

Evaluación de la percepción de los actores de la cuádruple hélice sobre la relevancia del marco institucional en el funcionamiento de un sistema de innovación regional (SRI) a partir de un análisis de redes

Juan David Durán Hernández  
*jdduranh@eafit.edu.co*

Trabajo de grado para optar al título de  
Magíster en Administración de Negocios (MBA)

Asesora temática  
Ana María Ortega Álvarez  
Departamento de Mercadeo  
Universidad EAFIT

Asesora metodológica  
Gina María Giraldo Hernández  
Departamento de Organización y Gerencia  
Universidad EAFIT

Universidad EAFIT  
Escuela de Administración  
Departamento de Administración  
Maestría en Administración de Negocios (MBA)  
Medellín  
2018

## Contenido

Introducción.....	8
1. Planteamiento de la investigación .....	10
1.1 Definición del problema .....	10
1.2 Justificación de la investigación .....	12
1.3 Estado del arte.....	15
1.4 Marco teórico.....	31
1.5 Marco conceptual.....	33
1.6 Objetivos.....	34
1.6.1 Objetivo general.....	34
1.6.2 Objetivos específicos .....	34
1.7 Hipótesis .....	35
2. Metodología.....	37
2.1 Tipo de investigación.....	37
2.2 Fuentes de información.....	37
2.3 Herramientas para el análisis de datos .....	39
2.4 Cronograma .....	43
3. Ejecución .....	44
3.1 Resultados .....	44
3.1.1 Razón por la cual se firmó el pacto.....	45
3.1.2 Definición de un sistema regional de innovación (SRI) .....	47
3.1.3 Instituciones formales identificadas en un sistema regional de innovación (SRI) .....	49
3.1.4 Instituciones informales identificadas en un sistema regional de innovación (SRI) .....	51
3.1.5 Instituciones que tienen efecto negativo sobre un sistema regional de innovación (SRI).....	52
3.1.6 Instituciones que tienen efecto positivo sobre un sistema regional de innovación (SRI).....	55
3.1.7 Instituciones en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá que tienen un efecto negativo .....	57
3.1.8 Instituciones en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá que tienen un efecto positivo .....	59
3.2 Análisis de redes .....	61
3.3 Conclusiones.....	64
Referencias .....	66

## Índice de figuras

Figura 1. Desarrollo de la innovación desde los nichos hasta la transformación de un régimen .....	19
Figura 2. Relación entre los sistemas de innovación global, nacional, regional, sectorial, y tecnológico .....	22
Figura 3. Características de los sistemas nacionales de innovación.....	23
Figura 4. Dimensiones de los sistemas regionales de innovación (SRI).....	26
Figura 5. Representación de la triple hélice .....	27
Figura 6. Representación de la cuádruple hélice de los sistemas de innovación.....	28
Figura 7. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las razones por las cuales se firmó el pacto por la innovación .....	46
Figura 8. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestra la definición de un sistema regional de innovación (SRI).....	48
Figura 9. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones formales más visibles en un sistema regional de innovación (SRI) .....	50
Figura 10. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones informales más visibles en un sistema regional de innovación (SRI) .....	52
Figura 11. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones con mayor efecto negativo en un sistema regional de innovación (SRI) .....	54
Figura 12. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones con mayor efecto positivo en un sistema regional de innovación (SRI) .....	56
Figura 13. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran los aspectos negativos de un sistema regional de innovación (SRI).....	58
Figura 14. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran los aspectos positivos de un sistema regional de innovación (SRI) .....	60
Figura 15. Diagrama de grafo que representa la percepción de los actores del sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá.....	61
Figura 16. Diagrama de bigotes del análisis de las distancias en el grafo.....	62

## Índice de tablas

Tabla 1. Identificación de las organizaciones que participaron en las entrevistas .....	38
Tabla 2. Relación entre los objetivos y los análisis que se van a realizar .....	42
Tabla 3. Cronograma de trabajo .....	43
Tabla 4. Análisis de los nodos de la red de grafos que representa la relación de percepciones clasificada por actores en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá ....	63

## Resumen

Una de las ventajas competitivas de las empresas y las naciones se logra a través de los procesos de innovación y de los resultados que se materializan en productos y servicios (Porter, 1990). El *Manual de Oslo* (OECD, 2005) define la innovación como “Las mejoras de un producto, proceso, *marketing* o una organización, a través de la generación e implementación de cambios significativos y/o radicales”. Asimismo, la innovación es un proceso que se lleva a cabo en conjunto entre diversos actores de diferentes disciplinas, que generan conocimiento al intercambiar sus ideas y experiencias (Asheim y Coenen, 2005).

Teniendo en cuenta las afirmaciones anteriores, se reconoce la necesidad de estudiar los procesos de innovación como sistemas, en los cuales existen múltiples actores que interactúan entre sí, reconociendo en la literatura los sistemas de innovación sectoriales, tecnológicos, nacionales y regionales (Asheim, Smith y Oughton, 2011).

Este trabajo se enfoca en los sistemas regionales de innovación (SRI) analizando la interacción de los actores de la cuádruple hélice: la sociedad civil, el Estado, la academia y la industria (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016). La interacción entre los diferentes actores del SRI se analizará desde la perspectiva neo-institucional definida por North (1989), en la cual se establece la necesidad de mecanismos formales e informales para determinar los términos de interacción entre los actores, con el objetivo de aumentar el desarrollo económico reduciendo la incertidumbre y aumentando la confianza entre los actores que participen del intercambio.

