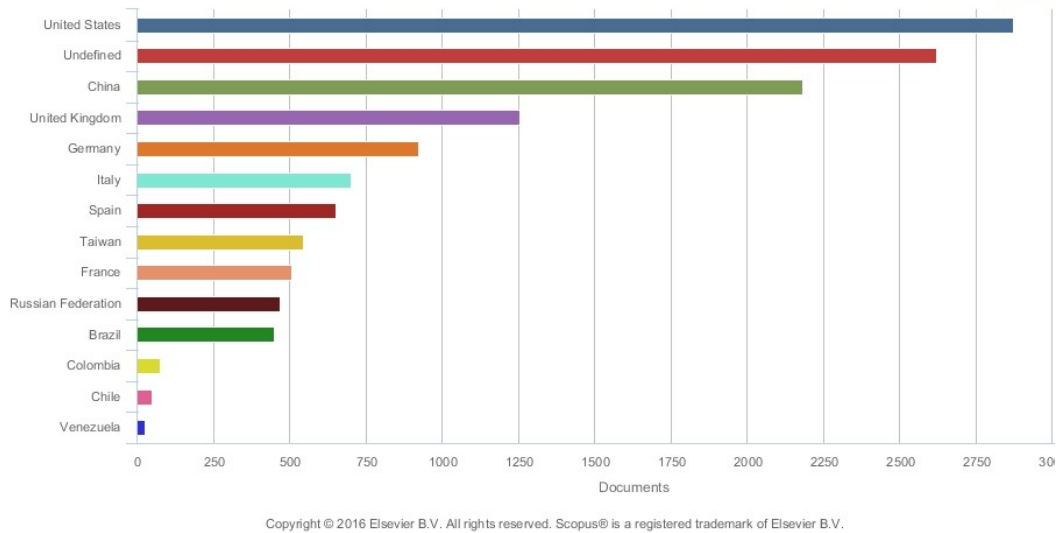
El estudio realizado contempló una ecuación de búsqueda bibliométrica definida como (*TITLE-ABS-KEY (competitiveness) AND TITLE-ABS-KEY ( gdp ) OR TITLE-ABS-KEY ( science ) OR TITLE-ABS-KEY ( technology ) OR TITLE-ABS-KEY ( innovation )* ), para un período de observación comprendido entre 1966 y 2015.

Como se observa en la Figura 4-13a, los temas asociados con la competitividad presentan un comportamiento creciente en términos de los resultados de estos procesos, documentados de manera formal a través de artículos científicos. Se reportaron un total de 18.176 documentos en todo el histórico analizado, de los cuales 10.482 son artículos y la agrupación geográfica de publicaciones incluye países como Estados Unidos, China e Inglaterra (Figura 4-13b). Esto revela la concentración de investigación en pocos países.

En los países iberoamericanos, si bien el tema es fundamental para el desarrollo de las economías, no está profundamente estudiado. Hay que destacar que Colombia, comparado con Chile y Venezuela, es el que más reportes presenta.



a)



b)

**Figura 4-13. Dinámica de publicaciones que relacionan CTi y PIB en el periodo 1966-2015.**

Fuente: *Scopus*, consultado junio 2016.

De la búsqueda y depuración de las bases de datos del Banco Mundial y del RCYT se identificaron 12 variables asociadas a la CTi que pueden explicar la competitividad en términos del PIBpc, que adicionalmente cumplen con las condiciones estadísticas (Tabla 4-23).

**Tabla 4-23. Variables definidas para el cálculo del VIF**

Tipo de variable	Variables analizadas	Etiqueta
Demográficas	Población en millones.	Pob



	Porcentaje de personas económicamente activas.	PEA.pt
Macroeconómicas	PIB per cápita.	PIB.pc
	Gasto en I+D por habitante (USD).	GUSID
Titulados	Titulados de grado por mil habitantes.	Tgr
	Titulados de maestría por mil habitantes.	Mae
	Titulados de doctorado por mil habitantes.	Doc
Patentes	Tasa de dependencia.	Tdep
	Tasa de autosuficiencia.	Taut
	Coefficiente de invención.	CInv
Publicaciones	Publicaciones SCI por cada cien mil habitantes.	SCI
	Publicaciones PASCAL por cada cien mil habitantes.	PASC

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1.2 Etapa II

Se calcularon los factores VIF para el modelo lineal y para las variables transformadas del modelo linealizado; las variables que tienen significancia estadística con un nivel de confianza del 99 % se presentan en la Tabla 4-24.

**Tabla 4-24. Resultados del modelo de regresión y VIF para cada variable**

	Variabes	Coefficiente	Error estándar	Valor t	Valor p	VIF
Modelo lineal	Tgr	0,0231	0,0435	0,5305	0,00590	1,7277
	Doc	0,1651	0,0259	6,3736	0,00000	7,4821
	Tdep	0,0011	0,0003	3,9875	0,00010	1,0757
	Taut	0,8617	0,2502	3,4447	0,00074	1,7705
	CInv	0,8617	0,0080	4,0826	0,00000	1,9516
	PASC	0,0169	0,0157	1,0079	0,00283	6,0758
	PEA.pt	6,7538	2,0866	3,2368	0,00149	1,9324
Cobb-Douglas linealizado	LNTgr	0,4031	0,0830	0,0830	0,00000	1,5335
	LNMAe	0,2014	0,0422	0,0422	0,00000	3,1653
	<b>LNTdep</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0183</b>	<b>0,0183</b>	<b>0,00980</b>	<b>1,5152</b>
	<b>LNCInv</b>	<b>-0,0404</b>	<b>0,0623</b>	<b>0,0623</b>	<b>0,00510</b>	<b>4,3449</b>
	LNPASC	0,2999	0,1142	0,1142	0,00954	4,7863
	LNPEA.pt	2,5088	0,7416	0,7416	0,00091	1,6431

Fuente: elaboración propia.

Para el modelo Cobb-Douglas linealizado se identificaron seis variables que fueron estadísticamente significativas: LNTgr, LNMAe, LNTdep, LNCInv, LNPASC, LNPEA.pt. Para el modelo lineal se identificaron siete variables estadísticamente

significativas: Tgr, Doc, Tdep, Taut, CInv, PASC, PEA.pt, de acuerdo con los valores-p reportados. De ellas, se presenta una tasa de cambio positiva para todas, excepto para el coeficiente de inversión (CInv).

La prueba de Hausman para ambos casos arroja un valor  $-p$  de  $2,2 \times 10^{-16}$ , lo cual indica que es adecuado implementar un modelo de efectos fijos, presentados en la Tabla 4-25. Esto implica que las condiciones de las variables se ven directamente afectadas por las condiciones de cada país en cuanto a sus condiciones reportadas en torno a CTi.

**Tabla 4-25. Valor de los efectos fijos para cada país (se reportan los coeficientes transformados)**

País	Lineal	Cobb-Douglas linealizado
Argentina	-2,6115	1,1084
Brasil	-4,1257	-0,0079
Canadá	-4,5046	0,3459
Colombia	-2,9172	0,8466
Cuba	-3,7015	0,1272
España	-4,9799	0,7640
México	-2,6352	1,0114
Panamá	0,8753	-2,6352
Paraguay	0,4039	-3,2586
Portugal	0,4039	0,0110
Trinidad y Tobago	-2,4651	1,2514
Uruguay	-2,8221	0,9130
USA	-6,2450	0,8345
R <sup>2</sup>	62,52 %	64,04 %
R <sup>2</sup> ajustado	55,16 %	56,89 %

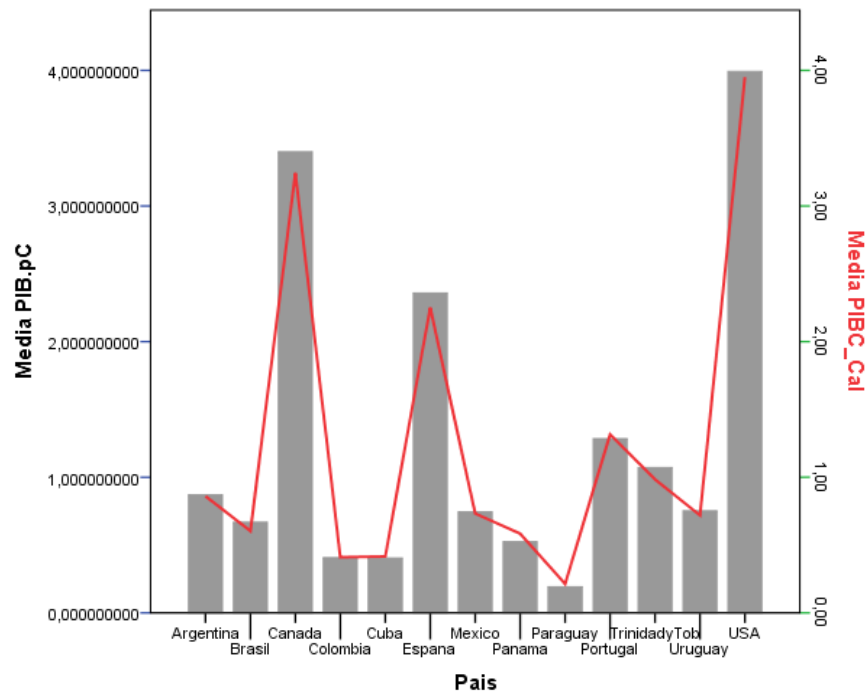
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los coeficientes de regresión, se encontró que la función de producción Cobb-Douglas linealizada es más precisa que el modelo lineal para determinar la respuesta del PIB.pc. La ecuación presenta el modelo en su forma exponencial original.

$$PIB.pc_{cal} = \exp(E_i) * i T_{gr}^{0,403} * Mae^{0,201} * T_{dep}^{5 \times 10^{-4}} * C_{Inv}^{-0,404} * PASC^{0,3} * PEA_{pt}^{2,509} i.$$

Donde  $E_i$  son los efectos fijos por país reportados en la Tabla 4-25.

La comparación de medias resultado del modelo en forma exponencial y los datos recuperados del Banco Mundial y el RCYT muestran que el modelo captura la tendencia en los países analizados. En particular, los valores de Argentina, Colombia, Cuba, Portugal y Uruguay muestran un alto ajuste entre los valores observados y los datos del modelo (Figura 4-14).



**Figura 4-14. Comparación de medias entre los valores observados y los estimados para 13 países.**

Fuente: elaboración propia.

El panel de datos analizado considera información principalmente de países latinoamericanos en vías de desarrollo. Para este grupo de países se ha encontrado que los esfuerzos en I+D de alta tecnología tienen un impacto positivo, pero estadísticamente no significativo (Wang et al., 2013). En este estudio se encontró que no todos los indicadores de ciencia y tecnología son aptos para explicar el crecimiento económico, dado que hay evidencias de una autocorrelación fuerte entre ellos. Es por esto que propuestas como las presentadas por Castelblanco Gómez and Robledo Velásquez, (2016), que proponen como variables independientes número de investigadores en el área de ID (por millón de personas), inversión en ID (como porcentaje del PIB), número de patentes concedidas a residentes y población total, presenta un ajuste superior al 97 % en el coeficiente de correlación, el cual es producto de colinealidad más que de robustez del modelo. Por otro lado, autores como Wang *et al.* (2013) señalan que la

inversión en I+D en sectores de alta tecnología tiene efecto significativo y positivo en países de ingresos altos, mientras que para países de ingresos medios, el efecto es significativo pero negativo.

Para nuestro caso, el modelo tiene un ajuste del 64,04 %; sin embargo, los procesos estadísticos y la depuración del panel eliminan los efectos de colinealidad y autocorrelación, y presentan un modelo con efectos fijos para cada país; con esto aparece un reconocimiento de las particularidades del impacto de la inversión en CTi. De igual manera, para ejercicios iniciales de entendimiento de la competitividad como producto de la CTi, se identifican variables que pueden servir de base para la definición de lineamientos y políticas.

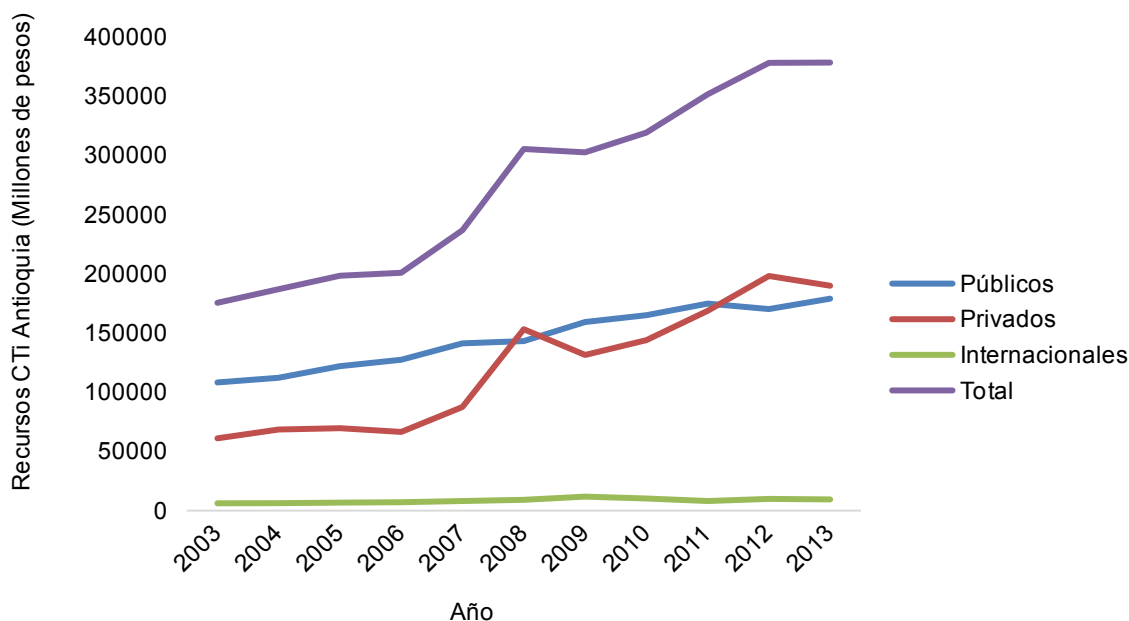
En cuanto a la hipótesis (H1): La inversión en CTi por parte de los países y la región afecta positivamente la competitividad y con ello un incremento del PIB per cápita de los habitantes, se puede concluir que no es absoluta y está condicionada por el tipo país. Frente a las regiones pasa algo similar, para el AMVA que es la segunda región en competitividad del país, tiene un comportamiento positivo.

#### **4.2 SISTEMA REGIONAL DE INNOVACIÓN (SRI) DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (AMVA)**

La evolución del SRI del AMVA es paralela a la evolución del SNI colombiano, ya que desde la década de los 90 el país ha venido creando estrategias para dar apoyo al diseño de políticas nacionales en materia de ciencia y tecnología. Colciencias, como principal agente regulador del sistema, ha sufrido cambios que han traído consigo variaciones en sus funciones: fue concebida en sus inicios como un mecanismo de financiación de proyectos de investigación. Hacia el año 1994 fue creada la Subdirección de Innovación y Desarrollo Tecnológico, orientada a consolidar la política nacional de innovación tecnológica. (Salazar & Et al, 2013)

Actualmente, Colciencias es un departamento técnico nacional con estatus de ministerio (Congreso de Colombia, 2009). Cuenta con un sistema de financiación de proyectos de CTi en el marco del Sistema General de Regalías (SGR) (Congreso de Colombia, 2011) a través del denominado Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Desde el año 2012 este fondo recibe el 10 % de los recursos provenientes de las regalías nacionales sobre la extracción de recursos naturales no renovables (Bonet and Urrego, 2014). Cabe destacar que en este modelo de financiación se contempla una nueva mirada de región con afinidad productiva, en vez de región por afinidad geográfica (MEN and Penagos Acosta, 2012).

En Antioquia se han logrado avances significativos en materia de CTi. Se destaca la creación de algunos agentes como el Comité Universidad Empresa Estado (CUEE), Ruta N y la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Gobernación. También se han construido políticas que han dinamizado el Sistema Regional de Innovación y, con ello, la financiación de las actividades asociadas a CTi (Figura 4-15).



**Figura 4-15. Comportamiento, por tipo de fuente, del gasto en CTi e I+D en Antioquia (2003-2013).**

Fuente: elaboración propia con base en Gobernación de Antioquia (2013) y datos del SNI (2013).

En la actualidad, Medellín, eje del AMVA, cuenta con un sistema de innovación eficiente y dinámico, en el que se destaca el liderazgo de Ruta N, corporación creada en 2009 y reconocida como la agencia local de innovación, que cumple con la función principal de ejecutar el Plan Estratégico de CTi 2011-2021, para transformar la ciudad en “la capital latinoamericana de la innovación”. Dicho plan ha alcanzado importantes reconocimientos y logros, como el obtenido en el año 2013, cuando se calificó a Medellín como la más innovadora del mundo, reconocimiento otorgado por Wall Street Journal, Urban Land Institute y Citigroup (OECD and LEED, 2015), y la celebración del VII Foro Urbano Mundial de ONU-Hábitat en 2014.

Como se observa en la Figura 4-15, el 81 % de las IES se encuentra en Medellín, así como el 100 % de las que cumplen con un nivel consolidado en generación de conocimiento; ello implica que como SRI existe una fuerte concentración geográfica que, para Ferreira *et al.* (2015), es una condición normal en la consolidación de sistemas de

innovación. Sin embargo, desde la política pública, dicha concentración debe corregirse mediante mecanismos de transferencia e irrigación de externalidades positivas a toda la región.

#### **4.2.1.1 Agentes generadores**

Dentro de este capítulo se hace un acercamiento inicial a los agentes generadores, que se detalla en el capítulo 5. Para el año 2016 en el AMVA había registros de 47 instituciones de educación superior (IES), de las cuales 11 corresponden a universidades, 25 a instituciones universitarias o escuelas tecnológicas y 11 a instituciones tecnológicas o de técnica (MEN, 2016a). Para el año 2015 se reportaron 690 grupos de investigación; el 94 % de estos estaba en Medellín y el resto estaba distribuido marginalmente en seis de los nueve municipios del AMVA (Colciencias, 2015c).

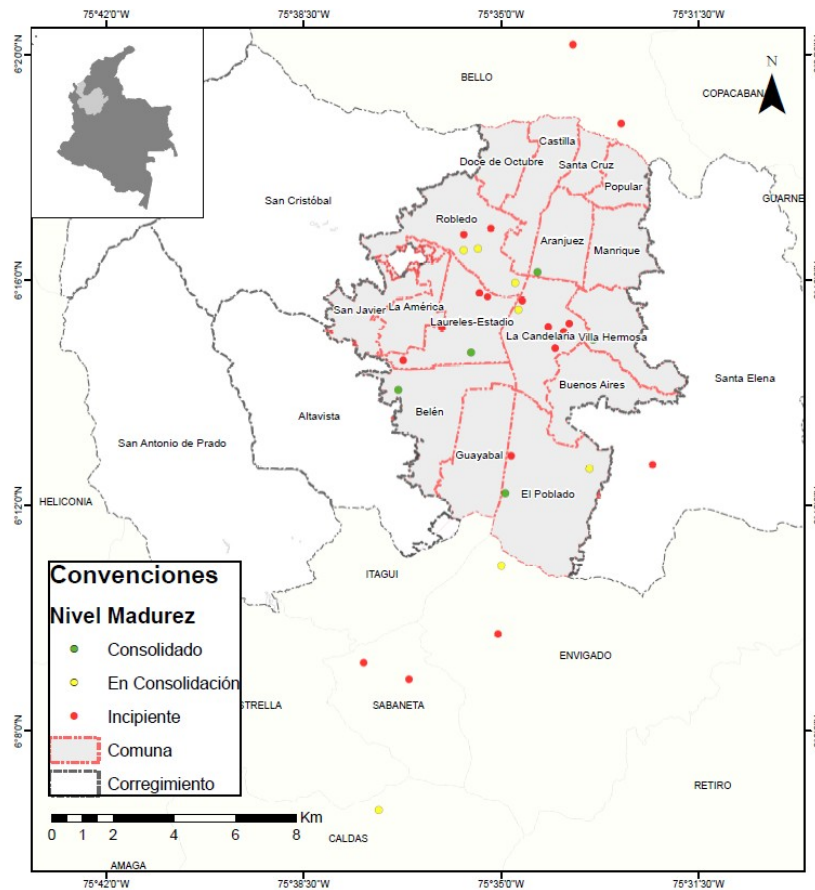
No todas las IES son generadoras de conocimiento: de las 47 instituciones, se identificaron 32 que cuentan con grupos de investigación categorizados por Colciencias, o sea que cumplen con la función de investigación. De ellas, solo la Universidad EAFIT (EAFIT), la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), la Universidad de Antioquia (UdeA), el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), la Universidad de Medellín (UdeM), y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) presentan avances en actividades de gestión de propiedad intelectual, transferencia de tecnología, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, e innovación en educación, condiciones necesarias para que el conocimiento sea generado y posteriormente trasferido al SRI (Nuchera, 2008b). El grado de madurez se calificó, como aparece en la metodología, por medio de encuestas realizadas a voceros de estas instituciones (se presenta en la Figura 4-16). Es de resaltar que el papel de un agente generador dentro de un SRI depende de la capacidad de generar conocimiento, y dicho conocimiento debe ser útil al sistema.