En Colombia se ha definido que uno de los ejes para el desarrollo económico es la innovación (MinTIC, 2014), y en la actualidad existe un sistema de innovación regional (SRI) desarrollado en el valle del Aburrá (Ruta N, 2016). A través del estudio de la percepción de los actores del SRI en esta región sobre la importancia de las instituciones formales e informales para el éxito del sistema de innovación, se puede apoyar a los desarrolladores de políticas en el país para que enfoquen los recursos al éxito del sistema y el desarrollo económico de la región.

Este trabajo utiliza la información de las encuestas tomadas durante el desarrollo de la investigación *The role of institutions in a regional innovation system and their impact on the innovation performance of organizations within the quadruple helix*, de Ana María Ortega Álvarez (2018), con el objetivo de hacer un análisis de la percepción de los diferentes actores sobre la relevancia de las instituciones formales e informales tanto en el desarrollo del SRI del valle del Aburrá como en el desarrollo de un SRI en general.

Primero se realizó un análisis de redes basado en la percepción de los diferentes actores sobre las instituciones en el SRI. A partir de este análisis se pudo concluir que existe una cercanía en la percepción de los actores entrevistados del SRI. Además, se encontró que dentro de los actores de la cuádruple hélice de innovación el actor central más representativo para la interacción en la red analizada es la academia, seguido por el Estado.

En segundo lugar se implementó una metodología para reconocer las tendencias de percepción de cada uno de los actores del SRI. Al analizar los resultados se reconoció que se

debe incentivar la investigación apoyada por la empresa privada y enfocada a generar valor a los usuarios finales logrando mayor agilidad en la entrada al mercado. Una de las mayores barreras que se deben superar son los rasgos culturales, por ejemplo, la cultura del error, la aversión al cambio, la aversión al riesgo, la no apertura a otros sistemas de innovación, la lentitud burocrática y la falta de comunicación de casos de éxito. De todas formas se debe reconocer que se ha realizado un gran esfuerzo de cambio cultural en el valle del Aburrá y ya se nota el cambio en cuanto a la mentalidad positiva, recursiva, abierta y orientada a la innovación.

Palabras claves: sistema regional de innovación (SRI), marco institucional, cuádruple hélice de innovación, instituciones formales e informales, análisis de redes, grafos.

## Abstract

One of the competitive advantages of companies and nations is achieved through the processes of innovation and the results that materialize in products and services (Porter, 1990). The *Oslo Manual* (OECD, 2005) defines innovation as “The improvements of a product, process, marketing or an organization, through the generation and implementation of significant and / or radical changes”. Likewise, innovation is a process carried out jointly by various actors from different disciplines, who generate knowledge by exchanging their ideas and experiences (Asheim and Coenen, 2005).

Taking into account the above statements, we recognize the need to study innovation processes as systems, in which there are multiple actors that interact with each other, recognizing in the literature sectorial, technological, national and regional innovation systems (Asheim, Smith and Oughton, 2011).

This work focuses on regional innovation systems (RIS) analyzing the interaction of the actors of the quadruple helix: civil society, State, Academia and industry (Cavallini, Friedl, Soldi and Volpe, 2016). The interaction between the different actors of the RIS that was studied will be analyzed from the neo-institutional perspective defined by North (1989), which establishes the need for formal and informal institutions to determine the terms of interaction between the actors, with the objective of increasing economic development by reducing uncertainty and increasing trust among the actors participating in the exchange.

In Colombia, it has been defined that one of the axes for economic development is innovation (MinTIC, 2014), and there is currently a regional innovation system (RIS) developed in the Aburrá valley (Ruta N, 2016). By studying the perception of RIS actors in this region about the importance of formal and informal institutions for the success of the innovation system, policy developers in the country can be supported to focus resources on success of the system and the economic development of the region.

This work uses the information of surveys taken during the development of the research *The role of institutions in a regional innovation system and their impact on the innovation*

*performance of organizations within the quadrupole helix*, by Ana María Ortega Álvarez (2018), with the objective of making an analysis of the perception of the different actors about the relevance of formal and informal institutions both in the development of the RIS of the Aburrá valley, and in the development of a RIS in general.

First, a network analysis was carried out based on the perception of the different actors on the institutions in the RIS. Based on this analysis, it could be concluded that there is a closeness in the perception of the actors interviewed by the RIS. In addition, it was found that, within the actors of the quadruple helix of innovation, the most representative central actor for the interaction in the network analyzed is the Academy, followed by the State.

Secondly, a methodology was implemented to recognize the perception tendencies of each of the RIS actors. When analyzing the results, it was recognized that research supported by private companies should be encouraged and focused on generating value to end users, achieving greater agility in entering the market. One of the biggest barriers that must be overcome are cultural features, for example, the culture of error, aversion to change, aversion to risk, lack of openness to other innovation systems, bureaucratic slowness and lack of communication on success stories. In any case, it must be recognized that a great effort of cultural change has been made in the Aburrá valley, and the change in the positive, recursive, open and innovation-oriented mentality is already evident.

**Keywords:** regional innovation system (RIS), institutional framework, quadruple helix of innovation, formal and informal institutions, network analysis, graphs.

## Introducción

Este trabajo se enfoca en el análisis de la importancia de las instituciones formales e informales según North (1989), como plataforma para el intercambio de conocimiento entre los actores de la cuádruple hélice (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016) en un sistema regional de innovación (en adelante SRI) (Asheim, Oughton y Smith, 2011). La interacción de los actores y la estructuración de las políticas e incentivos en los sistemas de innovación se deben enfocar en el crecimiento y el desarrollo económico de la región, país y/o sector (OECD, 2007).