#### **4.2.1.2 Agentes transformadores**

Para el caso del AMVA, los agentes transformadores han alcanzado un alto grado de especialización en sectores como el energético, el farmacéutico, de gestión ambiental, entre otros, convirtiéndose algunos en referencia nacional e internacional. Colciencias, en el marco de un proceso de reconocimiento de dichos centros, desarrolló una convocatoria en 2016, en la cual se evalúan tres pilares: planeación, capacidad y producción de actividades y productos de CTi (Colciencias, 2013). Los CDT reconocidos para el AMVA fueron (Colciencias, 2016c):

- Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia.

- Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico (Cidet).
- Fundación Intal. Instituto de Ciencia y Tecnología Alimentaria.



**Figura 4-16. Mapa de la distribución de los agentes generadores y su nivel de madurez frente a la función de generación de conocimiento.**

Fuente: elaboración propia.

Esto no excluye a las otras entidades que buscan el desarrollo tecnológico en el AMVA y presentan avances significativos, según lo reportado en el Mapa de la Innovación (CTA, 2010):

- Alianza Regional en Tecnologías de la Información.
- Centro de Investigación e Innovación en Energía (CIEN).
- Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe.
- Corporación Intersoftware.
- Corporación Eco Eficiente (ECO).
- Corporación Calidad.

- Corporación Centro de la Ciencia y la Investigación Farmacéutica.
- Corporación Centro de la Investigación y Desarrollo de la Industria.
- TecnoParque SENA Medellín.
- Promotora de proyectos Biomédicos (Vitalmed).
- Fundación Parque Tecnológico del Software de Antioquia.
- Instituto para la Exportación y la Moda (Inexmoda).
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

#### 4.2.1.3 Agentes explotadores

El papel de las empresas como agentes explotadores en el marco de un SRI es fundamental; sin embargo, no todas lo cumplen, pues deben integrar los procesos de CTi como elemento medular para su competitividad. Según la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia CCMA (2015), el AMVA tiene asentadas en su territorio 101.396 empresas, de las cuales solo 1700 han declarado la innovación como un instrumento de competitividad por medio del PI; de estas, 208 han realizado acciones orientadas a la adquisición de capacidades en innovación, como se presenta en la Tabla 4-26. Este balance de empresas con vocación innovadora puede parecer pequeño frente al total; sin embargo, hasta hace 10 años solo algunas de las empresas grandes y muy pocas de las medianas declaraban interés en la innovación como herramienta de agregación de valor (DANE, 2015c).

**Tabla 4-26. Empresas (agentes explotadores) del AMVA y proporción con vocación innovadora**

Estructura empresarial	Total de empresas	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
Estructura empresarial por tamaño	101.800	88 %	9 %	2 %	1 %
Estructura empresarial por tamaño vinculada al PI	208	20 %	34 %	27 %	20 %

Fuente: elaboración propia con base en dato de (CCMA, 2015; Ruta N, 2015).

En la Figura 4-17 se presentan las 208 empresas que participaron del PI y declararon la destinación de un porcentaje de sus ventas a estos procesos. De manera similar a los generadores, la distribución geográfica de los explotadores con perfil innovador tiene una fuerte concentración en Medellín, mientras que los otros nueve municipios cuentan con muy pocas de estas empresas. Dicha distribución obedece a una tendencia de agrupamiento para generar de manera directa o indirecta clúster de empresas innovadoras (Ferreira *et al.*, 2015). Una de las causas es la política particular



de la ciudad enfocada al fortalecimiento de las capacidades de innovación, el perfil de mediana y gran empresa asentada en su territorio, y la tendencia a la concentración de la productividad (Angulo et al., 2013).

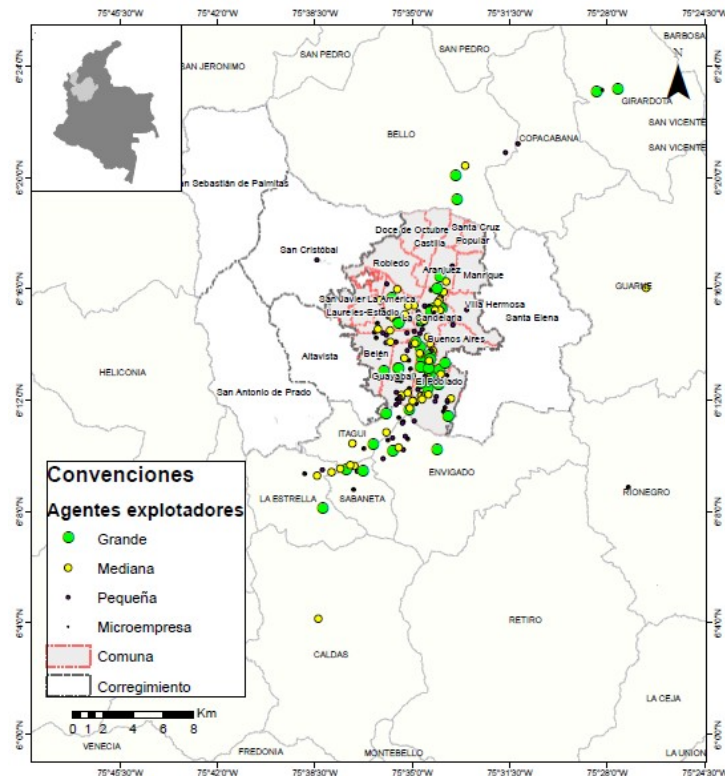


Figura 4-17. Mapa de la distribución de los agentes explotadores con perfil innovador del SRI por tamaño empresarial.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.1.4 Agentes habilitadores

El agente habilitador está representado por entidades de carácter público, en su mayoría. Para el caso del AMVA se identifican nueve agentes habilitadores (Tabla 4-27) que cumplen funciones desde la colocación de recursos hasta brindar acompañamiento y herramientas técnicas para consolidar la innovación empresarial. En el AMVA también hacen presencia las entidades del orden nacional, que en muchos casos delegan en las instituciones locales responsabilidades o recursos para su administración.

Tabla 4-27. Agentes habilitadores con presencia directa en el AMVA

Ruta N, Centro de Innovación y Negocios de Medellín	Es un centro de innovación y negocios del Municipio de Medellín, EPM y UNE, que potencia nuevos negocios basados en el conocimiento, con participación internacional, a través del fomento, el desarrollo y el fortalecimiento del ecosistema de ciencia.
Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Gobernación	Es la Dirección encargada de diseñar, planear y ejecutar políticas, planes, programas y proyectos orientados a fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de las empresas y municipios del departamento de Antioquia, con el fin de lograr un territorio con mayor competitividad y productividad.
Comité Universidad Empresa Estado (CUEE)	Es un espacio que facilita la sinergia de voluntades y conocimientos de empresarios, directivos y delegados de universidades, gremios y gobierno local y regional para la formulación de agendas de trabajo en temas de I+D+i en el departamento de Antioquia, que permitan plantear acciones para mejorar la productividad y la competitividad de los sectores productivos estratégicos.
Programa Medellín Digital	Es un programa liderado por la Alcaldía de Medellín, con el apoyo del Ministerio de las TIC y de UNE, que busca fomentar y facilitar el buen uso de las tecnologías de información y comunicación en las diferentes comunidades
Parque del Emprendimiento, Programa Gestión Tecnológica	Es una iniciativa de la Alcaldía de Medellín y la Universidad de Antioquia creada en 2006; propende hacia el fomento de la cultura emprendedora y el apoyo a la creación de empresas con alto valor agregado a partir de las oportunidades de negocio, los resultados de investigación y la actividad académica.
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)	Sus actividades en cuanto a CTi se enmarcan en el programa SENNOVA y se centran en el apoyo a la creación de empresas, la formación en áreas con ventaja para competir, la entrega de recursos técnicos y económicos a empresas para desarrollar proyectos de base tecnológica.
Caja de Compensación Familiar de Antioquia (Comfama)	Es una empresa social de carácter privado, autónoma, vigilada por el Estado colombiano. Ha liderado procesos como Ciudad E, enfocado al fortalecimiento del emprendimiento en la ciudad de Medellín y acciones de fortalecimiento empresarial.
Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia	Es una organización privada, gremial, con ordenamiento legal, dedicada a la prestación de los servicios que requieren los empresarios. Lidera para Antioquia el programa Pactos por la Innovación.
Caja de Compensación	Es una institución que dedica su quehacer a prestar de forma integral

Familiar Comfenalco	los servicios correspondientes a los regímenes de compensación familiar.
---------------------	--

Fuente: Mapa de la Innovación de Medellín (CTA, 2010).

#### 4.2.1.5 Los brókeres en el AMVA

En la Figura 4-18 se pueden identificar 55 agentes que declaran el desarrollo de alguna de las funciones bróker respecto a las características descritas por Howells (2006) y la percepción de su nivel en cada una de las áreas. Luego del ejercicio con expertos y encuestas telefónicas se identificaron 22 instituciones que desempeñan las funciones bróker en el SRI del AMVA con un nivel de madurez en consolidación o consolidado. Ello puede ser una de las explicaciones de la capacidad que tiene el AMVA como SRI para la gestión y ejecución de recursos en diferentes temáticas relacionadas con CTi.

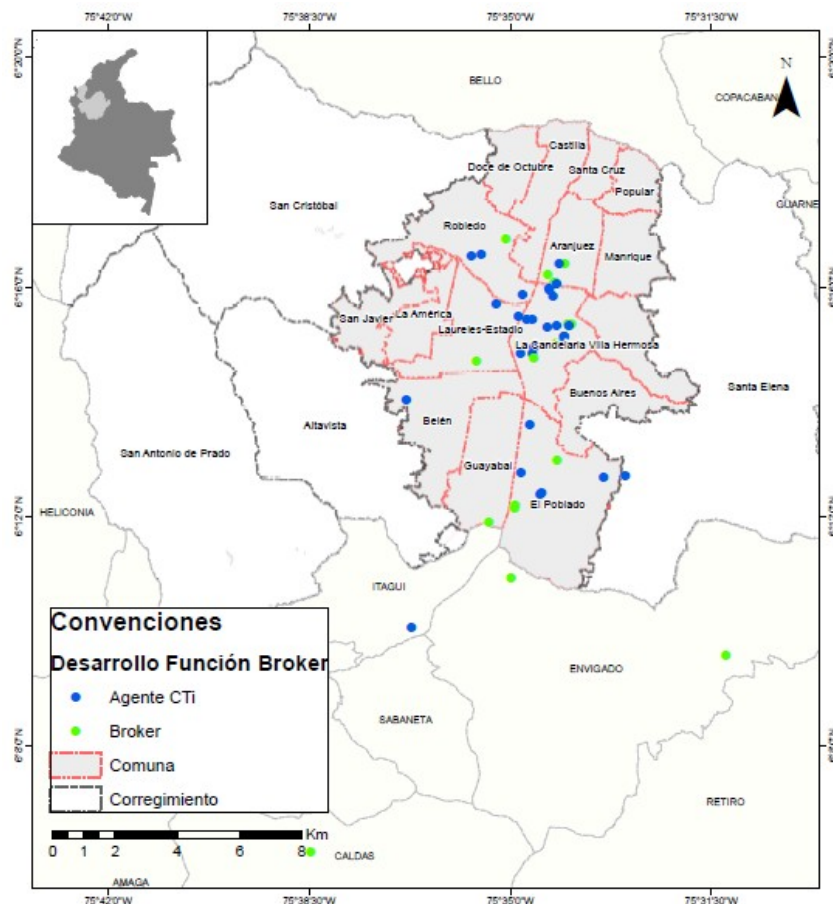


Figura 4-18. Mapa con la distribución de los agentes con funciones de bróker del SRI.

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.1.6 Estructura del SRI en el AMVA**

De la caracterización se puede encontrar que el AMVA cuenta con presencia de todos los agentes característicos de un SRI (Montero and Morris, 1999); el nivel de madurez entre perfiles de los agentes es disímil en cuanto a especialización y madurez; sin embargo, es suficiente y presenta las condiciones para evolucionar y consolidar un territorio basado en conocimiento.

Frente al componente de especialización, se encuentra que el AMVA tiene un territorio de 779,63 K<sup>2</sup> y Medellín, con un área de 380,64 K<sup>2</sup> (49 %), concentra el 100 % de los generadores en un grado de madurez consolidado (Figura 4-17); el 66 % de los agentes transformadores reconocidos por Colciencias (Colciencias, 2016c); el 77 % de los agentes explotadores que forman parte del Pacto por la Innovación (CCMA, 2015; Ruta N, 2015) y el 86 % de los agentes que cumplen con función bróker (Figura 4-18).

Lo anterior demuestra que Medellín por sí sola tiene todas las condiciones de SRI; sin embargo, la responsabilidad como AMVA de irradiar los beneficios y las capacidades al resto de los municipios es un elemento que debe aparecer explícito en la política regional. De igual manera, al contar con un SRI del AMVA, las ventajas competitivas y comparativas se pueden potenciar al apalancar como región los beneficios de procesos organizados de CTi y diluir externalidades negativas.

De igual manera se encuentra que la hipótesis (H2): Es posible caracterizar y alinear a los diferentes roles de un SRI los agentes presentes en el AMVA, queda validada para el caso estudiado, sin embargo, por trabajos en otras regiones se encuentra que dicho proceso no es posible, al no existir roles claros de la institucionalidad que comprende el SRI de esa región.

### **4.3 LOS GENERADORES DE CONOCIMIENTO DENTRO DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN**

#### **4.3.1.1 Identificación y selección de las universidades**

Para el año 2016 en el AMVA había registros de 47 instituciones de educación superior (IES), de las cuales, 11 corresponden a universidades, 25 a instituciones universitarias/escuelas tecnológicas y 11 a instituciones tecnológicas o de técnica profesional (MEN, 2016a). Paralelamente, en 2015 se reportaron 690 grupos de investigación, de los cuales el 94% está en Medellín y el resto distribuidos en 6 de los 9 municipios del AMVA (Colciencias, 2015c). No todas las IES son generadoras de conocimiento, de las 47 instituciones se identificaron 28 con doctores vinculados a su planta de personal (MEN, 2016a).

De las 28 IES seleccionadas, seis aparecen el Shanghai academic ranking of world y el Shanghai ranking expanded universidades. En el SCImago-Institutions Rankings son reportadas cuatro. En el Rankin Mundial Web aparecen las 28, en posiciones que van desde la 598, para la Universidad Nacional de Colombia, hasta la posición 24.420 para la Corporación Universitaria de Ciencia y Tecnología de Colombia (Tabla 4-28).

En la Tabla 4-28 se muestra la posición mundial de las IES del AMVA. Esto no implica que ser incluido en el Ranking Mundial Web sea un criterio de calidad. Las universidades colombianas de mejor calidad no aparecen en las primeras 500 posiciones. Lo más importante de este *ranking* es la presentación de resultados por país y región, que lo convierte en una herramienta poderosa a la hora de definir políticas locales.

**Tabla 4-28. Posición de las IES del AMVA en cuatro rankings mundiales, 2016**

<b>IES</b>	<b>Nombre de la institución de educación superior</b>	<b>Ranking Mundial Web</b>	<b>SCImago-Institutions Rankings</b>	<b>Shanghai Academic Ranking of World</b>	<b>Shanghai Ranking Expanded universidades</b>
UNAL	Universidad Nacional de Colombia	598	570	848	62
UdeA	Universidad de Antioquia	895	598	1001-1250	88
UPB	Universidad Pontificia Bolivariana	1532	677	>3000	255-313
EAFIT	Universidad EAFIT	2045	676	>3000	314-363
UdeM	Universidad de Medellín	2990	NR	>3000	364-407
CES	Universidad CES	3642	NR	>3000	364-407
ITM	Instituto Tecnológico Metropolitano	3967	NR	NR	NR
Uniminuto	Corporación Universitaria Minuto de Dios	4287	NR	NR	NR
EIA	Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia	4831	NR	NR	NR
UCC	Universidad Cooperativa de Colombia	5612	NR	NR	NR
CUL	Corporación Universitaria Lasallista	5763	NR	NR	NR
UNAC	Corporación Universitaria Adventista	6591	NR	NR	NR
FUNLAM	Fundación Universitaria	9337	NR	NR	NR

<b>IES</b>	<b>Nombre de la institución de educación superior</b>	<b>Ranking Mundial Web</b>	<b>SCImago-Institution s Rankings</b>	<b>Shanghai Academic Ranking of World</b>	<b>Shanghai Ranking Expanded universidades</b>
	Luis Amigó				
UCN	Fundación Universitaria Católica del Norte	9466	NR	NR	NR
PJIC	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	9631	NR	NR	NR
IUE	Institución Universitaria de Envigado	10092	NR	NR	NR
USB	Universidad de San Buenaventura	10610	NR	NR	NR
UCO	Universidad Católica de Oriente	11020	NR	NR	NR
CUR	Corporación Universitaria Remington	11205	NR	NR	NR
LUCMA	Colegio Mayor de Antioquia	11711	NR	NR	NR
Unaula	Universidad Autónoma LatinoamericanaUnaula-	12334	NR	NR	NR
Ceipa	Fundación Universitaria Ceipa	13827	NR	NR	NR
TA	Tecnológico de Antioquia	14921	NR	NR	NR
Esumer	Fundación Universitaria Esumer	15501	NR	NR	NR
FUAA	Fundación Universitaria Autónoma de las Américas	15800	NR	NR	NR
Escolme	Fundación Escuela Colombiana de Mercadotecnia	16535	NR	NR	NR
IUSH	Institución Universitaria Salazar y Herrera	17051	NR	NR	NR
CUCTC	Corporación Universitaria de Ciencia y Tecnología de Colombia	24420	NR	NR	NR

Fuente: elaborado con base en datos de (Cybermetric, 2016; Docampo, 2015; Scimago Lab, 2016; ShanghaiRanking Consultancy, 2016).

#### 4.3.1.2 Identificación y selección de variables

Partiendo de los indicadores definidos por los *rankings* analizados y de las bases de datos encontradas se seleccionaron 30 variables (Tabla 4-29), que se organizaron en tres grupos:

**Procesos de docencia:** se identificaron variables de perfil docente y matrículas por los diferentes grados académicos (MEN, 2016a).

**Investigación y producción científica:** en dicho grupo se identificaron variables asociadas al perfil de los grupos de investigación, las publicaciones científicas, las revistas que posee la institución y el impacto de estas. Publicaciones por medio de las citas y del índice H de los investigadores de la institución (Colciencias, 2016d, 2015d; Elsevier B.V., 2016; Google, 2016; SciELO, 2016).

**Transferencia de conocimiento al medio:** identificando los productos de propiedad y protección del conocimiento (SIC, 2016).