A través de datos extraídos de entrevistas cualitativas de los participantes del sistema de innovación, en el trabajo *The role of institutions in a regional innovation system and their impact on the innovation performance of organizations within the quadruple helix* de Ana María Ortega Álvarez (2018), se analiza la relevancia de las instituciones formales e informales agrupando los resultados para definir la tendencia de cada uno de los actores de la cuádruple hélice de innovación.

Los datos se reciben en forma de base de datos, que son agrupados para definir la percepción de cada uno de los entrevistados en un mapa de relaciones, Este mapa de relaciones es analizado para encontrar la cercanía entre los participantes del sistema de innovación y definir los participantes más importantes en el relacionamiento en la red. También se organiza la base de datos seleccionando los datos por actor según la definición de la cuádruple hélice, con el objetivo de graficar las tendencias sobre las instituciones formales e informales. Después de un análisis de resultados, se encuentran las conclusiones que sirven a los generadores de políticas para identificar las características débiles y fuertes del sistema, bajo el marco neo-institucional.

Para desarrollar el trabajo se sigue la metodología de investigación, que se trabaja en tres grandes pasos: 1) Planteamiento de la investigación; 2) Metodología; y 3) Ejecución.

En el Planteamiento de la investigación se incluyen, primero, la Identificación del problema, que se describirá en la sección de “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**”, y posteriormente se llega a la “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**” sobre la cual se fundamenta el trabajo. En segundo lugar se explicarán las teorías alrededor de la investigación en el “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**”, y dentro de estas se elegirán las bases que fundamentan el trabajo en el “Marco teórico”. Consecuente con las teorías investigadas y las elegidas, se definirán los conceptos que se aplican a este trabajo en el “**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**” puntualizando de esta manera toda la teoría que soporta la investigación. Posteriormente se explican los “Objetivos general y específicos”, que llevan a las “Hipótesis”, y que serán probadas después de la Ejecución.

Para definir la Metodología se incluyeron las descripciones del “Tipo de investigación”, las “Fuentes de información” y las “Herramientas para el análisis de los

datos”. El apartado de Metodología se finaliza con el “Cronograma” para la realización de la investigación.

Finalmente, la Ejecución contiene los “Resultados”, con su respectivo “Análisis de redes”, incluyendo las pruebas de hipótesis correspondientes y las “Conclusiones” sobre el tema central de la investigación.

## 1. Planteamiento de la investigación

### 1.1 Definición del problema

La innovación es fundamental para el éxito de las empresas en la actualidad, con el objeto de lograr un crecimiento sostenible y el éxito de cada una de las regiones o países (Ortega, Álvarez 2017). A través del mejoramiento continuo o la innovación, las empresas pueden lograr la ventaja competitiva que las lleva a diferenciarse de sus competidores y a ganar una mejor posición en el mercado (Porter, 1990). El capital humano y los ecosistemas de innovación se han convertido en la plataforma de transformación de las empresas para lograr el éxito y ganar el posicionamiento mencionado (Skroupa, 2017).

Entre las primeras definiciones de innovación se encuentra lo descrito por Schumpeter (1934), que propuso un concepto de innovación basado en el empresario como responsable de las actividades de desarrollo económico, enfocado dentro del marco del capitalismo. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, u OECD, por sus siglas en inglés), a través del *Manual de Oslo*, ha definido la innovación como “Las mejoras de un producto, proceso, *marketing* o una organización, a través de la generación e implementación de cambios significativos y/o radicales (OECD, 2005).

Para generar desarrollos de innovación se necesita de conocimiento especializado, capacidad de producción, además de la capacidad de trabajo en conjunto logrado a través del relacionamiento y las interacciones entre las personas (Equist, Johnson y Lundvall, 2003). En el manual mencionado, estos autores (2003) definieron los sistemas de innovación como una plataforma de interacción e intercambio de ideas para generar un conocimiento y aprendizaje continuo entre los diferentes actores que participan.

Los sistemas de innovación están definidos por la relación de la red existente entre los actores tanto públicos como privados, las políticas de desarrollo, el capital de conocimiento y las actividades de investigación e implementación que impulsan, importan, modifican, desarrollan y difunden nuevas tecnologías (Freeman, 1987). Estos sistemas se pueden clasificar en sistemas nacionales, regionales, sectoriales o tecnológicos según la definición de las fronteras de acción de cada uno (Asheim, Smith y Oughton 2011).

Los sistemas nacionales de innovación tienen un enfoque a meso-escala de direccionamiento sobre el futuro del desarrollo económico de un país. En particular, los SRI corresponden no solamente a una caracterización geográfica, sino también a una diferenciación que se da debido a la evolución de las regiones, donde pueden existir brechas culturales y de desarrollo económico que marquen la frontera de una región específica (Iammarino, 2005).

Debido a las diferencias internas dentro de los mismos países –por ejemplo, Alemania y Estados Unidos, que son países federales– y la naturaleza particular de las interacciones regionales, el estudio de los SRI está cobrando importancia para el desarrollo de los países (OECD, 2010). En un SRI debe existir un intercambio de conocimiento y una interacción

entre los actores enfocada hacia el desarrollo de la economía. Esta interacción entre los actores fue objeto de estudio de los análisis de North, así como la definición del concepto de *instituciones* (North, 1991). En su trabajo, este autor (1991) describe la necesidad de mecanismos formales e informales para determinar los términos de interacción entre diferentes actores que participan de los procesos de desarrollo económicos. Autores como Etzkowitz y Leydesdorff (2000) han combinado la teoría de las instituciones con los diferentes actores y han desarrollado un modelo que define la importancia de las relaciones Estado-academia-empresa en el ámbito de la innovación. Este modelo se conoce como la *triple hélice* (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000); otros autores lo han tomado como base en sus estudios para analizar las interacciones en los sistemas de innovación (Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012). Este concepto ha evolucionado, y ahora se considera que la sociedad también es un actor importante en el desarrollo científico y económico de los países, aumentando el modelo de las tres hélices a una cuádruple hélice de innovación (Campbell y Carayannis, 2009).

Además de analizar la forma en que se relacionan los diferentes actores dentro de un SRI, también se deben tener en cuenta características propias del sistema como su evolución y dinámica (Iammarino, 2005). Aunque se ha encontrado que no existen modelos de innovación globales, que le sirven a todos los países, culturas o poblaciones (Asheim, 2007), se pueden trabajar algunas bases importantes para reconocer las características que definen el éxito o fracaso de un sistema de innovación. Existen pocos autores que hablen sobre la evaluación de SRI, y hasta ahora se tienen muchos conceptos teóricos, pero poca aplicación práctica (Equist, 2005). Para poder diferenciar los factores de éxito y comparar con las debilidades entre los diferentes SRI es importante estudiar ejemplos tanto de sistemas exitosos como no exitosos (Feldman, 2001); y en la actualidad, los análisis de los casos se han basado en regiones exitosas en cuanto a su desarrollo económico, por ejemplo, los estudios realizados en Alemania (Leydesdorff y Fritsch, 2006). Dado que no se tienen suficientes estudios concluyentes para comprar los SRI y definir los factores importantes para lograr el éxito, la OECD está realizando un trabajo concreto para reforzar el estudio en SRI (Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012). Para poder realizar un análisis profundo de los diferentes sistemas de innovación se deben tener medidas, estadísticas, datos e indicadores, que usualmente son mucho más difíciles de encontrar a nivel regional que a nivel nacional (Braczyk, Cooke y Heidenreich, 1998). Como Braczyk, Cooke y Heidenreich (1998) lo expresaron en sus resultados, en la mayoría de los casos no existe suficiente información para poder medir y cuantificar el éxito de los sistemas de innovación. La falta de información para analizar los SRI bajo el marco económico neo-institucional se transforma en incertidumbre a la hora de la definición de políticas que impulsen la innovación como motor del desarrollo económico (OECD, 2007).

Algunas investigaciones se han realizado evaluando y calificando los diferentes SRI reconocidos (Iammarino, 2005), pero es claro que es bastante complicado generalizar un solo modelo de evaluación de estos sistemas (Asheim & Coenen, 2005). Hay una necesidad latente de aplicar la teoría conocida sobre los SRI existentes, y de este modo poder llevar a

la práctica el conocimiento y avanzar en las metodologías de análisis de estos sistemas. A través de un caso instrumental, se pretende entender la dinámica de un SRI y, de ser posible, abstraer los nuevos conceptos para poder medir y observar estas nuevas variables en un futuro y aplicar el conocimiento a otros SRI. La ausencia de estudios prácticos concluyentes, las grandes diferencias entre los SRI y la necesidad de obtener mayor información se convierten en un reto para el análisis de estos sistemas como motores de la economía. Para profundizar en el estudio de los SRI, el investigador se plantea las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede garantizar este intercambio de conocimiento bajo un marco institucional eficiente? ¿Qué características debe tener un buen sistema de innovación? ¿Cómo se le puede hacer seguimiento a la efectividad de un sistema de innovación? A través de estas preguntas se espera aumentar el conocimiento sobre la relevancia del marco institucional para la interacción entre los actores de la cuádruple hélice en los SRI.

## 1.2 Justificación de la investigación

El desarrollo del conocimiento científico, la tecnología y la investigación tanto básica como aplicada, en combinación con el emprendimiento y la innovación enfocada al mercado, son herramientas para lograr la competitividad de las naciones y las empresas (OECD, 2007). Los estudios de la OECD sobre innovación inclusiva (Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012) muestran cómo algunos países en desarrollo –por ejemplo, Brasil, Tailandia, India y China– se han convertido en generadores de productos y servicios con valor agregado a través de la inversión en I + D. La gestión de los sistemas de innovación representa una gran inversión para todos los actores de la industria, la academia y el Estado, que se encuentran involucrados en esta labor (OECD, 2011), pero, a su vez, estos sistemas se pueden ver como una apuesta a la sostenibilidad de la economía de un país, basada en productos o servicios que todavía no existen o en mejoras a productos existentes (Porter, 1990). El desarrollo de la economía de un país y la prosperidad dependen en gran medida de las decisiones que se tomen en cuanto a la I + D en innovación de nuevos productos o servicios, *marketing*, procesos o innovación organizacional (OECD, 2005).

Realizar procesos de investigación, aplicación e innovación responsables, de modo que se encuentren bajo el marco de la ética aceptada y la sostenibilidad mundial, es importante para el desarrollo sostenible de la humanidad (Von Shomberg, 2013). Dados los retos que tiene cada país, la innovación debe enfocar sus esfuerzos en calidad y productividad, bajo un marco responsable desde el punto de vista social. En Colombia se ha definido la innovación como eje fundamental del crecimiento económico y desarrollo del país, según el informe presentado por el MinTIC (2014). Los diferentes actores gubernamentales, como los ministerios, gobernaciones y alcaldías, entre otras entidades públicas, están enfocados en viabilizar la innovación para el desarrollo de la economía del país (MinTIC, 2014).