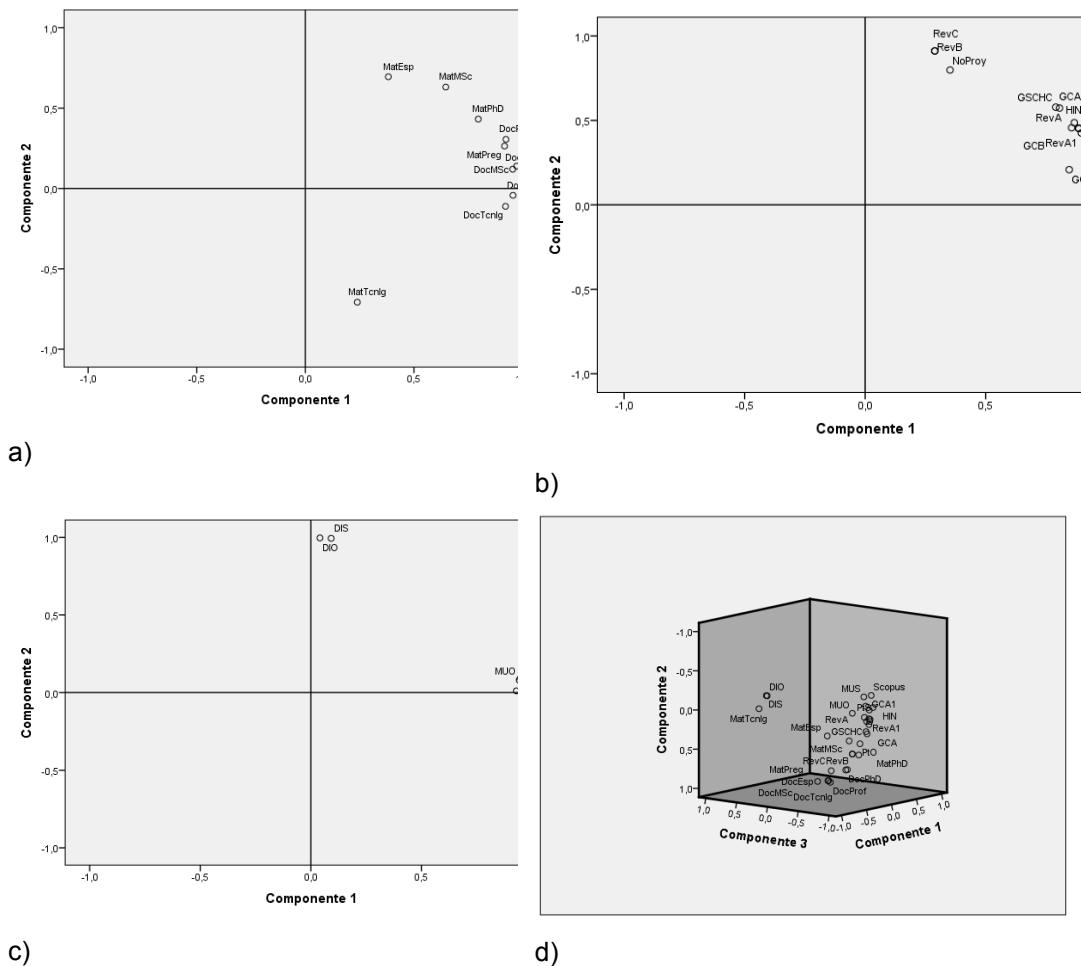
**Tabla 4-29. Variables identificadas y analizadas**

Variable	Nombre	Variabl e	Nombre
DocPhD	Docentes con doctorado	DIO	Diseño industrial otorgado
DocEsp	Docentes con especialización	RevA1	Revistas tipo A1
DocMSc	Docentes con maestría	RevA	Revistas tipo A
DocProf	Docentes con profesionalización	RevB	Revistas tipo B
DocTcnlg	Docentes con tecnología	RevC	Revistas tipo C
MatPreg	Matriculados pregrado	Scopus	Artículos en Scopus
MatTcnlg	Matriculados tecnologías	NoProy	Número de proyectos de investigación, con un promedio de 33.000 US pos año.
MatMSc	Matriculados maestría	GCA1	Grupos de investigación categoría A1
MatEsp	Matriculados especialización	GCA	Grupos de investigación categoría A
MatPhD	Matriculados en doctorado	GCB	Grupos de investigación categoría B
PtS	Patentes solicitadas	GCC	Grupos de investigación categoría C
PtO	Patentes otorgadas	GCD	Grupos de investigación categoría D
MUS	Modelos de utilidad solicitado	GSCHC	Google Scholar Citation
MUO	Modelos de utilidad otorgado	HIN	Índice H
DIS	Diseño industrial solicitado	CIT	Citas SciELO

Fuente: DocPhD, DocEsp, DocMSc, DocProf, DocTcnlg, MatPreg, MatTcnlg, MatMSc, MatEsp, MatPhD con base en (MEN, 2016a). PtS, PtO, MUS, MUO, DIS, DIO con base en (SIC, 2016). RevA1, RevA, RevB, RevC con base en (Colciencias, 2015d). Scopus basada en (Elsevier B.V., 2016). NoProy; GCA1; GCA; GCB; GCC; GCD basado en (Colciencias, 2016d). GSCHC; HIN basado en (Google, 2016) y CIT basado en (SciELO, 2016).

### 4.3.1.3 Procesamiento estadístico

Buscando identificar componentes que expliquen la configuración de las correlaciones de un grupo amplio de variables, se realizó el análisis factorial (Cuadras, 2007) para los grupos definidos (asociados a los procesos de docencia, investigación y producción científica y transferencia de conocimiento al medio); y posteriormente se realizó para todas las variables (Figura 4-19).



**Figura 4-19. Agrupación por componentes principales para los grupos de variables analizadas. a) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a docencia. b) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a investigación y producción científica. c) Componentes en espacio rotado para variables asociadas a transferencia de conocimiento al medio. d) Componentes en espacio rotado para todas las variables.**



Fuente: elaboración con base en datos de (Colciencias, 2016d, 2015d; Elsevier B.V., 2016; Google, 2016; MEN, 2016a; SciELO, 2016; SIC, 2016).

En la Figura 4-19a se pueden observar dos componentes de las variables asociadas a los procesos de docencia: el primero que integra las variables DocPhD, DocMSc, DocProf, DocEsp, DocTcnlg, MatPreg, MatTcnlg, MatMSc, MatEsp, MatPhD y el segundo que integra las variables MatTcnlg, MatEsp.

En la Figura 4-19b se pueden percibir gráficamente dos componentes, asociados a las variables de procesos de investigación y producción científica. El primer componente integra las variables RevA1, RevA, RevB, RevC, Scopus, NoProy, GCA1, GCA, GCB, GCC, GCD, GSCHR, GSCHC, HIN, CIT, las cuales hacen referencia a la producción científica y de calidad, al igual que a la estructura soporte para dicha producción, expresada en los grupos de investigación de las diferentes categorías. El segundo componente agrupa las variables RevB, RevC, NoProy, en las cuales se evidencia la divulgación de conocimiento de menos impacto científico. Este grupo es muy importante porque muestra las IES en proceso de maduración.

En la Figura 4-19c se pueden percibir gráficamente dos componentes, asociados a las variables de procesos de transferencia de conocimiento al medio. El primer componente agrupa las variables PtS, PtO, MUS, MUO, asociadas a patentes y modelos de utilidad que son explícitamente integrados en los sistemas de medición de calidad de los *rankings* mundiales. El segundo componente lo integran las variables DIS y DIO que, si bien son producto del conocimiento, tienen un carácter más artístico.

Finalmente se realizó un análisis de componentes principales para todas las variables y en la Figura 4-19d se presenta la agrupación estadística. El proceso permitió identificar cuatro componentes (Tabla 4-30). El componente 1 está asociado a procesos de investigación y divulgación de conocimiento; el componente 2 a procesos de formación de profesional y de posgrados; el componente 3 hace énfasis en formación tecnológica y procesos de diseño industrial, asociada a la vida laboral; y el componente 4 aporta a la explicación de la agrupación de matriculados en maestría y especialización.

**Tabla 4-30. Centros de los conglomerados finales**

<b>Componente</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Variables que lo integran</b>
Investigación y divulgación de conocimiento	PtS, PtO, MUS, MUO, RevA1, RevA, RevB, RevC, Scopus, GCA1, GCA, GCB, GCC, GCD, GSCHC, HIN, CIT

Formación de profesional y de posgrados	DocPhD, DocMSc, DocProf, DocEsp, DocTcnlg, MatPreg, MatPhD, NoProy
Formación tecnológica y procesos de diseño industrial	MatTcnlg, DIS, DIO
Matriculados en maestría y especialización	MatMSc, MatEsp

Fuente: elaboración propia.

Luego de identificar los componentes se realizó una agrupación por conglomerados, que consiste en la asociación de las IES en K grupos, donde cada observación pertenece al grupo cuyo valor medio es más cercano (Jardon et al., 2008); el resultado son seis conglomerados que se presentan en la Tabla 4-31. Dado que el método parte de un valor de cero como centro, los valores positivos indican los conglomerados especializados en cada tema, mientras los valores negativos indican los conglomerados más alejados de la media en dichos temas. Para el caso de la investigación realizada, un valor muy positivo indica una fuerte tendencia de esta IES a expresar propiedades del componente analizado; los valores negativos indican una lejanía frente a la media de dicho componente.

Por una mejor organización de la información y dado que en los conglomerados dos, cuatro, cinco y seis solo quedaba una IES, se procedió a clusterizar (Tabla 4-31), lo que permitió configurar tres clústeres, como se muestra en la Figura 4-20.

**Tabla 4-31. Distribución de las IES según clúster de pertenencia**

Componente	Conglomerado					
	1	2	3	4	5	6
	UdeM, Unaula, UPB.	ITM	Ceipa, CES, CUCTC, CUL, CUR, EIA, Escolme, Esumer, FUA, FUNLAM, IUE, IUSH, LUCMA, PJIC, TA, UCC, UCN, UCO, UNAC, Uniminuto, USB.	UNAL	EAFIT	UDEA
Investigación y divulgación de conocimiento	-0,30944	-0,35128	-0,07247	4,96332	-0,0244	0,77076
Formación profesional y de posgrados	0,87784	0,05752	-0,35664	0,81432	0,54937	4,80375

Formación tecnológica y procesos de diseño industrial	-0,24326	5,00456	-0,28809	0,16679	0,41161	- 0,25644
Matriculados en maestría y especialización	2,0553	-0,33289	-0,63425	0,02982	3,81928	-0,0696

Fuente: elaboración propia.

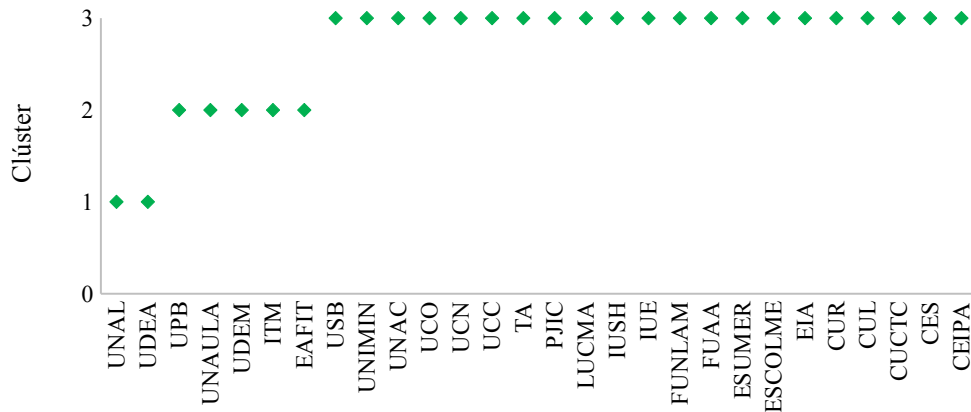
**Clúster uno:** compuesto por los conglomerados cuatro y seis. Dicho conglomerado tiene una fuerte relevancia de los componentes investigación y divulgación de conocimiento, y formación profesional y de posgrados. Se compone de las siguientes IES: UNAL y UdeA.

**Clúster dos:** compuesto por los conglomerados uno, dos y cinco. Dicho conglomerado tiene una fuerte relevancia de los componentes formación tecnológica y procesos de diseño industrial, y matriculados en maestría y especialización. Se compone de las siguientes IES: UdeM, Unaula, UPB y EAFIT.

Es interesante evidenciar que al clúster uno y dos corresponden las IES que en los diferentes *rankings* de calidad universitaria aparecen como líderes en el ámbito nacional y departamental, a acepción de Unaula (Tabla 4-31). Esto muestra que los indicadores de calidad universitaria y la agrupación por clúster permiten diferenciar claramente las IES con perfil de generadoras de conocimiento.

**Clúster tres:** compuesto por el conglomerado tres, presenta un alejamiento de la media de todos los componentes, y por esto se visualiza como el clúster con menor impacto en cualquiera de los cuatro componentes. Está conformado por las siguientes IES: AMVA, Ceipa, CES, CUCTC, CUL, CUR, EIA, Escolme, Esumer, FUAA, FUNLAM, IUE, IUSH, LUCMA, PJIC, TA, UCC, UCN, UCO, UNAC, Uniminuto y USB.

Sobresale que en el tercer clúster solo se encuentran instituciones técnicas profesionales, instituciones universitarias o escuelas tecnológicas, lo que indica que el perfil de dichas IES no necesariamente responde a procesos de generación de conocimiento y que se han especializado en procesos complementarios o están en maduración como universidades, tal como lo estipula la ley en Colombia (Congreso de Colombia, 1992).



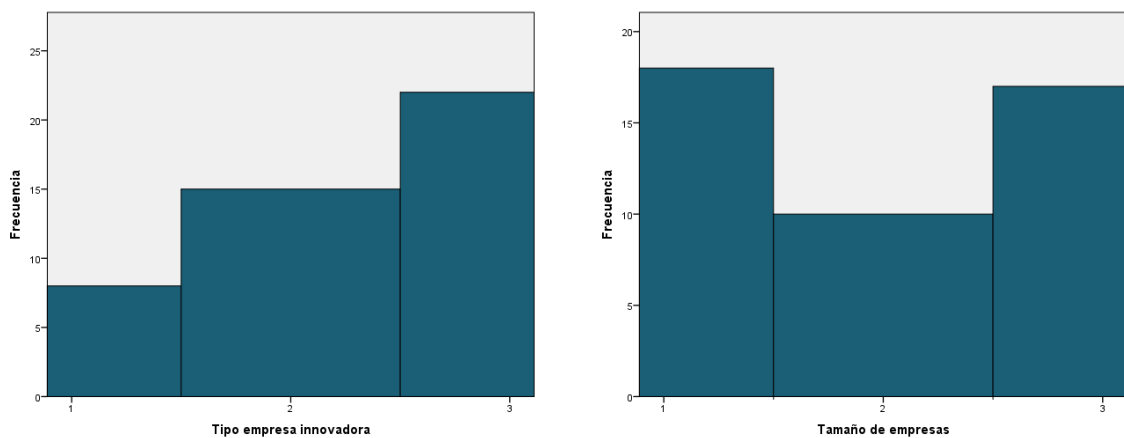
**Figura 4-20. Agrupación de las IES por clúster.**

Fuente: elaboración propia.

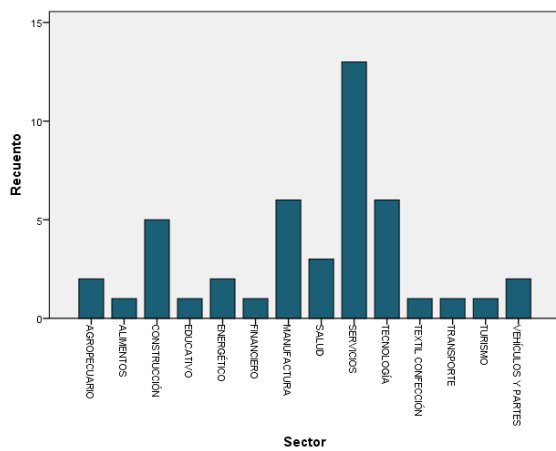
La Figura 4-20 demuestra la hipótesis (H3): No todas las instituciones de educación superior cumplen con un papel de generación de conocimiento en el marco de un SRI. Al identificar clúster especializados y diferenciados en dicho proceso.

#### 4.4 AGENTES EXPLOTADORES

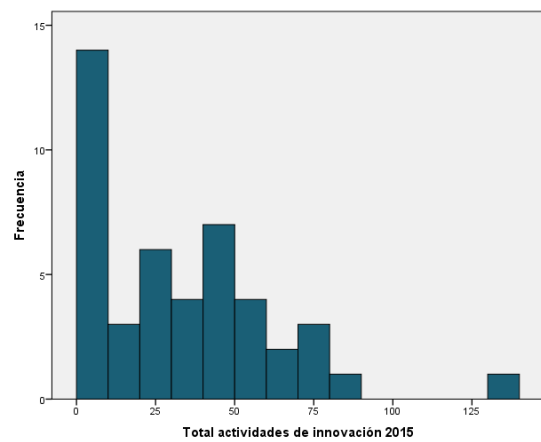
Las 45 empresas analizadas tienen como característica que son todas innovadoras (categorías de las empresas innovadoras DNP, (2015): 1: Potencialmente innovadora; 2: Ampliamente innovadora; 3: Estrictamente innovadora. ) y éstas se encuentran agrupadas en tres tamaños y 14 sectores. Todas tienen ventas producto de procesos de innovación y realizan inversiones destinadas al área (Figura 4-21). Esta es una condición atípica frente al sistema empresarial colombiano el cual tiene pocos resultados y ventas producto de innovación (DANE, 2015a).



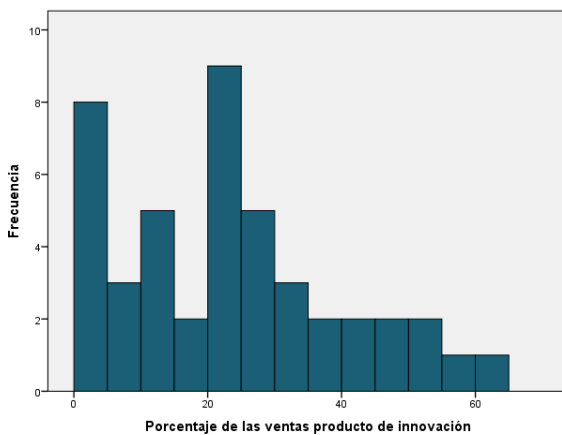
a) Los valores corresponden a: 1: Potencialmente innovadora; 2: Ampliamente innovadora; 3: Estrictamente innovadora.



b) Los valores corresponden a: 1: Micro y pequeña; 2: Mediana; 3: Grande

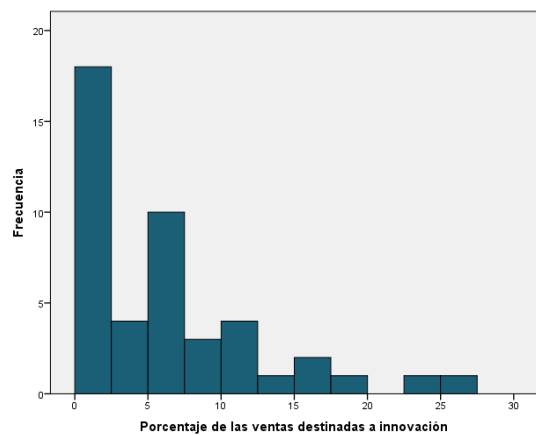


c)



e)

d)



f)

**Figura 4-21. Se presentan descriptivos de las empresas estudiadas. a) Frecuencia de tipología de empresas innovadoras. b) Frecuencia de los tamaños de las empresas. c) Recuento de las empresas evaluadas agrupadas en 14 sectores. d) Frecuencia del número de actividades de innovación durante el 2015. e) Frecuencia del porcentaje de las ventas producto de innovación. f) Frecuencia de los porcentajes destinados por las empresas a actividades asociadas con innovación.**

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.1.1 Construcción de variables para definir las capacidades

**Capacidad de I+D:** En la Tabla 4-32 se muestra la agrupación por componentes producto de la reducción de dimensiones y rotación para las variables asociadas, todas cuantitativas continuas, a la capacidad de I+D. En ella se puede identificar tres grupos de empresas, las que privilegian el proceso de investigación (I), las que tienen mayor énfasis

en procesos de desarrollo tecnológico (D) y las que tienen un componente denominado de soporte (S).

**Tabla 4-32. Matriz de componentes rotados para la Capacidad de I+D**

Variables	Componente		
	Proceso de Investigación (I)	De soporte (S)	Desarrollo Tecnológico (D)
Porcentaje de doctorados en actividades de I+D	-,058	-,024	,795
Porcentaje de magister en actividades de I+D	,814	-,214	,004
Porcentaje de especialistas en actividades de I+D	,880	,051	-,053
Porcentaje de pregrado en actividades de I+D	,623	,559	-,076
Porcentaje de tecnicos en actividades de I+D	,125	,905	-,035
Porcentaje de bachilleres en actividades de I+D	-,101	,765	-,057
Porcentaje empleados en innovación	,833	,531	-,067
Patentes	-,106	-,072	,785
Porcentaje de las ventas destinadas a innovación	,647	,040	-,352

Fuente: elaboración propia.

Dichos componentes fueron clusterizados en dos grupos (Tabla 4-33), los asociados a procesos de I y los asociados a los procesos de D, quedando la capacidad de I+D reclasificada como un valor de 2 y los asociados a procesos de soporte S, reclasificada como un valor de 1. Con ello obtenemos una variable ordinal de la capacidad de I+D con dos valores posibles.

**Tabla 4-33. Clúster la Capacidad de I+D**

Componentes asociados	Clúster	
	I+D = 2	S = 1
Proceso de Investigación	,46484	-,23242
De soporte a la innovación	-,23286	,11643

Desarrollo Tecnológico	,99186	-,49593
------------------------	--------	---------

Fuente: elaboración propia.

**Capacidad de aprendizaje organizacional:** La encuesta indaga sobre el presupuesto destinado a capacitaciones y de ello la destinación a innovación, de igual manera preguntó sobre el número capacitaciones y de ellas cuales fueron sobre temas de innovación. Con esos resultados se reclasificaron las variables de la capacidad, buscando variables ordinales, que pueda ser asociadas con el desempeño, que de igual manera es ordinal (Tabla 4-34).

**Tabla 4-34. Reclasificación de variables de la Capacidad de aprendizaje organizacional**

Variables	Escala	Escala reclasificada
Capacitaciones 2015	Cuantitativa Continua	
Capacitaciones en innovación	Cuantitativa Continua	
Presupuesto de capacitación % en innovación	Cuantitativa Continua	Ordinal: 2 = Mayor al 0.5%; 1 = Menor o igual al 0.5%
Porcentaje (%) de capacitaciones en innovación 2015	Cuantitativa Continua	Ordinal: 2 = Mayor al 20%; 1 = Menor o igual al 20%

Fuente: elaboración propia.

Con las variables reclasificadas se clusterizó, como aparece en la Tabla 4-35. En ella se puede encontrar dos grados de intensidad frente al proceso de aprendizaje, uno denominado: enfocado a innovación, que presenta las empresas que tienen mayor inversión en procesos de capacitación asociados a temas de innovación al igual que mayor intensidad en el número de capacitaciones en la temática y la otra: transversales, que representa a empresas que tienen un grado de destinación de recursos y acciones de capacitación por debajo de la media al tema de innovación. Como resultado se tiene una variable ordinal la capacidad de aprendizaje organizacional con dos valores posibles.

**Tabla 4-35. Clúster la Capacidad de aprendizaje organizacional**

Variables	Clúster	
	Enfoque a innovación = 2	Transversal = 1
Porcentaje (%) de capacitaciones en innovación 2015	2	1
Capacitaciones reclasificadas	2	1

Fuente: elaboración propia.

**Capacidad de planeación estratégica:** La encuesta indaga sobre cinco variables que expresan la capacidad de planeación en cuanto a la alineación de la organización y la planeación de los procesos de innovación Tabla 4-36. Se construye una nueva variable que representa la capacidad de planeación estratégica, con dos niveles una enfocada a estrategia de innovación = 2 y enfocada a estrategia empresarial= 1.

**Tabla 4-36. Variables asociadas a la capacidad de planeación estratégica**

<b>Variables</b>	<b>Escala</b>
Responsabilidad sobre el proceso de innovación	Cuantitativa Continua
Alineación de la alta dirección a la innovación	Cuantitativa Continua
Esta organización provee fondos de forma permanente para el desarrollo de actividades de innovación	Cuantitativa Continua
Organización de la innovación	Cuantitativa Continua

Fuente: elaboración propia.

Con las variables clusterizadas, como aparece en la Tabla 4-37Error: no se encontró el origen de la referencia. Se construye una nueva variable que representa la capacidad de planeación estratégica, con dos niveles una enfocada a estrategia de innovación = 2 y enfocada a estrategia empresarial= 1.

**Tabla 4-37. Clúster la Capacidad de planeación estratégica**

<b>Variables</b>	<b>Clúster</b>	
	Estrategia de innovación = 2	Estrategia empresarial= 1
Responsabilidad sobre el proceso de innovación	5	4
Alineación de la alta dirección a la innovación	4,9	4,0
Esta organización provee fondos de forma permanente para el desarrollo de actividades de innovación	4	3
Organización de la innovación	5	3
Departamento de Calidad	2	2

Fuente: elaboración propia.



**Capacidad de gestión de recursos:** La capacidad de gestión de recursos, en la encuesta, examinó 10 variables, las cuales develan cómo las empresas se articulan con el sistema de CTi. Y los resultados en cuanto a dicha articulación. Para interpretarlo se realizó un proceso de reducción de dimensiones obteniendo tres componentes, el componente dos: gestión de recursos representa la efectividad entre la solicitud y consecución de recursos del SI, el componente: articulación al sistema y otras entidades de apoyo muestra como las empresas se articulan al sistema, pero algunas son más eficientes gestionando recursos del mismo (Tabla 4-38).

**Tabla 4-38. Variables asociadas a la capacidad de gestión de recursos**

Variables	Componente		
	Articulación con el sistema	Gestión de recursos	Otras entidades de apoyo
Internamente, pero con asesoría de un consultor	,541	,334	,162
Total articulaciones con compañías	,840	,183	-,024
Con entidades de apoyo a la Innovación	,121	-,024	,843
Total articulaciones con instituciones	,891	,001	,137
Total articulaciones con universidades	,952	-,046	,063
Ha solicitado capital de riesgo	-,056	,748	,529
Monto de recursos por capital de riesgo	-,068	,867	-,252
Ha solicitado capital estatal	,064	,685	,506
Monto de recursos aportados por el estado	,275	,826	-,003

Fuente: elaboración propia.

Con la clusterización se estructura una variable ordinal de capacidad de gestión de recursos con dos niveles (Tabla 4-39), 2 asociado al éxito de la gestión de recursos y 1 asociado a la articulación al sistema.

Tabla 4-39. Clúster la Capacidad de gestión de recursos

Clúster	Conglomerado	
	Exitosa gestión de recursos = 2	Articulación al SRI= 1
Articulación con el sistema	-,07475	,07150
Gestión de recursos	,72715	-,69554
Otras entidades de apoyo	,58161	-,55632

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.1.2 Relación entre capacidades y desempeño innovador

En la Figura 4-22 se presentan los resultados de evaluar, para cada sector industrial, el coeficiente gamma de Goodman-Kruskal y su respectiva significancia estadística entre las diferentes CIT y el desempeño innovador del sector (líneas horizontales). Como ya se explicó, el coeficiente gamma de Goodman-Kruskal muestra el grado de asociación de dos variables ordinales.

La **Figura 4-22** y la **Figura 4-23** muestran las gráficas de barras asociadas a las tablas de contingencia que explican las relaciones entre capacidades y desempeño innovador y desempeño económico. Para cada grafica se presentan el coeficiente de gamma de Goodman Kruskal y su significancia estadística.

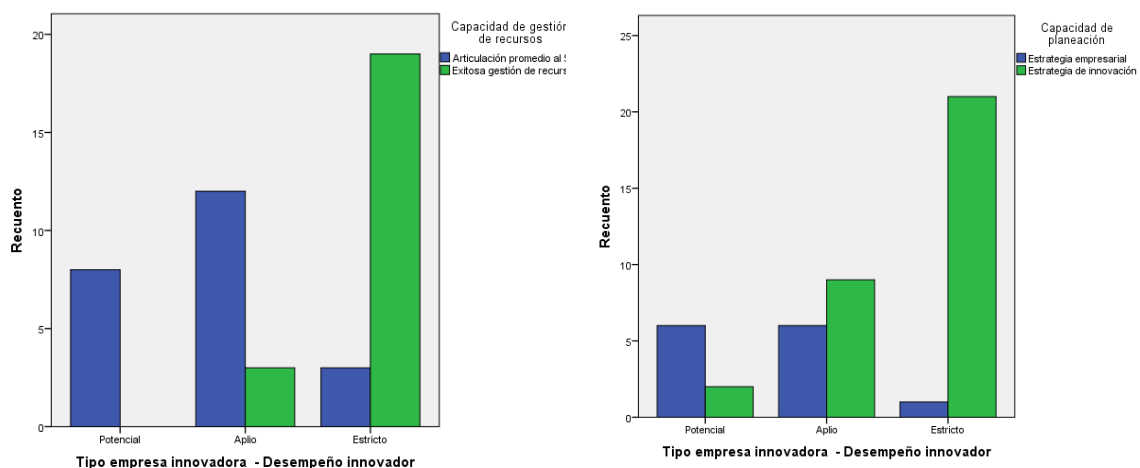
La **Figura 4-22a** muestra como la capacidad de gestión de recursos es mayor en las empresas estrictamente innovadoras mientras que las potencial y ampliamente innovadores tienen mayor articulación al sistema, pero menor éxito en la consecución de recursos; **Figura 4-23a** muestra para las empresas con mejores capacidades en gestión de recursos los mayores crecimientos en las ventas o desempeño innovador. Para los dos casos el Gamma es positivo y tiene una significancia menor a 0.05 que permite aceptar la hipótesis nula de que la fuerza de la asociación no es diferente de la que sería esperada debida al azar de las muestras aleatorias, y depende principalmente del tamaño de la muestra y otros parámetros. (Broemeling, 2009).

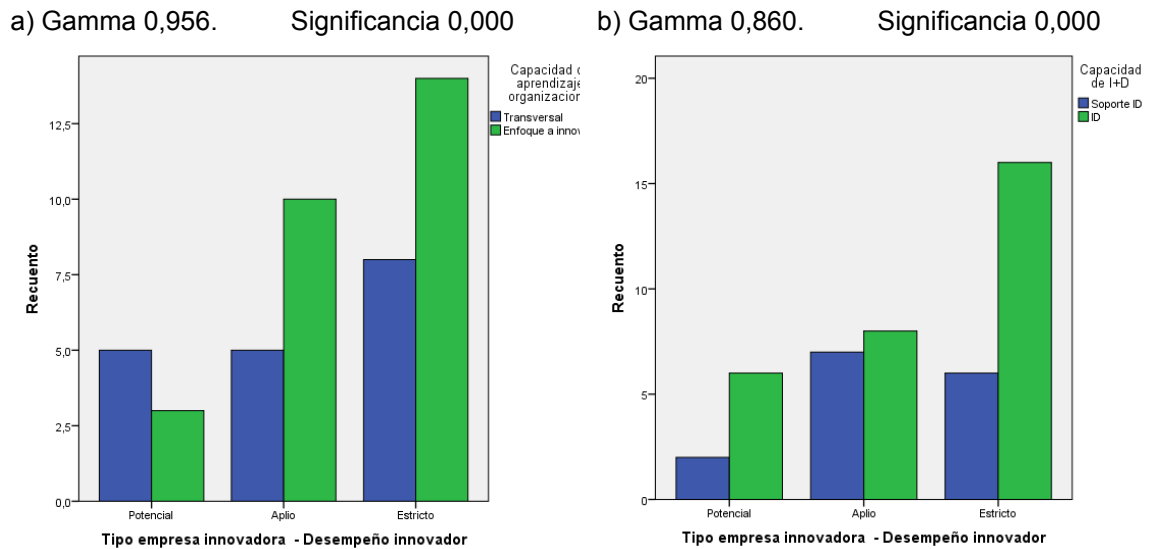
La **Figura 4-22b** muestra que la capacidad de planeación hacia una estrategia de innovación es mucho más fuerte en las empresas estrictamente innovadoras que en las otras dos categorías; la **Figura 4-23b** presenta una relación directa entre la estrategia de innovación y el desempeño económico, donde quienes se enfocaron en una estrategia de innovación lograron crecimiento en las ventas mayores al 5%. Para los dos casos el Gamma es positivo y tiene una significancia menor a 0.05

La **Figura 4-22c** muestra la relación entre la capacidad de aprendizaje y el desempeño innovador, de ellas se puede concluir que las empresas amplio y estrictamente innovadoras desarrollan procesos más enfocados a profundizar su conocimiento en temas asociados a la innovación, mientras que las empresas potencialmente innovadoras realizan la formación y la destinación de recursos de formación más a temas transversales que a procesos especializados en innovación; **Figura 4-23c** presenta como la capacidad de aprendizaje no se traduce directamente en un mejor desempeño económico, sin embargo si es evidencia que las empresas con un enfoque a innovación en esta capacidad obtuvieron el mejor desempeño económico. Para los dos casos el Gamma es positivo y tiene una significancia mayor a 0.05 que permite rechazar la hipótesis nula (Broemeling, 2009).

La **Figura 4-22d** muestra como las empresas con mejor desempeño innovador enfocan la capacidad en ID mientras que las empresas amplia y potencialmente innovadoras distribuyen su capacidad entre procesos de ID y acciones de soporte al ID; **Figura 4-23d** muestra que más de la mitad de las empresas enfocaron su capacidad de I+D en procesos de ID, ello no conlleva a una respuesta directa y proporcional del desempeño económico, lo cual se puede deber a que la ID en etapas iniciales es una inversión con retraso en los impactos. Para los dos casos el Gamma es positivo y tiene una significancia mayor a 0.05.

Las relaciones entre capacidades y desempeños conservan las tendencias entradas en la literatura en cuanto a el signo del coeficiente (Robledo Velásquez et al., 2009), sin embargo, la significancia para las capacidades de aprendizaje e I+D es menor a 0.005. esto posiblemente por el tipo de variables medidas para tratar de interpretar las capacidades, especialmente la de aprendizaje. El impacto de la capacidad de I+D en los desempeños es positivo, pero se observa mucho más contundente en las empresas con alto desempeño innovador y económico.



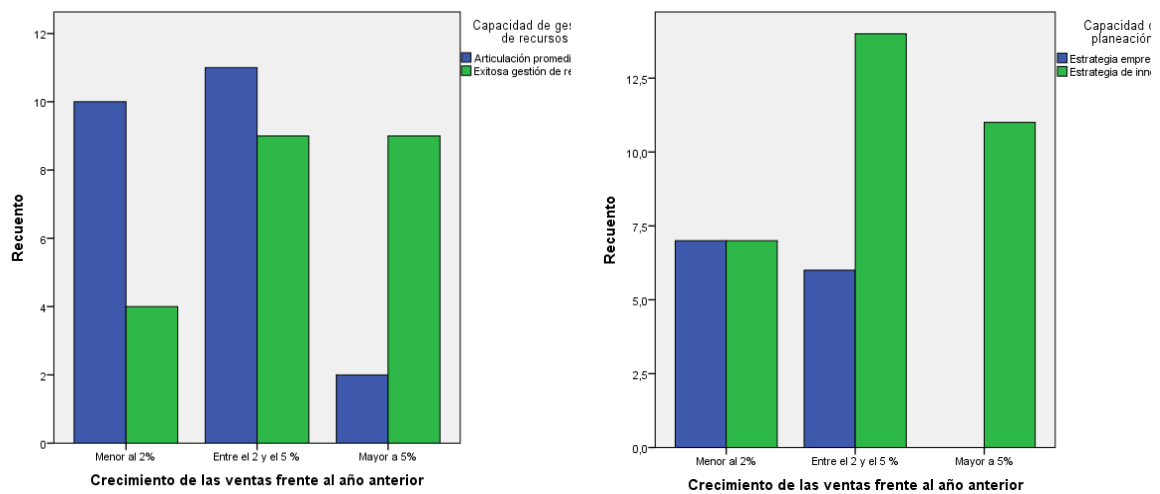


c) Gamma 0,230. Significancia 0,374

d) Gamma 0,119. Significancia 0,642

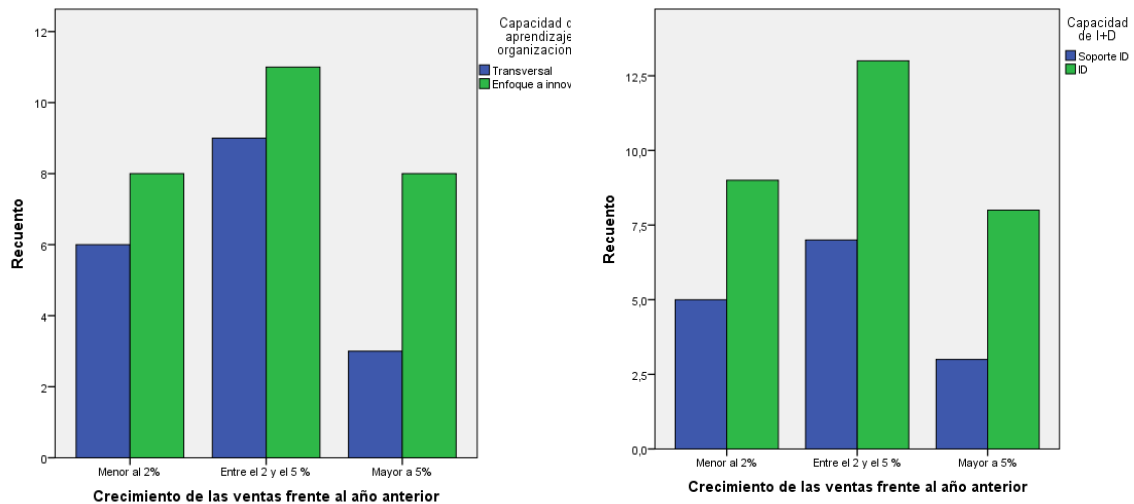
**Figura 4-22. Gráficas de contingencia que relaciones las diferentes capacidades frente al desempeño innovador. Se presentan el coeficiente de gamma de Goodman-Kruskal y su significancia estadística. a) Capacidad de gestión de recursos – Desempeño innovador b) Capacidad de planeación – Desempeño innovador c) Capacidad de aprendizaje organizacional – Desempeño innovador d) Capacidad de I+D – Desempeño innovador**

Fuente: elaboración propia.



a) Gamma 0,599. Significancia 0,004

b) Gamma 0,703. Significancia 0,001

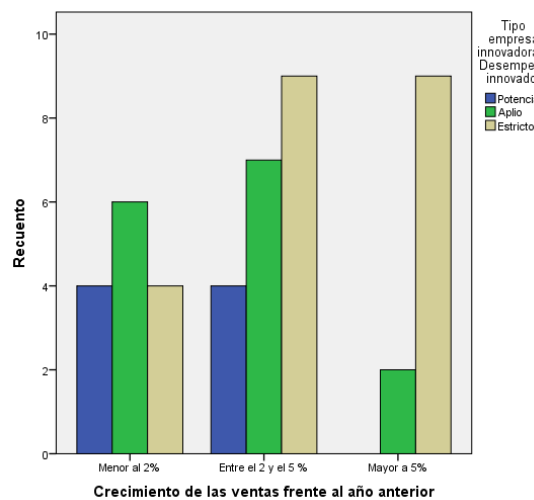


c) Gamma 0,181. Significancia 0,462      d) Gamma 0,110. Significancia 0,671

**Figura 4-23. Gráficas de contingencia que relacionan las diferentes capacidades frente al desempeño innovador. Se presentan el coeficiente de gamma de Goodman-Kruskal y su significancia estadística. a) Capacidad de gestión de recursos – Desempeño económico b) Capacidad de planeación – Desempeño económico c) Capacidad de aprendizaje organizacional – Desempeño económico d) Capacidad de I+D – Desempeño económico.**

Fuente: elaboración propia.

La **Figura 4-24** muestra la relación que existe entre el desempeño innovador y el desempeño económico, donde se encuentra que es positivo Gamma 0,549. y significativo estadísticamente 0,002.



Gamma 0,549. Significancia 0,002

**Figura 4-24. Gráficas de contingencia que relaciona el desempeño económico.**

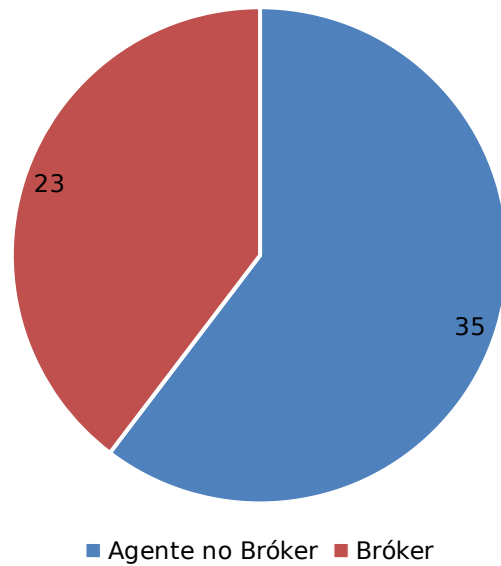
Fuente: elaboración propia.

El desempeño económico es una expresión del desempeño innovador y por tanto existe una estrecha relación entre los dos desempeños, sin embargo, esta condición se ha evidenciado en los resultados para empresas innovadoras, el cual es el caso de estudio de esta investigación. Para empresas tradicionales la relación entre desempeño económico y desempeño innovador no es directa al igual que las relaciones entre capacidades y desempeño económico; lo anterior según Robledo Velásquez et al., (2009), puede deberse a que las empresas tradicionales privilegian la capacidad de producción, acá no estudiada, y por tanto pueden tener buenos desempeños económicos sin requerir capacidades de innovación.