Según el boletín 2 de 2014 de la OECD en Colombia, los esfuerzos de innovación se deben enfocar en la realización local de la innovación y en la integración de las empresas y

la academia, conformando un capital humano calificado (MinTIC, 2014). La globalización necesita de la acción local para lograr identificar fuentes endógenas de crecimiento, retener y atraer talento e inversión y aumentar la capacidad de vincularse con redes internacionales (OECD, 2014). Según informes de la revista Portafolio (2016), el sistema colombiano de innovación se encuentra atrasado en su implementación en comparación con otros países de la región como Chile, Panamá, Brasil Costa Rica y México. Además, es importante resaltar la falta de la conexión Estado, academia, empresas y sociedad bajo el marco institucional formal, debido a que el índice de emprendimiento informal llega al 50% en el país (Portafolio, 2016).

Estos datos evidencian la importancia de la integración e interacción bajo el marco institucional de los actores de la cuádruple hélice (Estado, academia, industria y sociedad) en el SRI del valle del Aburrá – Medellín, incluyendo el área metropolitana. La implementación de un sistema de innovación estructurado donde todos los actores participen de bajo un marco institucional en el intercambio de conocimiento fomenta la educación formal, la capacitación y el intercambio de ideas necesarios para desarrollar productos innovadores que ayuden al crecimiento económico (Iammarino, 2005). Aunque es difícil definir de forma directa los beneficios de implementar un sistema de innovación, se han encontrado estudios que indican cómo algunas regiones específicas han evolucionado y se han desarrollado económicamente debido a la implementación de un sistema de innovación organizado (Belussi, Sammarra y Sedita, 2010), creando cultura de sostenibilidad y responsabilidad social (Nykamp, 2016).

En particular en la región del valle del Aburrá (departamento de Antioquia, Colombia), la estructura institucional que se ha generado en torno a la innovación ha sido un pilar fundamental para lograr impulsar el SRI (Ruta N, 2016). Según el informe de la empresa Ruta N (2016), el 57 % de las empresas del área metropolitana generaron al menos una innovación durante 2016 y aumentaron en 26 % sus ventas gracias a estas innovaciones. Además, se estableció que este mismo período el 30 % de los nuevos empleos generados en el área metropolitana se generaron por efectos de esas innovaciones (2016). El caso instrumental de este trabajo en particular es el SRI del valle del Aburrá en Medellín – Colombia.

Para desarrollar un buen sistema de innovación, la sociedad debe enfocarse en cinco frentes fundamentales: 1) un buen sistema académico donde se formen personas con capacidades técnicas y humanas de altos estándares, y la generación de conocimiento especializado, a través de la investigación y el desarrollo tecnológico (Asheim, 2007); 2) un desarrollo en la industria, que debe asumir un rol propositivo y proactivo para la generación de productos enfocados al cliente a través de alianzas estratégicas con los generadores de conocimiento (Ruta N, 2016); 3) un reconocimiento de la importancia de las políticas gubernamentales que apoyen los procesos de innovación, de tal forma que no se conviertan en un proceso opositor a la generación de conocimiento y de desarrollo económico; 4) un aporte al conocimiento científico por parte de la sociedad, a través de las plataformas compartidas de desarrollo, que han cobrado un papel importante para los sistemas de innovación y se han convertido en un cuarto actor que se debe tener en cuenta cuando se

estudian estos sistemas; y 5) el quinto frente, que se enfoca en lograr que los cuatro actores de la cuádruple hélice de innovación coordinen sus actividades hacia un mismo fin, y en el que debe coexistir una relación de comunicación y flujo de conocimiento basada en la confianza que otorga el marco institucional (North, 1989).

Los actores del SRI deben crear una red de intercambio de conocimiento basada en la interacción constante y el desarrollo compartido (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). La relación entre la academia y las empresas es fundamental para el desarrollo del conocimiento, pero debe estar apoyada por el Estado, y tener apertura a la sociedad para que todos los actores puedan aportar y aplicar el conocimiento generado a productos o servicios específicos (Garzik y Ranga, 2015).

Dentro del análisis de los SRI bajo el marco teórico de la cuádruple hélice se explica el rol de cada uno de los actores y su importancia para el desarrollo del sistema de innovación (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016). Según los hallazgos de estos autores (2016), el aporte de los cuatro actores de la cuádruple hélice y su conocimiento sobre el SRI sirve como apoyo para los generadores de políticas, de forma que se puedan definir estrategias de crecimiento y caminos de desarrollo económico. La clave en la generación de políticas es mantener el balance entre los incentivos en forma de impuestos, apoyo en investigación, infraestructura y premios, entre otros, para lograr que las empresas transformen los recursos en innovación (OECD, 2007).

Entender la forma en que se dan las relaciones entre las universidades, institutos de investigación, empresas y organizaciones sociales es clave para que los encargados de generar políticas se enfoquen en incentivar la actividad de innovación y, de esta forma, se logre el desarrollo de la ventaja competitiva de innovación (OECD, 1997). Como lo menciona el informe de la OECD (2007), los generadores de las políticas deben mantener una constante evolución para adaptarse a los cambios propuestos por los sistemas de innovación y poder impulsar el desarrollo de la economía de la innovación y el conocimiento.