Frente a la hipótesis (H4): No todas las empresas, aun siendo innovadoras, cumplen un papel de explotadoras de conocimiento ni se articulan la SRI, se encuentra que las empresas innovadoras son las llamadas a la explotación de conocimiento, pero no todas desarrollan dicha capacidad por medio de acciones de ID como se muestra en la **Figura 4-22c**, y por tanto se valida el primer enunciado de la hipótesis: *No todas las empresas, aun siendo innovadoras, cumplen un papel de explotadoras de conocimiento ni se articulan la SRI*. En cuanto al segundo enunciado, la **Figura 4-22a** presenta evidencia que la niega, dado que todas las empresas innovadoras son exitosas en la gestión de recursos y en la articulación al SRI.

#### **4.5 BROKERES EN EL AMVA**

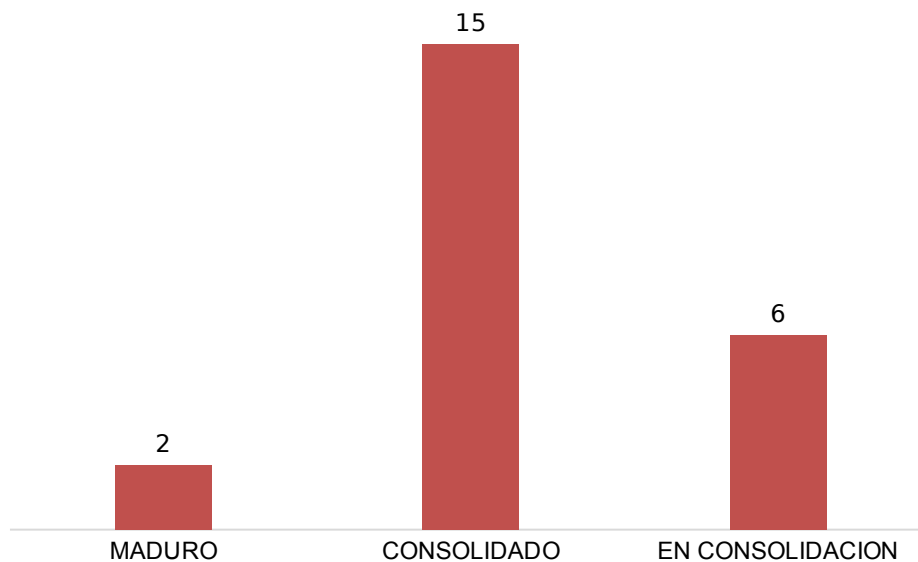
Se analizaron 58 agentes del SRI del AMVA, de los cuales el 40% desempeñan funciones bróker, el 60% restantes pueden desempeñar algunas funciones de bróker, pero no se configuran como tal (Figura 4-25).



**Figura 4-25. Agentes no bróker y bróker del SRI del AMVA**

Fuente: elaboración propia.

De los 23 bróker sólo dos aparecen como maduros que representan el 8.7%; 16 como consolidados para un 69,6% y 6 como en consolidación para un 26.1% como se observa en la Figura 4-26.



**Figura 4-26. Grado de madurez de la función bróker de los brókeres SRI del AMVA**

Fuente: elaboración propia.

Para los brókeres se identificaron 7 funciones con un promedio mayor a 4: (1) Pronóstico y diagnóstico (Prospectiva); (2) Escaneo y procesamiento de información (Vigilancia Tecnológica); (3) Procesamiento de conocimiento, combinación y recombinación de este; (4) Controlador de acceso e intermediario; (5) Pruebas y validación; (6) Protección de resultados; (7) Evaluación de resultados. Con valores inferiores a cuatro se identificaron tres funciones: (1) Acreditación; (2) Validación y regulación; (3) Comercialización.

Se destacan entre dichos agentes con funciones bróker los Centros de desarrollo tecnológico; entidades de soporte como Tecnova, RutaN, CTA; y las OTRIS de las Universidades del AMVA. Como se puede observar en la Figura 4-27 se encuentra una distribución centralizada en Medellín de los agentes y los brókeres, es por ello que se valida la hipótesis (H5): La función broker o de intermediación es declarada por muchas instituciones, sin embargo el grado de madurez de la misma es desigual y en muchos casos no se concreta dentro del SRI.

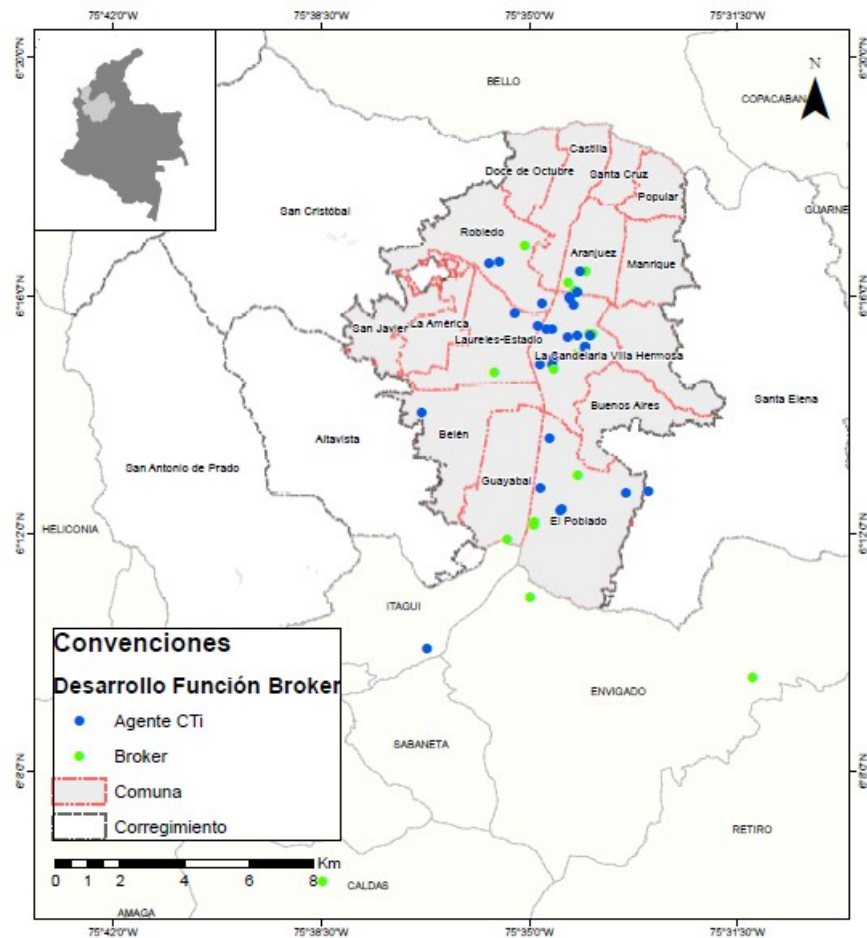


Figura 4-27. Mapa de funciones bróker de los agentes del SRI

Fuente: elaboración propia.



### 4.6 SIMULACIÓN SIGUIENDO EL MODELO DEL SI Y SRI

Se construyó un modelo en DS (Figura 4-28), que representa la situación actual del SNI y del SRI en cuanto al papel de los agentes generadores, transformadores y explotadores.

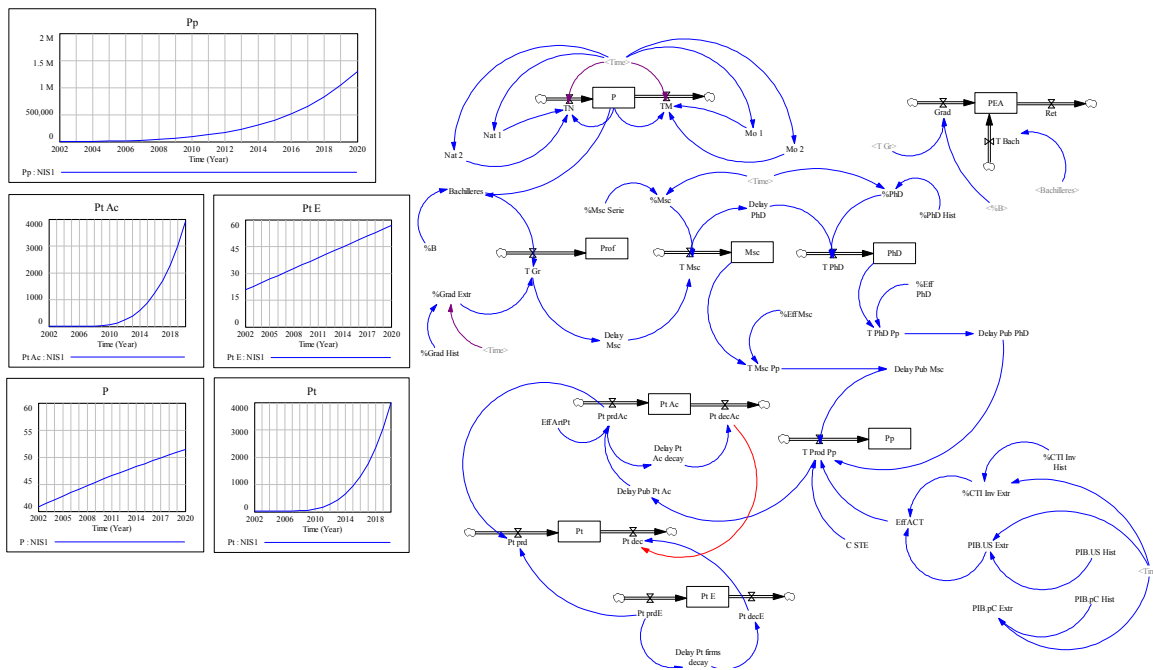
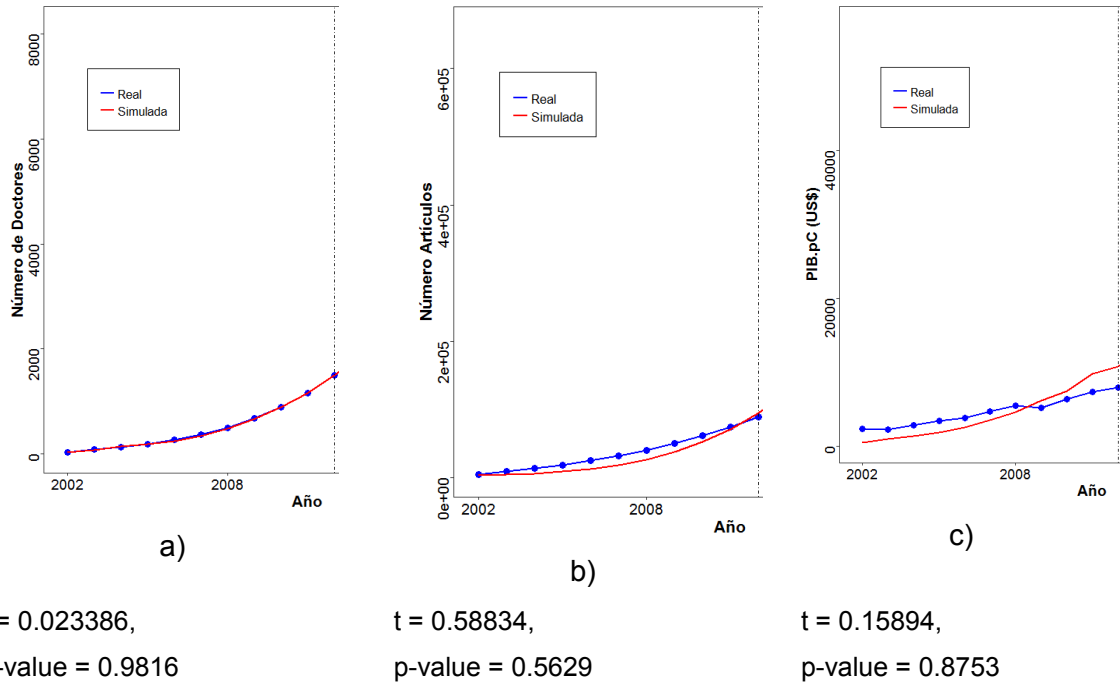


Figura 4-28. Modelo DS del SI

Fuente: elaboración propia.

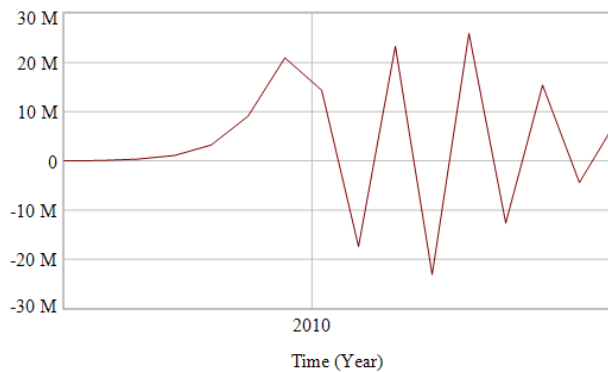
En el proceso de calibración se realizó una comparación entre los datos estimados y los datos proyectados para tres variables (Figura 4-29), y una validación estadística mediante una prueba t para muestras independientes con varianza, dando como resultado que los datos reales y los estimados no son significativamente diferentes.



**Figura 4-29. Calibración del modelo DS del SI**

Fuente: elaboración propia.

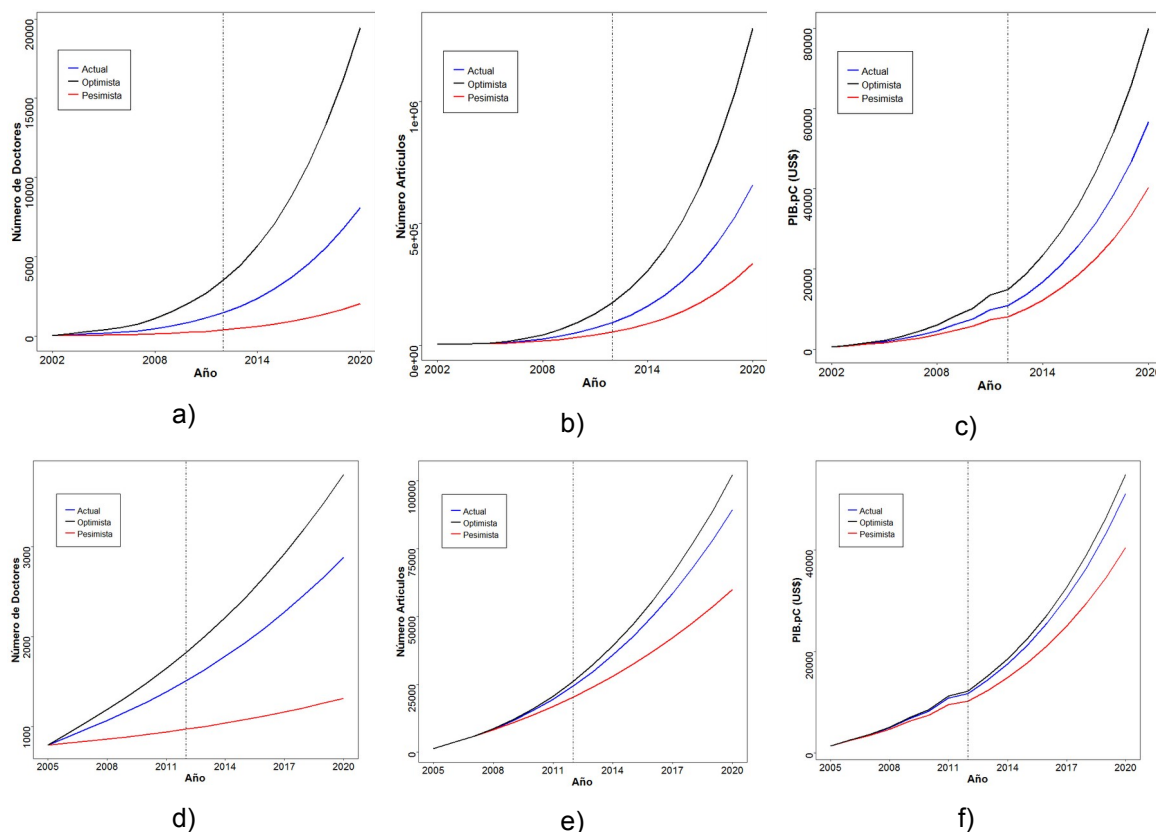
Partiendo de dicho resultado se procedió a simular los escenarios buscando identificar el efecto de las variables con mayor impacto (PEA, Tgr) sobre las más sensibles (PhD, Pp y PIB.pc.). Los escenarios fueron simulados hasta 2020 y se desarrollaron haciendo iteraciones con aumentos y disminuciones de a 10% en un rango de -50% y +50%. En la **Figura 4-30** se presenta el cambio en el PIB frente a los diferentes escenarios, se encuentra que para el escenario positivo y negativo el impacto de un cambio gradual y permanente es alto al inicio, pero pierde sensibilidad con el tiempo, por tanto, se decidió hacer los escenarios con valores extremos (-50% y +50%) para las dos variables evaluadas.



**Figura 4-30. Sensibilidad del PIB al cambio en un rango de -50% y +50% simultáneamente en la PEA y Tgr. En un periodo de 20 años**

Fuente: elaboración propia.

Dado que la simulación solo tiene validez en la serie temporal en la que fue diseñada, las proyecciones pretenden únicamente mostrar tendencias y posibles efectos, sin embargo, no son determinísticas. La simulación para los tres escenarios con una proyección al 2020 la Figura 4-31 muestra como tendencia que el efecto positivo de un aumento en las variables del 50% tiene un menor impacto que una disminución en igual, por otro lado, existe una menor sensibilidad a los efectos positivos y mayor a los efectos negativos del SRI.



**Figura 4-31. Escenarios para tres variables respuesta frente al cambio (-50% y +50%) de la PEA, Tgr del SNI a) Número de doctores b) Número de artículos. C) PIB\_c y del SRI d) Número de doctores e) Número de artículos. f) PIB\_c**

Fuente: elaboración propia.

La formulación del modelo DS SRI implicó la integración de capacidades como término condicionante de la efectividad en innovación (Figura 4-31). Para el modelo del SRI, la efectividad en innovación hace referencia las capacidades que configuran el desempeño innovador.

$$\dot{n}_{Eff} = 0.25 C_{I+D} + 0.25 C_{Ap} + 0.25 C_{GR} + 0.25 C_{Pl}$$

Los coeficientes en la expresión anterior se refieren a los tres niveles en los cuales se miden las capacidades: Si  $C_i=0$ , la capacidad  $i$  no está presente en el sistema de innovación. Si  $C_i=0.5$ , la capacidad  $i$  está presente a un nivel medio en el sistema de innovación. Si  $C_i=1$ , la capacidad  $i$  está presente en el sistema de innovación. Y permitieron validar la hipótesis de que “el nivel de madurez de los agentes dentro de los SRI condiciona la efectividad y la eficiencia de un SRI y con ello el impacto en la competitividad”.

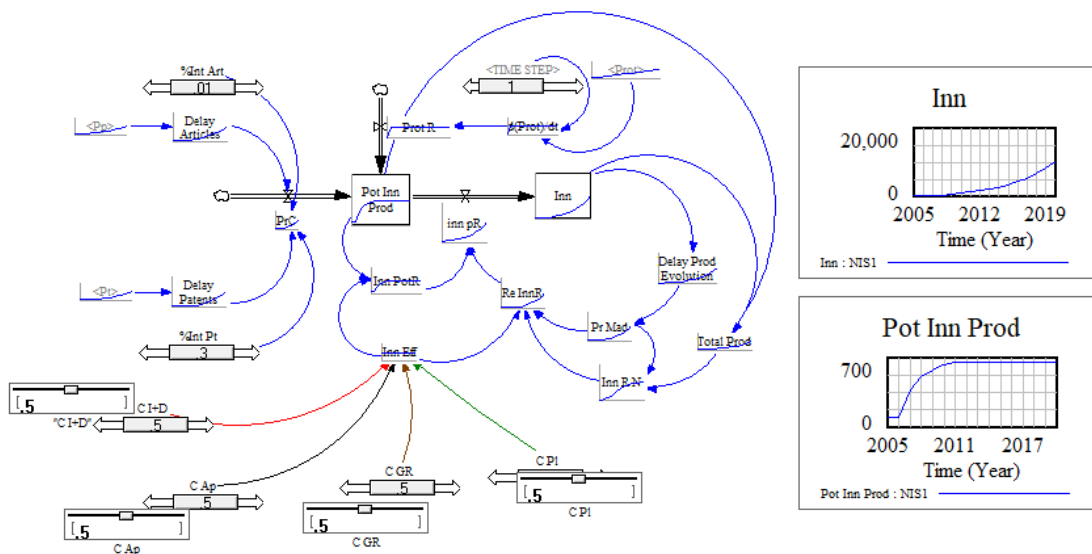


Figura 4-32. Modelo de SRI, Efectos de las capacidades sobre el desempeño innovador

Fuente: elaboración propia.

Las figuras Figura 4-31 y Figura 4-32 validan la hipótesis (H6) El nivel de madurez de los agentes dentro de los SRI condiciona la efectividad y la eficiencia de un SRI y con ello el impacto en la competitividad, donde se demuestra que el logro de capacidades tiene una respuesta positiva en el impacto en la competitividad.

## 5. CONCLUSIONES

La investigación permitió evaluar el impacto de la CTi en la generación de riqueza estimada como PIB<sub>pc</sub> para una escala nacional y regional, para el primer caso, la explicación depende del grado de sofisticación y es evidente para los países desarrollados tal como lo señala Wang *et al.* (2013). En cuanto a los países en desarrollo, el bajo coeficiente de regresión del modelo linealizado evidencia un ajuste pobre con los datos analizados, lo que sugiere que los indicadores de CTi no son el principal factor para medir la generación de riqueza para todos los países y concuerda parcialmente con Ulku, (2004), sin embargo, la regresión de efectos fijos logra capturar la heterogeneidad del panel de datos de acuerdo con cada país. Para el caso de los SRI se formuló un modelo de DS que en la ventana de observación tiene una buena significancia estadística y explica adecuadamente la relación de la CTi y el PIB<sub>pc</sub> para el caso de estudio. Para extrapolarlo a otros sistemas se debe hacer el análisis de los agentes, las funciones y los flujos en cada uno de ellos.

Antioquia y dentro de ella, el AMVA, es la segunda región con mejor competitividad del Colombia y una de las explicaciones a dicha posición son las condiciones de clúster que se han configurado, no de manera explícita, pero que se evidencia en esta investigación. Sin embargo, el papel de los agentes dentro del sistema no está plenamente delimitado, especializado y maduro, y es por ello que el sistema aún se encuentra en consolidación.

Lo anterior valida la hipótesis de que “Mediante la identificación de agentes, sus funciones y los flujos que se desarrollan dentro de un SRI es posible estimar el impacto en la competitividad expresado en PIB per cápita”. y da respuesta a la pregunta: ¿Cuál es el impacto en la competitividad de los sistemas regionales de innovación?

En cuanto a las conclusiones del trabajo se presenta lo siguiente:

**Generadores de conocimiento:** La generación de conocimiento dentro de un SRI es responsabilidad de las universidades (Salmi, 2009); las IES de otros niveles no están preparadas, no definen este proceso como medular o no cuentan con las condiciones o los recursos para hacerlo. Dentro del AMVA el SRI se basa en la capacidad que tiene para generar conocimiento y para que este sea aplicable mediante soluciones tecnológicas como resultado de un proceso de innovación; es por esto que el papel de las IES, especialmente de las universidades, es preponderante en una economía innovadora.

La especialización en la generación de conocimiento, dos IES y en la transferencia, cinco IES, deja inquietudes frente a la madurez SRI en este factor dado que ellas solo representan el 15% de todas las IES del AMVA y un 25% de aquellas con capacidad de

generación de conocimiento. Por ello se explicita la necesidad de especialización de las IES en busca de un impacto claro y medible en el marco de un SRI, y queda claro que no todas las instituciones de educación superior cumplen con un papel de generación de conocimiento en el marco de un SRI.

**Explotadores de conocimiento:** El uso de conocimiento como fuente de generación de riqueza es una de las características de las economías basadas en éste. La generación de capacidades CTi apoyan esta transformación económica y se convierten en una característica de las empresas innovadoras (Fernandez-Jardon et al., 2016), donde se encuentra una correlación positiva entre capacidades, desempeño innovador y económico, y la generación de riqueza como fuente de conocimiento.

En una economía de conocimiento como la que busca consolidar el AMVA es fundamental la integración empresarial al SRI; que solo el 0,2 % de las empresas hayan consolidado esfuerzos en innovación se traduce en un llamado para el fortalecimiento de la política de CTi hacia la empresa y del papel que tienen los otros agentes como facilitadores de dicha conexión.

Los resultados del análisis estadístico constituyen una evidencia empírica significativa sobre la validez del modelo que explica el desempeño innovador empresarial sobre la base de un conjunto de capacidades CTi como lo proponen desde varias perspectivas y es concordante con Robledo Velásquez et al., (2009). En este trabajo se han identificado como capacidades CTi las de I+D, de gestión de recursos, de aprendizaje organizacional y la de planeación estratégica. De igual manera se encontró una relación positiva y significativa del desempeño innovador y el desempeño económico, condición que aplica a las empresas innovadoras. Para empresas tradicionales la relación entre desempeño económico y desempeño innovador no es directo al igual que las relaciones entre capacidades y desempeño económico; lo anterior, puede deberse a que las empresas tradicionales privilegian la capacidad de producción, acá no estudiada, y por tanto pueden tener buenos desempeños económicos sin requerir capacidades de innovación.

**Agentes transformadores o función bróker:** La transformación, transferencia de conocimiento y su uso dentro de los SRI es un elemento fundamental, dicha función ha sido delegada a los brókeres como institución o función, sin embargo, pese a ser considerados como agentes clave dentro de los SI, se enfrentan a diversas dificultades como la ambigüedad de funciones, la invisibilidad de su contribución, la dificultad para medir su impacto, el entorno socioeconómico que los rodea, entre otros.

Es indispensable plantear mecanismos que mejoren la pertinencia de la investigación en relación con las necesidades sociales y económicas de los países, las regiones y las empresas, y es ahí donde deben construirse no sólo políticas en el ámbito gubernamental sino también empresarial. Esta función la debe asumir el Estado que es quien debe actuar como el gestor del ambiente dentro del que se mueven los diferentes agentes del proceso de innovación, asumiendo la responsabilidad de generar contextos dentro de los cuales se tomen las decisiones asociadas al desarrollo tecnológico.

Dentro de la investigación se identificaron tres funciones bróker por debajo de la media: (1) Acreditación; (2) Validación y regulación; (3) Comercialización, lo cual llama la atención puesto la última (comercialización) es una función clave para la consolidación y desarrollo de un SRI. En cuanto a los brókeres, el SRI del AMVA cuenta con múltiples instituciones que declaran y presentan madurez en las funciones, sin embargo solo uno de manera explícita se configura como tal, lo que deja al SRI en una condición de desventaja sobre regiones que han consolidado brókeres.

**Modelo DS del SNI y SRI:** El modelamiento del SI requiere un conjunto de variables con suficiente información que permita la parametrización, calibración y proyección (Singh, 2009). La mayoría de los modelos de SNI son establecidos sobre la base de variables *soft*. Aunque estas variables pueden contener información de fuerzas impulsoras y recursos intangibles (flujos de conocimiento, aspectos emocionales y, en general, aspectos cualitativos), carecen de estabilidad, rigor y relación funcional determinística con el tiempo. Por lo tanto, estos modelos no tienen la posibilidad de ser validados correctamente. Por esta razón se requiere identificar variables asociadas a indicadores medibles o *hard*. Este estudio permitió recolectar información sobre los generadores, explotadores y transformadores y la identificación de variables que los representan en el marco de un sistema.

El modelo permite visualizar el comportamiento del SIN y el SRI ante cambios en políticas; se encontró que las variables con mayor impacto en el modelo son PEA, Tgr t y las más sensibles PhD, Pp y PIB.pc. De ello se infiere que una mayor tasa de población económicamente activas y de graduados que ingresen al sistema de formación impacta de manera positiva al sistema, que un recorte de recursos en un 50% en estas variables tiene mayor impacto que un aumento en la misma proporción, esto demuestra el riesgo de debilitar la política de CTi con una menor destinación de recursos, como es el caso de Colombia para el 2018.

El modelo del SRI permitió dimensionar la importancia de las capacidades CTi para el desarrollo competitivo, asociadas a las empresas como agentes explotadores, en cuanto a mayores capacidades, mayor impacto positivo en el sistema.

En cuanto al SRI como un todo se resalta que las empresas pueden entender, absorber e implementar conocimiento externo solo cuando este está cerca de su propia base de conocimiento y es condicionado por el grado de madurez de las capacidades. Que los generadores pueden transferir conocimiento y convertirlo en útil en la medida que las empresas pueden acceder a los recursos y el conocimiento de otras empresas e instituciones, estableciendo relaciones con ellas, esto es, el mejoramiento de su capital relacional y una de las acciones es la confirmación de cluster, sean formalizados o no.

**Limitaciones y futuras líneas de investigación:** La estructura general del SRI del AMVA es común a muchos de los países latinoamericanos, sin embargo, la extrapolación de los resultados se ve condicionado fuertemente por la disponibilidad de información existente como manifiestan múltiples autores (Fernandez-Jardon et al., 2014; Robledo Velásquez et al., 2009; Ruíz Castañeda et al., 2011), y las condiciones funcionales particulares. Frente a la disponibilidad de datos se encontró que la información secundaria fue suficiente para la construcción de perfiles genéricos, no obstante, para los perfiles específicos de cada uno de los agentes y la construcción del modelo se requirió toma de datos primarios, para el cual en algunos casos no se alcanzó una representatividad estadística suficiente, como en el caso de los explotadores, y por ello el modelo queda condicionado al escenario de análisis (AMVA).

En cuanto a la complejidad del tema y los desafíos de la gestión de los SRI, se encuentra que el estudio de los agentes tiene más escenarios de análisis y se debe profundizar mediante el uso de herramientas como Big Data y Redes Neuronales (Coque et al., 2014) aplicadas al concepto de ciudades inteligentes (Angelidou, 2017; Maier, 2016; Medina and García-Valdecasas Medina, 2011) y competencias distintivas señaladas por (Fernandez-Jardon et al., 2014), lo que permitiría analizar los agentes del SRI en cuanto a la cooperación, el relacionamiento regional, la consolidación de sistemas y flujos de datos, recursos y conocimientos.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Alvarez, C.A., 2009. Los clúster del sistema regional de innovación antioqueño: más debilidades que fortalezas en su desempeño. *Tecnológicas* 187–222.
- Acosta, O., Celis, J., 2014. The emergence of doctoral programmes in the Colombian higher education system: Trends and challenges. *Prospects* 44, 463–481.  
<https://doi.org/10.1007/s11125-014-9310-5>
- Alcázar Farías, E., Lozano Guzmán, A., 2009. Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México. *Rev. española Doc. Científica* 32, 119–126. <https://doi.org/10.3989/redc.2009.3.676>
- Anand, J., Mesquita, L.F., Vassolo, R.S., 2009. The Dynamics of Multimarket Competition in Exploration and Exploitation Activities. *Acad. Manag. J.* 52, 802–821.  
<https://doi.org/10.5465/AMJ.2009.43670897>
- Angelidou, M., 2017. The Role of Smart City Characteristics in the Plans of Fifteen Cities. *J. Urban Technol.* 0, 1–28. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1348880>
- Angulo, A.M., Herrera, M.H., Atwi, M., 2013. Análisis de concentración geográfica de la productividad: el caso de las empresas de manufacturas del Valle del Ebro \*. *Estadística Española* 55, 95–118.
- Archibugi, D., Howells, J., Michie, J., 1999. Innovation systems and policy in a global economy, in: Archibugi, D., Howells, J., Michie, J. (Eds.), *Innovation Policy in a Global Economy*. Cambridge University Press, p. 296.
- Archibugi, D., Michie, J., 2003. Technological globalization of national systems of innovation?, *Finance, Research, Education and Growth*. [https://doi.org/10.1057/9781403920232\\_8](https://doi.org/10.1057/9781403920232_8)
- Archibugi, D., Michie, J., 1997. Technological globalisation or national systems of innovation? *Futures* 29.
- Argyris, C., Schön, D.A., 1978. *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. Addison-Wesley.
- Asheim, B.T., Coenen, L., 2005. Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Res. Policy* 34, 1173–1190. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.013>
- Banco Mundial, 2014. Gasto en investigación y desarrollo [WWW Document].
- Barker, D., 2000. Requirements modeling technology: a vision for better, faster, and cheaper systems. *Proc. VHDL Int. Users Forum Fall Work*. <https://doi.org/10.1109/VIUF.2000.890177>
- Barrientos, M., Soria, C., 2015. Colombia - Población - Datos Históricos [WWW Document]. URL <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=co&v=21&l=es> (accessed 10.3.16).
- Bell, D., 1999. *The Coming Of Post-industrial Society - Daniel Bell - Google Libros*, 3rd ed. Basic Books, Nueva York, EEUU.
- Bennett, D.A., 2001. How can I deal with missing data in my study? *Aust. N. Z. J. Public Health* 25, 464–469. <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.2001.tb00294.x>
- Bertalanffy, L. Von, 1968. *General Systems Theory: Foundations, Development, Applications*. George Brazillier, New York.
- Bertalanffy, L. Von, 1937. An outline of general system theory, in: *Seminario Charles Morris*;

- Universidad de Chicago. Chicago, pp. 134–165.
- BID, 2016. Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe Un compendio estadístico de indicadores, Segunda Reunión de la Conferencia de Ciencia, Innovación y TIC de la CEPAL.
- BID, 2011. Los Sistemas De Innovación En América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Birdsall, N., Rhee, C., 1993. Does Research and Development Contribute to Economic Growth in Developing countries?, The World Bank. Washington D.C.
- Bonet, J., Urrego, J., 2014. El Sistema General de Regalías: ¿mejoró, empeoró o quedó igual? Banco la República. CEER 198, 1–55.
- Borshchev, A., Filippov, A., 2004. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools 1. Simulation Modeling: Abstraction Levels, Major Paradigms. 22nd Int. Conf. Syst. Dyn. Soc. 25-29 July 2004 45.
- Breton, M., Vencatachellum, D., Zaccour, G., 2006. Dynamic R&D with strategic behavior. *Comput. Oper. Res.* 33, 426–437. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.06.014>
- Broemeling, L.D., 2009. Bayesian methods for measures of agreement. CRC Press.
- Campos, F., Rivera, D., Rodríguez, C., 2014. Presence and impact of Andean universities in online social networks. *Rev. Lat. Comun. Soc.* 571–592. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2014-1025en>
- Cancino Salas, R., Petit-Breuilh, J., Padilla, P., Mendoza, Y., Garcia, M., Gatica, M., Mellado, F., 2008. Indicadores de ciencia, tecnología e innovación para la inteligencia competitiva de sistemas regionales de innovación. *Cuad. Adm.* 40, 57–72.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., Rickne, A., 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Res. Policy* 31, 233–245. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00138-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00138-X)
- Carosi, A., 2016. Do local causations matter? The effect of firm location on the relations of ROE, R&D, and firm SIZE with MARKET-TO-BOOK. *J. Corp. Financ.* 41, 388–409. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2016.10.008>
- Castelblanco Gómez, J., Robledo Velásquez, J., 2016. Relación entre el PIB y algunos indicadores de Ciencia y Tecnología: Colombia vs. Corea del Sur. *Empres. y Territ.*
- Castro, S., Peña, J., Ruiz, A.J., Sosa, J.C., 2014. Estudio intrapaíses de la competitividad global desde el enfoque del doble diamante para Puerto Rico, Costa Rica y Singapur. *Investig. Eur. Dir. y Econ. la Empres.* 20, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2013.09.001>
- CCMA, 2015. Estadísticas Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia.
- Chatterjee, S., Ali S., H., 2006. Regression analysis by example, 4th Editio. ed. Wiley.
- Cherubini Alves, A., Carneiro Zen, A., Domingus Padula, A., 2011. Routines, capabilities and innovation in the brazilian wine industry. *J. Technol. Manag. Innov.* 6, 128–144. <https://doi.org/ISSN 0718-2724>
- Chesbrough, H.W., 2006. Open Business Models: How to Thrive in the New Innovation Landscape. Harvard Business School, Boston, MA.
- Chesbrough, H.W., Appleyard, M.M., 2007. Open Innovation and Strategy. *Calif. Manage. Rev.* 50, 57–77. <https://doi.org/10.1002/sml.201000755>

- Clarke, M., 2002. Some Guidelines for Academic Quality Rankings. *High. Educ. Eur.* 27, 443–459.  
<https://doi.org/10.1080/0379772022000071922>
- CNA, 1998. Autoevaluación con fines de Acreditación de Programas de Pregrado.  
<https://doi.org/ISSN 0123-0506>
- Cobacho, M.B., Bosch, M., 2005. Contrastes de hipótesis en datos de panel. XIII Jornadas ASEPUMA 1–12.
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A., 1990. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Adm. Sci. Q.* 35, 128. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Colciencias, 2017. Resolución 0010 de 2017.
- Colciencias, 2016a. Informe de gestión y resultados. Rendición de Cuentas 2016.
- Colciencias, 2016b. Política de CTI, Colombia avanza en la construcción de una nación científica | COLCIENCIAS [WWW Document]. <http://www.colciencias.gov.co/>. URL [http://www.colciencias.gov.co/sala\\_prensa/con-la-politica-de-cti-colombia-avanza-en-la-construccion-de-una-nacion-cientifica](http://www.colciencias.gov.co/sala_prensa/con-la-politica-de-cti-colombia-avanza-en-la-construccion-de-una-nacion-cientifica) (accessed 11.18.16).
- Colciencias, 2016c. Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico Reconocidos por Colciencias. Bogotá Colombia.
- Colciencias, 2016d. Plataforma ScienTI - Colombia | COLCIENCIAS [WWW Document]. *Apl. para Ingr. y Actual. Inf.* URL <http://www.colciencias.gov.co/scienti> (accessed 10.15.16).
- Colciencias, 2015a. Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N° 1602.
- Colciencias, 2015b. Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, año 2014. *Colciencias.Gov.Co* 2015, 1–164.
- Colciencias, 2015c. Estado de la Ciencia en Colombia.
- Colciencias, 2015d. Publiindex [WWW Document]. Índice Bibliográfico Nac. *Publindex*. URL <http://publiindex.colciencias.gov.co:8084/publiindex/EnlbnPubliindex/resultadosBuscador.do> (accessed 11.1.16).
- Colciencias, 2013. Guía de evaluación reconocimiento de centros de investigación o desarrollo tecnológico (No. M201PR05G1). Colombia.
- Colciencias, 2012. RESOLUCIÓN 00688 DE 2012.
- Congreso de Colombia, 2011. Acto legislativo 005 de 2011: Por el cual se constituye el Sistema General de Regalías, se modifican los artículos 360 y 361 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones sobre el régimen de regalías y compensaciones., *Acto Legislativo*. <https://doi.org/10.1093/nar/gki459>
- Congreso de Colombia, 2009. Ley 1286 de 2009: Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia, *El Congreso de Colombia*. <https://doi.org/ttyuij>
- Congreso de Colombia, 1992. Ley 30 de Diciembre 28 de 1992; Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. *El Congr. Colomb.* 26.
- Consejo Privado de Competitividad, 2015. LINEAMIENTOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EL

CIERRE DE BRECHAS DE CAPITAL HUMANO PARA LAS APUESTAS PRODUCTIVAS  
DEPARTAMENTALES DEL PAÍS.