La multiplicidad de actores en un sistema de innovación implica una interacción compleja y una dinámica del sistema, que debe ser objeto de seguimiento por parte de todos los interesados (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). Para los inversionistas que hacen parte de un sistema de innovación es importante conocer su estado, comprender si las decisiones que se han tomado han sido adecuadas, y si en realidad se está causando un efecto positivo entre los actores (Ruta N, 2016). Por tal motivo es importante poder generar y aplicar metodologías de análisis a los sistemas de innovación y lograr calificar la efectividad del sistema en cuanto a la calidad de los resultados y la generación de lazos y vínculos productivos entre los diferentes actores (González, 2006). Las evaluaciones pueden ser tanto cuantitativas como cualitativas; lo realmente importante es poder conocer si el sistema de innovación analizado tiene en general un efecto positivo o representa un valor agregado para la sociedad y la región (Iammarino, 2005). Conocer el comportamiento de un SRI y poder describir sus fortalezas y debilidades aporta criterios de apoyo a los generadores de políticas para direccionar los recursos que se invierten en el sistema. A través de estos diversos análisis de los sistemas de

innovación, los generadores de políticas tienen la capacidad de definir con mayor claridad los lineamientos en el desarrollo y el mejoramiento del sistema de innovación.

A través de un caso instrumental se realizará un análisis de la percepción de los actores de la cuádruple hélice sobre el rol de las instituciones en un sistema de innovación, reconociendo las instituciones formales e informales más pertinentes para el desarrollo del sistema, las más efectivas y las que causan mayores inconvenientes en la práctica. De esta forma se puede llegar a conclusiones del direccionamiento que debe tener un SRI en particular, enfocado en aprovechar al máximo la interacción, la interrelación y la gestión del conocimiento entre todos los actores de la cuádruple hélice.

### 1.3 Estado del arte

La economía de los países es dinámica y se mueve constantemente entre ciclos económicos de recesión y progreso (Schumpeter, 1934). De hecho, según las afirmaciones de este autor, existe un desarrollo constante que no proviene de circunstancias externas, sino de decisiones y deseos internos de las organizaciones. Las intenciones expresadas en las organizaciones, sean públicas o no, corresponden a la estrategia definida para lograr unos objetivos alineados con un análisis de la situación actual y el entorno, que están definidos por las capacidades propias, los competidores, los compradores, los nuevos entrantes al mercado y los proveedores (Porter, 1980). Complementando los aportes de Schumpeter, Porter afirma que la capacidad competitiva de una nación proviene de las capacidades que tengan las organizaciones de mejorar e innovar bajo las condiciones que se presentan desde el exterior (1990).

En algunos círculos de la sociedad se percibe la innovación como un proceso mágico, que solo está a disposición de algunos eruditos; pero en realidad, esta debe entenderse como el resultado de un proceso sistémico, con un propósito claramente definido y unas metodologías enfocadas hacia ese fin (Ortega Álvarez, 2017). La innovación se puede entender como un proceso interno de las organizaciones enfocado a mantener una ventaja competitiva como la mencionada por Porter (1990). El *Manual de Oslo* (OECD, 2005) y Frascati (OECD, 2002), proponen cuatro tipos de innovación: producto, proceso, organizacional y *marketing*.

La mejora a través de la innovación consiste en la implementación práctica del conocimiento, las ideas o los descubrimientos, que se fundamenta no solo en la capacidad investigativa, sino en la capacidad de emprendimiento de la nación, las organizaciones y las personas (Schumpeter, 1934). Según Nilakanta y Subramanian (1996), existen diferentes razones por las cuales las organizaciones inician procesos de investigación, desarrollo e innovación (I + D + i):

- Supervivencia: la adopción de la innovación en una organización corresponde a la respuesta a un entorno cambiante, que es incontrolable desde la organización (Schumpeter, 1934).

- Estrategia: el foco estratégico en innovación es definido por los directivos de la empresa, que determinan a su vez el camino a través del cual se deben emprender los desarrollos internos (Porter, 1980).
- Lema de innovación: la innovación ingresa a la organización como un deseo y un fin en sí mismo, modificando la cultura y el comportamiento de la empresa (Dos Santos y Peffers, 1995).
- Características: existen organizaciones que simplemente tienen características investigativas y de desarrollo que las han definido como innovadoras durante su historia, y que en la actualidad continúan aplicando procesos de innovación con la “inercia” adquirida durante su historia (Damanpour, 1987).

Pueden existir diferentes formas de adopción de la innovación en las organizaciones, pero aquellas que son realmente innovadoras logran mantener una dinámica de desarrollo, investigación, conocimiento e implementación que trasciende el tiempo (Nilakanta y Subramanian, 1996). Durante la década de 1980 se realizaron distintos estudios sobre los factores que impulsaban la innovación dentro de las organizaciones. Según Kim (1980), aquellos más relevantes encontrados para mantener una organización innovadora son los siguientes:

- Tamaño: la cantidad de empleados e ingresos de la empresa; las empresas de menor tamaño y las empresas de gran tamaño tienen mejor desarrollo de la innovación, por encima de las empresas medianas.
- Grado de centralización: la toma de decisiones centralizada por parte de un nivel jerárquico común. Un alto grado de centralización facilita un tipo de innovación incremental a nivel administrativo, mientras que un bajo grado de centralización facilita la innovación técnica y experimental.
- Grado de formalización: la formalización de los cargos y descripción de las actividades dentro de la empresa. De la misma forma que en la centralización, se encontró que un alto grado de formalización aporta a la innovación administrativa, mientras que un bajo grado aporta más a la innovación técnica.
- Especialización: las capacidades técnicas específicas de los empleados de la empresa, que no necesariamente tienen que obtenerse a través de estudios formales, aunque sí es claro que la especialización es un factor diferenciador para lograr la innovación.
- Recursos excedentes: la capacidad de tener personal excedente para asumir actividades de innovación. Sobre todo en empresas grandes se encontró que esta capacidad excedente de personal calificado es la que viabiliza la generación y posterior ejecución de nuevas ideas (Kim, 1980).