- Consejo Privado de Competitividad, 2014. Informe Nacional de Competitividad. *J. Chem. Inf. Model.* 271. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Consejo Privado de Competitividad, 2013. Índice departamental de Competitividad 2013.
- Consejo Privado de Competitividad & CEPEC- Universidad del Rosario, 2014. Índice Departamental de Competitividad 2014. Bogotá D.C.
- Cooke, P., 1992. Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum* 23, 365–382.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M., Etxebarria, G., 1997. Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Res. Policy* 26, 475–491. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00025-5)
- Coque, J., González; Torres, P., López; Mielgo, N., Vázquez, D., 2014. Analysis of a local innovation system: Agents and network of relations. *Dyna* 81, 209–213. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37249>
- Coriat, B., 1997. Los desafíos de la competitividad: globalización de la economía y dimensiones macroeconómicas de la competitividad. Buenos Aires.
- CTA, 2010. Medellín Ciudad Innovadora. Mapa de la Innovación 2010. Medellín, Colombia.
- Cuadras, C.M., 2007. Nuevos métodos de análisis multivariante, Publicaciones PPU. 08023 Barcelona, Spain.
- Cybermetric, 2016. Ranking Web de Universidades.
- D'Este, P., Martínez, E.C., Molas-Gallart, J., 2014. Documento de base para un “Manual de Indicadores de Vinculación de la universidad con el entorno socioeconómico.”
- Dabos, G.E., Rivero, A.G., 2009. Políticas institucionales para la vinculación tecnológica: nuevos roles en la universidad innovadora 1–17.
- Dalziel, M., 2010. Why do innovation intermediaries exist? DRUID Summer Conf. 2010 24.
- Dameri, R.P., Ricciardi, F., 2015. Smart city intellectual capital: an emerging view of territorial systems innovation management. *J. Intellect. Cap.* 16, 860–887. <https://doi.org/10.1108/JIC-02-2015-0018>
- DANE, 2016a. Geoportal DANE - Directorio estadístico de empresas [WWW Document]. Geoportal. URL <https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoDirectorio> (accessed 3.22.17).
- DANE, 2016b. Perfil Sociodemográfico 2005 - 2015 Total Medellín. Medellín, Colombia.
- DANE, 2015a. Boletín técnico: Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera - EDIT VII 2013-2014.
- DANE, 2015b. No Title [WWW Document]. URL <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit>
- DANE, 2015c. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica -EDIT- [WWW Document]. URL [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co) (accessed 10.10.16).
- Dario, A., Amaya, C., Cristancho, A., Castellanos, Ó., Dario, A., Amaya, C., 2011. Valoración de

- las Capacidades y Competencias Tecnológicas : Consideraciones para su Aplicación en el Aparato Productivo Colombiano 1–132.
- Diez-Vial, I., Fernández-Olmos, M., 2016. The effect of science and technology parks on a firm's performance: a dynamic approach over time. *J. Evol. Econ.* <https://doi.org/10.1007/s00191-016-0481-5>
- DNP, 2015a. COMPESES 3834: Lineamientos de política para estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias, Documento Compes. Bogotá.
- DNP, 2015b. POLÍTICA NACIONAL DE DESARROLLO PRODUCTIVO.
- DNP, 2008a. Política Nacional de Competitividad y Productividad., Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- DNP, 2008b. Política Nacional de Competitividad y Productividad., Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Docampo, D., 2015. Universidades iberoamericanas según el Ranking de Shanghai 3512–3513.
- Doloreux, D., 2002. What we should know about regional systems of innovation. *Technol. Soc.* 24, 243–263. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0160-791X\(02\)00007-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0160-791X(02)00007-6)
- Doloreux, D., Parto, S., 2004. Regional Innovation Systems : A Critical Review. *Maastricht MERIT* 190, 1–26.
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D., Lautenbach, S., 2013. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography (Cop.)*. 36, 27–46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Drake, K., 1998. Firms, knowledge and competitiveness. *OECD Obs.* 24–26.
- Dutrénit, G., Vera-Cruz, A., 2009. Derramas de conocimiento hacia instituciones. el caso de ciudad Juárez, ... of Innovation: a Space for the ....
- Dutta, S., 2012. The Global Innovation Index 2015, Stronger Innovation Linkages for.
- Dyner R., I., Peña Z., G.E., Arango A., S., 2008. Dinámica de sistemas, in: Modelamiento Para Simulación de Sistemas Socioeconómicos y Naturales. Centro de Publicaciones, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín, Colombia, pp. 230–231.
- Edison, H., bin Ali, N., Torkar, R., 2013. Towards innovation measurement in the software industry. *J. Syst. Softw.* 86, 1390–1407. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.01.013>
- Elsevier B.V., 2016. Scopus [WWW Document]. URL <https://www.scopus.com/> (accessed 11.1.16).
- Escobar, J.F., Bedoya, I.B., Fernández-Jardon, C.M., Arroyave, J., 2016a. El Sistema Regional de Innovación (SRI) del área Metropolitana del Valle de Aburrá., in: Editores, T. (Ed.), Agentes, Funciones e Impactos de Los Sistemas Regionales de Innovación. SENA, Centro de comercio, Antioquia, Medellín, p. 178.
- Escobar, J.F., Fernández-Jardon, C.M., Bedoya, I.B., 2017. Los generadores de conocimiento dentro de los Sistemas Regionales de Innovación (SRI). *Espacios Generation*, 1.
- Escobar, J.F., Fernández-Jardon, C.M., Bedoya, I.B., Mosquera, J., 2016b. Ciencia , tecnología e

- innovación y su impacto en la generación de riqueza : análisis del PIB per cápita en 13 países Iberoamericanos. *Rev. Espac.* 37, 19.
- Escobar, J.F., Jardón, C.M., Bedoya, I.B., 2016c. Regional Innovation Systems ( RIS ), its agents , and broker functions.
- Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., Meyer-Stamer, J., 1996. Competitividad sistémica: Nuevo desafío a las empresas y a la política Klaus. *Rev. la CEPAL* 39–52.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L., 2000. The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Res. Policy* 29, 109–1023.
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L., 1997. Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations. Pinter, London and Washington.
- Fang, S.-C., Wang, M.-C., Chen, P.-C., 2016a. The influence of knowledge networks on a firm’s innovative performance. *J. Manag. Organ.* 1–24. <https://doi.org/10.1017/jmo.2016.32>
- Fang, S.-C., Wang, M.-C., Chen, P.-C., 2016b. The influence of knowledge networks on a firm’s innovative performance. *J. Manag. Organ.* 1–24. <https://doi.org/10.1017/jmo.2016.32>
- FEM, 2013. Global Competitiveness report 2013, 1st ed. WEF, Geneva.
- Fernandez-Jardon, C.M., 2012. Determinantes de la Capacidad de Innovación en PYMES Regionales. *Rev. Adm. da UFSM* 5, 749–766. <https://doi.org/10.5902/198346597698>
- Fernandez-Jardon, C.M., 2011. Deployment of Core Competencies to obtain success in SMEs 1–27.
- Fernandez-Jardon, C.M., González-Loureiro, M., Pita-Castelo, J., 2016. Orientación cultural hacia la innovación en empresas. Un enfoque sociológico del Sistema de Innovación de Galicia. *Rev. Int. Sociol.* 74. <https://doi.org/10.3989/ris.2016.74.2.035>
- Fernandez-Jardon, C.M., Martos, M.S.M.S., 2011. Un método para determinar competencias distintivas en pequeñas y medianas empresas. *Rev. Adm. da Univ. Fed. St. Maria* 4, 195–214. <https://doi.org/10.5902/198346593672>
- Fernandez-Jardon, C.M., Susana, M., Paulo, S., Jardón, C.M.F., Martos, M.S., 2014. CAPITAL INTELECTUAL Y COMPETENCIAS DISTINTIVAS EN PYMES MADERERAS DE ARGENTINA. *RAE-Revista Adm. Empres.* 54, 634–646. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020140604>
- Fernandez-Jardon, C.M., Tañski, Ni.C., 2010. Los clusters y el capital intelectual como forma de valor competitivo. *Mercados y Econ.* 11.
- Ferraz, J., Kupfer, D., Haguenaer, L., 1996. Made in Brazil: desafíos competitivos para la industria. Sao Pablo.
- Ferreira, J.J.M., Fernandes, C.I., Raposo, M.L., 2015. The Effects of Location on Firm Innovation Capacity. *J. Knowl. Econ.* 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0281-4>
- Figueroa, P.D., Fernandez-Jardon, C.M., 1997. Entornos Competitivos : Su Caracterización Y Tipología En El Contexto Empresarial De Galicia 3, 61–73.
- Filatotchev, I., Liu, X., Lu, J., Wright, M., 2011. Knowledge spillovers through human mobility across national borders: Evidence from Zhongguancun Science Park in China. *Res. Policy*

- 40, 453–462. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.01.003>
- Ford, D.N., Housel, T.J., Dillard, J.T., 2010. System Dynamics Modeling for Improved Knowledge Value Assessment: A Proof-of-Concept Study.
- Forrester, J.W., 1969. Urban Dynamics. Pegasus Communications, Inc.
- Forrester, J.W., 1968. Industrial Dynamics--A Response to Ansoff and Slevin. *Manage. Sci.* 14, 601–618. <https://doi.org/10.1287/mnsc.14.9.601>
- Forrester, J.W., 1961. *Industrial Dynamics*. Wiley.
- Forrester, J.W., Mass, N.J., Ryan, C.J., 1976. The system dynamics national model: Understanding socio-economic behavior and policy alternatives. *Technol. Forecast. Soc. Change* 9, 51–68. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(76\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0040-1625(76)90044-5)
- Freeman, C., 1987. Technology and economic performance: lessons from Japan, *Research Policy*. Pinter Publishers, London.
- Freeman, C., 1982a. Technological infrastructure and international competitiveness. Draft Pap. Submitt. to OECD Ad Hoc Gr. *Sci. Technol. Compet.*
- Freeman, C., 1982b. *The Economics of Industrial Innovation*, 2<sup>a</sup>. ed. MIT Press, Cambridge. MA:
- Garay, L.J., 1998. Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996, Biblioteca Virtual del Banco de la República.
- Garcia, R., Nair, A., 2005. Allocation of resources in exploration and exploitation of technologies : Examining the complexities using an adaptive agent approach Allocation of resources in exploration and exploitation of technologies : Examining the complexities using an adaptive ag. 23rd Int. Conf. *Syst. Dyn. Soc.* 1–20.
- Gilsing, V., 2002. Co-evolution of exploration & exploitation in a sectoral system of innovation 1–30.
- Gobernación de Antioquia, 2013. Evolución en Antioquia de la Inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) e Investigación y Desarrollo (I+D), 2003 - 2013 (Millones de pesos de 2012) [WWW Document]. *Anu. Estadístico Antioquia*. URL [http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario\\_2013/es-CO/capitulos/ciencia/departamento/inversion/cp-17-1-1-6.html](http://antioquia.gov.co/images/pdf/anuario_2013/es-CO/capitulos/ciencia/departamento/inversion/cp-17-1-1-6.html)
- Google, 2016. Colombia - Estadísticas de Google Académico [WWW Document]. Google Académico. URL [https://scholar.google.es/citations?hl=es&view\\_op=search\\_venues&vq=colombia](https://scholar.google.es/citations?hl=es&view_op=search_venues&vq=colombia) (accessed 10.26.16).
- Gorman, B.S., Primavera, L.H., 2009. and Complementary Factor Analysis Use Methods of Cluster 51, 165–168.
- Graham, M.H., 2003. CONFRONTING MULTICOLLINEARITY IN ECOLOGICAL MULTIPLE REGRESSION. *Ecology* 84, 2809–2815. <https://doi.org/10.1890/02-3114>
- Greve, H.R., 2007. “Exploration and exploitation in product innovation.” *Ind. Corp. Chang.* 16, 945–975. <https://doi.org/10.1093/icc/dtm013>
- Gunnarsson, J., Wallin, T., 2011. An evolutionary approach to regional systems of innovation. *J. Evol. Econ.* 21. <https://doi.org/10.1007/s00191-010-0208-y>
- Gutiérrez Pulido, H., De la Vara Salazar, R., 2008. Introducción al diseño de experimentos, in: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. (Ed.), *Análisis y Dieño de*

Experimentos.

- Gyekye, A.B., Oseifuah, E.K., Vukor-quarshie, G.N.K., 2012. The Impact of Research and Development on Socio-Economic Development: Perspectives from Selected Developing Economies. *J. Emerg. Trends Econ. Manag. Sci.* 3, 915–922.
- He, Z.-L., Wong, P.-K., 2004. Exploration vs. Exploitation: An Empirical Test of the Ambidexterity Hypothesis. *Organ. Sci.* 15, 481–494. <https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0078>
- Hernández, R.A., 2001. Elementos de competitividad sistémica de las pequeñas y medianas empresas (PYME) del Istmo Centroamericano (No. 5), estudios y perspectivas. Mexico.
- Herrera, J.F., Escobar, J.F., 2014. Los bróker tecnológicos en los sistemas regionales de innovación 17.
- Hilera, J.R., Fernández, L., Suárez, E., Vilar, E.T., 2013. Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales. *Rev. Española Doc. Científica* 36, 1–16. <https://doi.org/10.3989/redc.2013.1.913>
- Howells, J., 2006. Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Res. Policy* 35, 715–728. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.03.005>
- Howells, J., 1999. Research and technology outsourcing and innovation systems: an exploratory analysis. *Ind. Innov.* 6, 111–129.
- IMD, I. for M.D., 2015. Anuario mundial de competitividad 2015, Resultados para Colombia, Anuario Mundial de Competitividad (AMC).
- Isaksen, A., Remøe, S.O., 2001. New Approaches to Innovation Policy: Some Norwegian Examples. *European Planning Studies* 3, 285–302.
- Jaramillo, H., 2008. Estudio sobre resultados e impactos de los programas de apoyo a la formación de posgrado en Colombia: hacia una agenda de evaluación de calidad, Documento No 5 del Proyecto Estudio de resultados e impactos de los programas de apoyo a la formación de posgrado en ciencias e ingeniería. Bogotá.
- Jardon, C.M., Martos, M.S., Fernandez-Jardon, C.M., Martos, M.S., Jardon, C.M., Martos, M.S., Fernandez-Jardon, C.M., Martos, M.S., Jardon, C.M., Martos, M.S., Fernandez-Jardon, C.M., Martos, M.S., 2008. CAPITAL INTELECTUAL Y RESULTADOS EMPRESARIALES EN LA CADENA DE LA MADERA DE OBERÁ (ARGENTINA). *Estud. Econ. Apl.* 5731, 1–33.
- Johansson, B., 1991. Economic networks and self-organization, in: Bergman, E.M., Maier, G., Tödtling, F. (Eds.), *Regions Reconsidered - Economic Networks, Innovation and Local Development in Industrialised Countries*. Mansell, London, pp. 17–34.
- Johnson Cornell University, INSEAD, WIPO, 2014. The Global Innovation Index 2014. The human factor in innovation. Geneva.
- Joseph, J., Won, D., Hwang, B., Jung, W., 2013. Exploration of the effects of open innovation policies on national innovation systems through system dynamics simulation : applying the results to Cambodia. *Allen Inst. Artif. Intell.* 1–24.
- Kacef, O., 2007. Estudio económico de América Latina y el Caribe: Política macroeconómica y volatilidad. CEPAL 4–200.



- Karlson, B., 2005. Investigating the relationship between learning motives and governance structure from the perspective of small firms. *Knowledge Management in Asia Pacific*.
- Katila, R., Ahuja, G., 2002. SOMETHING OLD, SOMETHING NEW: A LONGITUDINAL STUDY OF SEARCH BEHAVIOR AND NEW PRODUCT INTRODUCTION. *Acad. Manag. J.* 45, 1183–1194. <https://doi.org/10.2307/3069433>
- Kayal, A.A., 2008. National innovation systems a proposed framework for developing countries 8, 74–86.
- Keenan, M., 2008. Evaluating Foresight – The Colombian Case Building up Broad Competencies Evaluation Focus :
- Kim, L., Dahlman, C.J., 1992. Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience. *Res. Policy* 21, 437–452. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(92\)90004-N](https://doi.org/10.1016/0048-7333(92)90004-N)
- Klerkx, L., Leeuwis, C., 2009. Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 76, 849–860. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001>
- Klerkx, L., Leeuwis, C., 2008. Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: experiences with innovation intermediaries. *Food Policy* 33, 260–276. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2007.10.001>
- Klerkx, L., Proctor, A., 2012. Beyond fragmentation and disconnect: Networks for knowledge exchange in the English land management advisory system. *Land use policy* 30, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.02.003>
- Klerkx, L.L.L., Hall, A., Leeuwis, C., Klerkx, Andy; Leeuwis, Cees, L.H., Klerkx, L.L.L., Hall, A., Leeuwis, C., 2009. Strengthening Agricultural Innovation Capacity: Are Innovation Brokers the Answer? *UNU-MERIT Work. Pap. Working Pa*, 1–47. <https://doi.org/10.1504/IJARGE.2009.032643>
- Kline, S.J., Rosenberg, N., 1986. An Overview of Innovation. *Eur. J. Innov. Manag.* 38, 275–305. <https://doi.org/10.1108/14601069810368485>
- Kogut, B., Zander, U., 1992. Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. *Organ. Sci.* 3, 383–397. <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.383>
- Konttinen, J., Smedlund, A., Rilla, N., Kallio, K., van der Have, R., 2011. Knowledge Transfer in Service Business Development.
- Krugman, P., 1991. *Geography and Trade*, 1<sup>a</sup>. ed, *Geography and Trade*, Gaston Eyskens Lecture Series. MIT Press, London, UK.
- Lawson, B., Samson, D., 2001. Developing Innovation Capability in Organisations: a Dynamic Capabilities Approach. *Int. J. Innov. Manag.* 05, 377–400. <https://doi.org/10.1142/S1363919601000427>
- Leonard-Barton, D., 1992. Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strateg. Manag. J.* 13, 111–125. <https://doi.org/10.1002/smj.4250131009>
- Lewin, A.Y., Volberda, H.W., 1999. Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organizational Forms. *Organ. Sci.* 10, 519–534. <https://doi.org/10.1287/orsc.10.5.519>

- Lo, Y., Liu, W., Wen, C., 2010. The Value Added Capability of Innovation Intermediaries in Technology Transaction Markets 516–521.
- López González, C., Díaz Fúnez, P.A., Robledo Velásquez, J., 2016. La Organización Informal Y Sus Efectos En Las Capacidades De Innovación. *Univ. Empres.* 17, 191–217. <https://doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.28.2015.09>
- Lugones, G., Mata, J.T. da, Alves, T., Rodrigues, N., Peirano, F., Suárez, D., Henriques, V., Re Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología-RICYT, Agencia para a Sociedade de Conhecimento-UMIC, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa-ISCTE, Lugones, G., Mata, J.T. da, Alves, T., Rodrigues, N., Peirano, F., Suárez, D., Henriques, V., 2014. Manual de Lisboa. Igarss 2014 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Lundvall, B.-Å., 2007. National innovation systems - Analytical concept and development tool. *Ind. Innov.* 14. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Lundvall, B.-Å., 1998. Why study national systems and national styles of innovation? *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 10.
- Lundvall, B.-Å., 1992a. National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. Londres.
- Lundvall, B.-Å., 1992b. National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning. London.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E.S., Dalum, B., 2002. National systems of production, innovation and competence building. *Res. Policy* 31, 213–231. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00137-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00137-8)
- Lundvall, B. a., 2007. National Innovation Systems—Analytical Concept and Development Tool. *Ind. Innov.* 14, 95–119. <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>
- Lundvall, B., Johnson, B., 1994. “The Learning Economy.” *Journal of Industry Studies.*
- Maier, S., 2016. Smart energy systems for smart city districts: case study Reininghaus District. *Energy. Sustain. Soc.* 6, 23. <https://doi.org/10.1186/s13705-016-0085-9>
- Major, E., Cordey-Hayes, M., 2000. Engaging the business support network to give SMEs the benefit of foresight. *Technovation* 20, 589–602. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00006-7](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00006-7)
- Malecki, E.J., 2010. Global Knowledge and Creativity: New Challenges for Firms and Regions. *Reg. Stud.* 44, 1033–1052. <https://doi.org/10.1080/00343400903108676>
- Manrique, J., Robledo, J., Lema, Á., 2014. Índice de desempeño innovador en los subsectores industriales colombianos. *Investig. y Reflexión* 22, 79–95. <https://doi.org/10.18359/rf.627>
- March, J.G., 1991. Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organ. Sci.* 2, 71–87. <https://doi.org/10.1287/orsc.2.1.71>
- Marroquín Arreola, J., Ríos Bolívar, H., 2012. Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+ D. *Investig. económica* 71, 15–33.
- Marroquín Arreola, J., Ríos Bolívar, H., 2012. Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+ D. *Investig. económica* 71,