Por otra parte, en el estudio de Zimud (1982), las estadísticas confirmaron que el tamaño, el grado de centralización, el grado de formalización, la especialización de los empleados y los recursos excedentes son los factores más representativos para lograr procesos de innovación

en las organizaciones. En otros estudios enfocados en la especialización de los empleados (Kimberly y Evankinsko, 1981) y en la capacidad laboral excedente (Kim, 1980), se encontró que ambos sí fueron factores impulsores de la innovación en las organizaciones estudiadas. Se han realizado desde entonces numerosos estudios en lo que unos intentaron comprobar la importancia de los factores anteriormente mencionados (Kimberly y Evankinsko, 1981), mientras que otros intentaron demostrar que estos factores no son importantes (Nilakanta y Subramanian, 1996). Por ejemplo, en el estudio de estos dos autores (1996) se encontró que el factor de la centralización en las decisiones puede llegar a ser contraproducente para la innovación en las organizaciones.

Según lo analizado sobre la importancia del tamaño, el grado de centralización, la formalización, la capacidad excedente y la especialización en una organización, para que se presente un alto grado de innovación, y según Armour (1978), se encontró que en las empresas analizadas, las más innovadoras hubieran tenido un mejor rendimiento que las empresas menos innovadoras. Sin embargo, existen estudios en los que se ha observado que el rendimiento de las organizaciones no está directamente ligado con las capacidades organizacionales alrededor de la innovación (Damanpour y Evan, 1990). Por ejemplo, Antonelli (1993) encontró que las organizaciones que adoptan la tecnología en el momento que esta ya se encuentra madura (*late adopters*) tienen un mejor rendimiento que las organizaciones que la implementan en un primer momento (*early adopters*), y concluye que no existe una relación entre las capacidades organizacionales de innovación dentro de una organización y su éxito (Antonelli, 1993).

En un mundo competitivo se evidencia que el éxito no depende solamente de la innovación interna de cada una de las organizaciones, sino también de la capacidad que tengan las empresas de lograr un relacionamiento fuerte con otros actores del entorno, basado en la transferencia de conocimiento, para lograr de esta manera un impulso en conjunto al desarrollo económico de las empresas y la región (Coenen y Díaz-López, 2010). La cultura, la historia, la evolución y el desarrollo institucional de cada país definen un ambiente de constante de competencia entre las organizaciones que les permite un desarrollo dinámico, constante y competitivo (Porter, 1990). Diferentes autores en la década de los noventa concluyeron que existen varios factores externos a la empresa asociados al éxito de la innovación, incluyendo las alianzas estratégicas, la colaboración empresarial, la cultura de conocimiento y la globalización (Asheim, 1996). Los factores mencionados por este autor (1996) son evidencia de la necesidad de crear y gestionar sistemas integrados donde los diferentes actores tengan la libertad y la capacidad de interactuar con el apoyo estatal adecuado para facilitar los procesos de innovación (Camagni, 1995).

Los diferentes actores asociados a la innovación necesitan de espacios para desarrollar sus prácticas de intercambio, bajo una plataforma aceptada por todos, y en donde cada actor se sienta seguro y en confianza de interactuar. El objetivo principal de la economía neo-institucional (North, 1989) es proporcionar un marco de confianza mutua para el intercambio de conocimiento, bienes, servicios e información, evitando el fraude y disminuyendo al máximo los costos entre los diferentes actores involucrados, logrando una plataforma

transaccional eficiente. Según los análisis de North (1991), las instituciones se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Instituciones informales: se caracterizan por haber dominado la historia en un principio, sobre todo antes de que las sociedades empezaran a organizarse. Algunas de estas son las sanciones sociales, los tabúes, las tradiciones, las costumbres o los códigos de conducta.
- Instituciones formales: a medida que la sociedad fue evolucionando y se vio en la obligación de empezar a interactuar con otras culturas, se reconoció la necesidad de instituciones formales como las constituciones, las leyes, los derechos de propiedad, etc. (North, 1991).

Para lograr reducir los costos y aumentar las eficiencias en los procesos de intercambio en un mundo competitivo y globalizado, es necesario incluir un marco reconocido por todas las partes de una negociación, en el que se defina la forma en la cual se presenta el intercambio, debido a que cada individuo o empresa busca maximizar sus ingresos (North, 1991). En un intercambio repetitivo, las reglas son siempre las mismas, y se tiene suficiente información tanto de todos los actores como de las condiciones del intercambio en sí, mientras que en un intercambio nuevo puede implicar otras condiciones diferentes, en las que, por ejemplo, no hay conocimiento de todos los actores o tampoco hay conocimiento de las situaciones de los países involucrados (Williamson, 1985). Según los hallazgos de este autor (1985), la “fricción del intercambio” se convierte en un costo no despreciable para las organizaciones, y de esta forma se deben crear instituciones para “regular” el intercambio y el flujo de información entre los actores. Maximizar la eficiencia para que este intercambio sea posible es el objetivo principal de las instituciones, ya que no se puede asumir que los costos transaccionales son insignificantes (Coase, 1960).