- 15–33.
- Martínez-Vela, C., 2016. Benchmarking Research and Technology Organizations (RTOs): A Comparative Analysis, MIT-IPC Working Paper 16-005.
- Martos, M.S., Fernández-Jardon, C.M., Figueroa, P., 2008. Evaluación y relaciones entre las dimensiones del capital intelectual: El caso de la cadena de la madera de Oberá ( Argentina ). *Intang. Cap.* 4, 67–101.
- Maza, A., Email, H., Policy, E.U.R., 2013. Exploring the link between R & D and economic growth : Evidence from the Spanish provinces.
- Medina, J.I.G., García-Valdecasas Medina, J.I., 2011. La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. *Rev. Española Investig. Sociológicas* 136, 91–109. <https://doi.org/10.5477/cis/reis.136.91>
- MEN, M. de E.N., 2016a. Sistema Nacional de Información de la Educación Superior - Colombia.
- MEN, M. de E.N., 2016b. Sistema Nacional de Informaci{ó}n de la Educaci{ó}n Superior - Colombia.
- MEN, M. de E.N., 2015. El desafío del desarrollo tecnológico, Centro Visual de Noticias, Ministerio de Educación Nacional, Colombia.
- MEN, Penagos Acosta, M., 2012. Sistema General De Regalías. *An. Ing.* 921, 82. <https://doi.org/1794-2446>
- Metcalfe, J.S., 1994. Evolutionary Economics and Technology Policy. *Econ. J.* <https://doi.org/10.2307/2234988>
- Milling, P.M., Stumpfe, J., 2000. Product and Process Innovation A System Dynamics-Based Analysis of the Interdependencies. *Innovation* 145–146.
- Misas Arango, G., 2004. La educación superior en Colombia. Análisis y estrategias para su desarrollo.
- Montero, C., Morris, P., 1999. Territorio, competitividad sistémica y desarrollo endógeno: Metodología para el estudio de los Sistemas Regionales de Innovación, Primera Ed. ed. Santiago de Chile.
- Mostafavi, A., Abraham, D.M., DeLaurentis, D., Sinfield, J., 2011. Exploring the Dimensions of Systems of Innovation Analysis: A System of Systems Framework. *IEEE Syst. J.* 5, 256–265.
- Múgica, B., González, B., 1998. La Dinámica de Sistemas como Metodología para la elaboración de Modelos de Simulación. Iviedo.
- Munkongsujarit, S., Srivannaboon, S., 2011. Key Success Factors for Open Innovation Intermediaries for SMEs: A Case Study of iTAP in Thailand 2 1605–1612.
- Nadiri, M.I., 1993. Innovations and Technological Spillovers. National Bureau of Economics Research, New York.
- Naimi, B., Hamm, N.A.S., Groen, T.A., Skidmore, A.K., Toxopeus, A.G., 2014. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling? *Ecography (Cop.)*. 37, 191–203. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>
- Nelson, R.R., 1993. National innovation systems: a comparative analysis, University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference

- in Entrepreneurship.
- Nelson, R.R., 1993. No Title. Press Oxford.
- Nelson, R.R., Winter, S.G., 1982. An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge MA Belknap. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA.  
<https://doi.org/10.2307/2232409>
- Nieto, V.M., Timoté, J.A., Sánchez, A.F., Villareal, S., 2015. Clasificación por tamaño empresarial en Colombia: Historia y limitaciones para una propuesta. Arch. Econ. - Dep. Nac. Planeación 434, 1–34.
- Niosi, J., 2000. Science-based industries: A new Schumpeterian taxonomy. Technol. Soc. 22, 429–444. [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(00\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(00)00028-2)
- Niosi, J., 1991. Canada's national system of innovation. Sci. Public Policy 18.  
<https://doi.org/10.1093/spp/18.2.83>
- Niosi, J., Bellon, B., 1994. The global interdependence of national innovation systems: Evidence, limits, and implications. Technol. Soc. 16. [https://doi.org/10.1016/0160-791X\(94\)90028-0](https://doi.org/10.1016/0160-791X(94)90028-0)
- Niosi, J., Bellon, B., 1994. The Global Interdependence of National Innovation Systems : 16, 173–197.
- Nuchera, A.H., 2008a. EL BROKERAGE TECNOLÓGICO: FUNCIÓN CLAVE EN LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN 1–16.
- Nuchera, A.H., 2008b. El brokerage tecnológico: función clave en la gestión de la innovación 1–16. Observatorio Laboral para la Educación, n.d. Estadísticas y graduados [WWW Document].
- OCDE, 2015. Estudios económicos de la OCDE Colombia 48.
- OCDE, 2014a. Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación : Colombia Resumen ejecutivo 1–45.
- OCDE, 2014b. Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación. PDF tomado del MINTIC 3 pp.
- OCDE, 2005. Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>
- OCDE, 1992. Technology and the Economy – The Key Relationships [WWW Document]. Rep. Technol. Program. URL <http://www.oecd.org/sti/ind/2750309.pdf> (accessed 4.12.16).
- OCDE, EUROSTAT, 2005. Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3rd ed.
- OCyT, 2014. Indicadores de Ciencia y Tecnología 2014. 2015, Bogotá.
- OECD, 1995. Manual on the Measurement of Human Resources Devotde to S&T “Canberra Manual.”
- OECD, LEED, 2015. Promoviendo Desarrollo Sistemas Locales Innovacion Caso Medellin.
- OECD, OCDE, OECD, OCDE, OECD, 2002. Manual de Frascati. Organization for Economic Co-operation and Developmen, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264065611-pt>
- OMPI, 2015. Datos y cifras de la OMPI sobre P.I., Economía y Estadística.
- Ortiz, A., Maria, J., Santos, J., 2006. Modelización de Variables Soft 2, 67–101.
- Partners, H., 2007. Study of the Role of Intermediaries in Support of Innovation.
- Pavitt, K., 1992. National Systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive

- learning, Research Policy. London. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(95\)90017-9](https://doi.org/10.1016/0048-7333(95)90017-9)
- Pérez Hernández, P., 2009. Contribución de los Organismos Intermedios a la innovación en México., in: Biblioteca Digital de La Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica. México, pp. 1–19.
- Pinto T, A., 1996. La Competitividad Del Comercio Exterior Y La Especializacion Productiva En El Ecuador: 1970-1995\*, NOTA TÉCNICA 29.
- Popadiuk, S., Franklin, M.A., Vidal, P.G., Miguel, L.A.P., Prieto, V.C., 2012. Exploitation and exploration of organizational knowledge: An analysis on Brazilian companies [Exploitation e Exploração do conhecimento organizacional: Uma Análise em Empresas Brasileiras]. *Espacios* 33, 8.
- Porter, M., 2004. Building the Microeconomic Foundations of Prosperity: Findings from the Business Competitiveness Index. *Glob. Compet. Rep.* 2003–2004 29–56.
- Porter, M., 1991. La ventaja competitiva de las naciones. Vergara, Barcelona.
- Porter, M.E., 1990a. The Competitive Advantage of Nations. *Harv. Bus. Rev.* 68, 73–93. <https://doi.org/Article>
- Porter, M.E., 1990b. The Competitive Advantage of Nations. *Harv. Bus. Rev.* 68, 73–93. <https://doi.org/Article>
- Prandelli, E., Sawhney, M., Verona, G., 2006. Innovation and Virtual Environments: Towards Virtual Knowledge Brokers. *Organ. Stud.* 27, 765–788. <https://doi.org/10.1177/0170840606061073>
- Presidencia de Colombia, 1971. Decreto 410: Código de Comercio de Colombia.
- Prieto, I.M., Revilla, E., Rodríguez-Prado, B., 2009. Managing the knowledge paradox in product development. *J. Knowl. Manag.* 13, 157–170. <https://doi.org/10.1108/13673270910962941>
- Quintero, S., Giraldo, D., Fernández; Ledesma, J.D., Fernandez Ledesma, J., 2015. Análisis de las dinámicas, estructuras y relaciones de los agentes del Sistema Regional de Innovación de Antioquia. *Rev. Univ. Científica* 26–29.
- Ramírez, J.C., Parra-Peña, R., 2014. Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia, 2012-2013, Estudios y perspectivas.
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2015. MANUAL DE SANTIAGO.
- Richardson, G.P., 2009. System Dynamics, The Basic Elements of, in: *Complex Systems in Finance and Econometrics*. Springer New York, New York, NY, pp. 856–862. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7701-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7701-4_48)
- Richardson, G.P., L., A., III, P., 1981. *Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo*. Pegasus Communications.
- RICyT, 2014a. Indicadores por país [WWW Document].
- RICyT, 2014b. Indicadores por país [WWW Document]. URL <http://db.ricyt.org/query/CO/1990,2014/calculados> (accessed 11.11.16).
- RICYT, OEA, CYTED, COLCIENCIAS, OCYT, Jaramillo, H., Lugones, G., Salazar, M., 2001. *Manual De Bogotá*. Bogotá D.C, Colombia.
- Roa, J., Weintraub, J., 2013. How Innovative is Your Company's Culture? *MIT Sloan Manag. Rev.*

54, 29–37.

- Robledo, J., Gomez, F.A., Restrepo, J.F., Robledo, J., 2009. Relación entre capacidades de innovación tecnológica y el desempeño empresarial y sectorial, in: *Nuestras, Datos Y Descubrimiento De Conocimiento Sobre La Innovación En Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Robledo, J., Robledo Velásquez, J., 2010. Introducción a la gestión tecnológica 1–122.
- Robledo Velásquez, J., Malaver, F., Vargas, M., 2009. Encuestas, datos y descubrimiento de conocimiento sobre la innovación en Colombia, 1st ed. Bogotá.
- Robledo Velásquez, J., Robledo, J., 2013. Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación 184,190.
- Romer, P.M., 1990. Endogeneous Technological Change. *J. Polit. Econ.* 98, s71–s102.
- Romero García de Paredes, M.J., 2013. El impacto económico de la innovación en las empresas andaluzas. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Roper, S., Love, J.H., Bonner, K., 2017. Firms' knowledge search and local knowledge externalities in innovation performance. *Res. Policy* 46, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.10.004>
- Rothwell, R., 1994a. Towards the Fifth-generation Innovation Process. *Int. Mark. Rev.* 11, 7–31. <https://doi.org/10.1108/02651339410057491>
- Rothwell, R., 1994b. Towards the Fifth-generation Innovation Process. *Int. Mark. Rev.* 11, 7–31. <https://doi.org/10.1108/02651339410057491>
- Roy, S., Mohapatra, P.K.J., 2000. Causality and Validation of System Dynamics Models Incorporating Soft Variables: Establishing an Interface with Structural Equation Modelling. *Sustain. Third Millenn. Int. Conf. Syst. Dyn. Soc.* (eds. Davidsen, PI, Ford, DN Mashayekhi, AN).
- Ruíz Castañeda, W.L., Quintero Ramírez, S., Robledo Velasquez, J., 2011. Modelo conceptual para el análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación. *Rev. Educ. en Ing.* 115–125.
- Ruiz Castañeda, W.L., Robledo Velásquez, J., 2013. Evaluación del Impacto de los Intermediarios en los Sistemas de Innovación: Marco de Análisis 1–17.
- Russo, A., Vurro, C., 2010. Cross-boundary ambidexterity: Balancing exploration and exploitation in the fuel cell industry. *Eur. Manag. Rev.* 7, 30–45. <https://doi.org/10.1057/emr.2010.2>
- Ruta N, 2015. Pacto por la Innovación.
- Ruttan, V.W., 1959. Usher and Schumpeter on Invention, Innovation, and Technological Change. *Q. J. Econ.* 73, 596–606.
- Sala-i-martin, X., 2008. The Global Competitiveness Index: Measuring the Productive Potential of Nations, in: WEF, W.E.F. (Ed.), *The Global Competitiveness Index*. pp. 3–81.
- Sala-I-Martin, X., Blanke, J., Hanouz, M.D., Geiger, T., Mia, I., Paua, F., 2007. The Global Competitiveness Index: Measuring the Productive Potential of Nations. *World Econ. Forum* 3–50.
- Salazar, F.A., 2015. Bróker Tecnológico para el Clúster Aeroespacial Colombiano – CAESCOL 1–

- 11.
- Sálazar, M., Et al, 2013. Colciencias cuarenta años. Entre la legitimidad, la normatividad y la práctica. Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT), Bogotá Colombia.
- Salmi, J., 2009. El desafío de crear universidades de rango mundial, Primera. ed. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, DC 20433, USA.
- Samara, E., Georgiadis, P., Bakouros, I., 2012. The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis. *Technovation* 32, 624–638. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.06.002>
- Samimi, A.J., Alerasoul, S.M., 2009. R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 3, 3464–3469.
- Sánchez-Torres, J.M., Medina, J.E., León, M., 2007. Publicación internacional de patentes por organizaciones e inventores de origen colombiano. *Cuad. Econ.* 26, 2248–4337.
- Sandoval, C., 2014. Métodos y aplicaciones de la planificación regional y local en América Latina, Desarrollo Territorial, CEPAL - Serie Desarrollo Territorial N° 17. Santiago de Chile.
- Schumpeter, J., 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profit, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle.* J. Comp. Res. Anthropol. Sociol., Social Science Classics Series 3, 137–148. <https://doi.org/10.2307/1812657>
- Schumpeter, J.A., 1939. *Business cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process.* New York Toronto London. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2006.11.007>
- Schwab, K., Sala-i-Martin, X., Brende, B., 2015. *The Global Competitiveness Report 2015-2016.* <https://doi.org/92-95044-35-5>
- SciELO, 2016. SciELO: Scientific Electronic Library Online [WWW Document]. *Sci. Electron. Libr. Online.* URL <http://www.scielo.org/php/level.php?lang=es&component=44&item=1> (accessed 9.3.16).
- Scimago Lab, 2016. SIR Methodology [WWW Document]. 2016. URL <http://www.scimagoir.com/methodology.php> (accessed 11.7.16).
- Sedov, L.I., Kisin, V.I., 1982. *Similarity and dimensional methods in mechanics.* Moscow.
- SEDUCA, 2011. *Estudios de la OCDE: Educación Superior en el Desarrollo Regional y de Ciudades Regional y de Ciudades, Estudios de la OCDE: Educación Superior en el Desarrollo Regional y de Ciudades.* Medellín, Colombia.
- Serrano Mascaraque, E., Moratilla Ocaña, A., Olmeda Martos, I., 2010. Métrica para la evaluación de la accesibilidad en Internet: propuesta y testeo. *Rev. española Doc. Científica* 33, 378–396. <https://doi.org/10.3989/redc.2010.3.719>
- ShanghaiRanking Consultancy, 2016. *Metodología Ranking Académico de las Universidades del Mundo - 2014* [WWW Document]. URL <http://www.shanghairanking.com/es/ARWU-Methodology-2014.html> (accessed 11.7.16).
- SIC, 2016. *Sistema de Consulta de Patentes, PCT, Modelos y Trazados* [WWW Document]. *Sist. Consult. Pat. PCT, Model. y Trazados.* URL <http://sipi.sic.gov.co/sipi/Extra/Default.aspx?sid=636154838845619631> (accessed 11.23.16).

- Sierra Gonzalez, J.H., Rodríguez, F.M., Vargas Pérez, M., 2008. Finanzas e innovación en Colombia: un análisis a partir de la EIByC, in: I Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación. Bogotá Colombia, p. 14.
- Singh, V., 2009. *System Modeling and Simulation*, 1st ed. New Age International (P) Ltd., Publishers, New Delhi.
- Slater, S.F., Narver, J.C., 1995. Market Orientation and the Learning Organization. *J. Mark.* 59, 63. <https://doi.org/10.2307/1252120>
- SNCCTI, 2016. *Gobernanza Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación* [WWW Document]. Web Of. URL <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/Paginas/SNCEI.aspx> (accessed 1.10.17).
- Solow, R.M., 2001. After "Technical Progress and the Aggregate Production Function." *New Dev. Product. Anal.* 173–178.
- Spielman, D., Von Grebmer, K., David, J., Grebmer, V., 2004. Public-private partnerships in agricultural research: an analysis of challenges facing industry and the consultative group on international agricultural research 1–52.
- Sterman, J., 2000. S-Shaped growth: Epidemics, innovation diffusion and the growth of new products., in: Education, M.-H. (Ed.), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. pp. 323–346.
- Su, Y.-S., Tsang, E.W.K., Peng, M.W., 2009. How do internal capabilities and external partnerships affect innovativeness? *Asia Pacific J. Manag.* 26, 309–331. <https://doi.org/10.1007/s10490-008-9114-3>
- The World Bank, 2013. *Doing business 2014*, 1st ed. The World Bank, Washington.
- Thomas, B.L., Cook, D.J., 2016. Activity-Aware Energy-Efficient Automation of Smart Buildings. <https://doi.org/10.3390/en9080624>
- Tobergte, D.R., Curtis, S., 2013. Competing on Resources: Strategy in the 1990s. *J. Chem. Inf. Model.* 53, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Torres-Salinas, D., Moreno-Torres, J.G., Delgado-López-Cózar, E., Herrera, F., 2011. A methodology for Institution-Field ranking based on a bidimensional analysis: The IFQ2A index. *Scientometrics* 88, 771–786. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0418-6>
- Torres Vargas, A., 2011. Transferencia de tecnología y conocimiento entre centros públicos de investigación y productores agropecuarios: el papel de las instituciones intermediarias para la innovación 1–14.
- Trott, P., 2011. *Innovation Management and New Product Development*, Fifth Edit. ed. Prentice Hall, Harlow, England.
- Túñez López, M. miguel. tunez@usc. e., 2013. El 'índice h' de la investigación en Comunicación en España, Portugal y Latinoamérica: Web of Knowledge (WoK), Scopus y Google Scholar Metrics. *Commun. y Soc.* 26, 53–75.
- Tushman, M., Smith, W.K., Wood, R.C., Westerman, G., O'Reilly, C., 2010. Organizational designs and innovation streams. *Ind. Corp. Chang.* 19, 1331–1366. <https://doi.org/10.1093/icc/dtq040>
- UdeA, 2006. *Indicadores de competitividad de Antioquia y sus regiones: resultados y jerarquías.*



- Ulku, H., 2004. R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis, IMF Working Papers. <https://doi.org/10.5089/9781451859447.001>
- UNESCO, 1999. Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico [WWW Document]. Conf. Mund. sobre la Cienc. .
- University, C., INSEAD, WIPO, 2011. The Global Innovation Index 2015: Effective Innovation Policies for Development, Accelerating Growth and Development. Geneva, Switzerland, Switzerland.
- Vanhaverbeke, W., Gilsing, V., Beerkens, B., Duysters, G., 2009. The Role of Alliance Network Redundancy in the Creation of Core and Non-core Technologies. *J. Manag. Stud.* 46, 215–244. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2008.00801.x>
- Varis, M., Littunen, H., 2012. SMEs and Their Peripheral Innovation Environment: Reflections from a Finnish Case. *Eur. Plan. Stud.* 20, 547–582. <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.665034>
- Vásquez, J.M., Bergman, G.R., 2013. La perspectiva tecnológica e Industrial: Contecto, fundamentos y aplicaciones, *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vedovello, C., 1997. Science parks and university-industry interaction: Geographical proximity between the agents as a driving force. *Technovation* 17, 491–531. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(97\)00027-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(97)00027-8)
- Velasco, E., Zamanillo, I., Miren, G., 2003. Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación. *Decis. Organ.* 1–15. <https://doi.org/10.1111/aman.12336>
- Vera-cruz, A.O., Lackiz, A.R., 2011. Organizaciones Intermedias de los Sistemas de Innovación Agrícola: El Caso de las Fundaciones Produce en México.
- Villarreal, N.F., Lucio Arias, D., Albis Salas, N., Mora Holguín, H., 2014. Determinantes de la innovación y la productividad en la industria manufacturera colombiana por tamaño de firma 1–48.
- Waltner-Toews, D., Kay, J., Lister, N.-M., 2008. The Ecosystem Approach. Complexity, Uncertainty and Managing for Sustainability, *Complexity in Ecological Systems*. Columbia University Press, New York.
- Wang, C. hsien, Lu, I. yuan, Chen, C. bein, 2009. Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation* 28, 349–363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>
- Wang, D.H.-M., Yu, T.H.-K., Liu, H.-Q., 2013. Heterogeneous effect of high-tech industrial R&D spending on economic growth. *J. Bus. Res.* 66, 1990–1993. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.023>
- Yam, R.C.M., Guan, J.C., Pun, K.F., Tang, E.P.Y., 2004. An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firm: Some Empirical Findings in Beijing, China. *Res. Policy* 33, 1123–1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>
- Yang, C., Shyu, J.Z., 2011. The role and typology of innovation intermediation in the context of technological regime and service pattern, in: *Technology Management in the Energy Smart*

World (PICMET), 2011 Proceedings of PICMET '11: pp. 1–13.

Yang, C.H., Shyu, J.Z., 2009. The role and dynamic development of innomediaries in open innovation dynamics, in: PICMET '09 - 2009 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology. pp. 312–321.  
<https://doi.org/10.1109/PICMET.2009.5262156>

Zack, M.H., 1999. Developing a Knowledge Strategy. Calif. Manage. Rev. 41, 125–145.  
<https://doi.org/10.2307/41166000>

Zott, C., 2000. Dynamic capabilities and emergence of intra-industry differential firm performance: Insights from a simulation study.