Para poder tener éxito en los procesos de innovación y desarrollo de tecnología se necesita simplificar una interacción que puede llegar a ser compleja, por ejemplo, a través de un buen flujo de información, un conocimiento aplicado y un relacionamiento fuerte entre las personas y las organizaciones, bajo un marco de integración institucional (Grubb, McDowall y Drummond 2017). Entender las relaciones entre universidades, institutos de investigación, organizaciones y empresas es clave para que los generadores de políticas se enfoquen en incentivar la actividad de innovación, y que a través de ella se logre un desarrollo de la actividad económica (OECD, 1997). La transferencia de conocimiento ayuda a generar sinergias en el proceso de colaboración que se requiere para lograr la innovación, donde esta transferencia entre el sector público y el privado, así como entre la academia y la empresa se puede dar en forma de trabajos o proyectos realizados en conjunto o a través de la movilidad de personal entre las organizaciones (Iammarino, 2005). Un buen intercambio entre múltiples actores se logra a través de la definición de derechos de propiedad, leyes y contratos, entre otros, instituciones formales e informales que son necesarias para generar confianza entre actores que no se conocen, gracias a que eliminan las barreras del intercambio y, finalmente,

promueven una interacción simplificada de lo que en otros escenarios podría ser compleja (North, 1989).

Eliminar las diferentes barreras entre las organizaciones para apoyar el desarrollo económico de los países es un proceso continuo, y la introducción de nuevas tecnologías es impulsada por el apoyo de todos los participantes en el sistema de innovación de la nación (Bergek y Jacobsson, 2003). Estos autores encontraron que si no se tiene en cuenta a todos los actores involucrados en la introducción de nuevas tecnologías de innovación se pueden presentar barreras importantes y dificultades. Un ejemplo que muestra el proceso de adopción de una nueva tecnología se encuentra en el análisis de la introducción de la construcción sostenible en Noruega (Nykamp, 2016).

La Figura 1 muestra un resumen de lo ocurrido cuando un proceso de innovación en nicho desafía el régimen y logra la transformación a través del acompañamiento institucional necesario.

Figura 1. Desarrollo de la innovación desde los nichos hasta la transformación de un régimen



Fuente: elaboración del autor a partir de Nykamp (2016).

La innovación en nichos cuenta con espacios o ecosistemas que tienen un marco propio, protegido de la industria (Kemp, 1998). Bajo este marco protegido, los participantes del proceso de desarrollo pueden experimentar y realizar nuevas combinaciones aplicando conocimiento actual y nuevo, así como recursos y equipos para lograr la innovación (Schumpeter, 1934). Según Nykamp (2006), durante este tiempo se construyeron ideas y conceptos de construcciones sostenibles que no necesariamente compartían los mismos motivos que la industria de la construcción en ese entonces (Berry, 2013). A través de los nichos se despertó el interés de algunos investigadores de la Universidad de Ciencias en Noruega, que encontraron cómo conseguir fondos para investigar sobre los métodos de las construcciones de bajo consumo de energía (*low energy houses*).

Gracias al apoyo universitario se desarrollaron nuevas propuestas, la mayoría demostrativas, pero que ya en alianzas entre empresa, Estado y universidad, lograron exponer algunas de las potencialidades de la construcción sostenible y argumentar las necesidades de transformación del régimen existente hasta el momento. Este paso es bastante importante, debido a que un régimen se puede entender como un marco que contiene unos acuerdos

institucionales definidos durante la historia, conformando una estructura que se protege en sí misma para mantener la estabilidad e impedir el cambio (Unruh, 2000).

Estas demostraciones lograron cambiar la mentalidad no solamente del sector de la construcción, en el que se entendió que los conceptos de construcción sostenible eran algo que tenía el potencial de transformar la industria, sino también en la sociedad noruega. Apoyado por un cambio en la mentalidad de la sociedad, en 2005 se eligió un partido enfocado al crecimiento sostenible (Red-Green Alliance) en las elecciones parlamentarias, y en 2007 se le dio un gran apoyo a la alianza ya formada entre las universidades, los centros de investigación y la industria. Fue entonces cuando el Gobierno definió una nueva reglamentación de la construcción y apoyó la construcción de un centro de investigación enfocado únicamente en las construcciones de cero emisiones.

A través de los desarrollos tecnológicos como la generación solar fotovoltaica y la generación eólica a pequeña escala se generan efectos de reconocimiento del potencial de la construcción sostenible en la sociedad, la industria, el Estado y la academia, logrando formalizar alianzas bajo el marco institucional, que terminan de dar fuerza a la adopción de la innovación. Estas organizaciones como la Green Building Alliance o el Norwegian Green Building Council trascienden el marco nacional, para construir la institucionalidad internacional que luego definiría políticas más amplias sobre la construcción sostenible.

En el ejemplo de Noruega explicado por Nykamp (2016), la innovación empieza a desarrollarse en nichos, sin que el régimen se vea afectado. De forma consecuente sigue un proceso de interacción entre los nichos y los regímenes, generando un camino de cambio definido por la transformación, la reconfiguración, la sustitución y la des- o realineación (Geels y Kemp, 2007). Para poder crear este estado de transición se generan alianzas estratégicas entre actores del régimen y actores de los nichos logrando una transferencia del conocimiento y los productos de la innovación (Smith, 2007). En estos estados de transición, el foco se centra en la transferencia de conocimiento bajo un marco institucional definido dentro de un sistema de innovación.

Lo importante de este ejemplo es ver cómo al final del período de transformación se consolidan nuevas organizaciones o se modifican las existentes, las cuales actúan bajo un nuevo marco institucional, con el objetivo de mejorar la eficiencia en las interacciones. Las organizaciones consisten en grupos de individuos que se unen por un objetivo común, logrando un aprendizaje colectivo en las metas definidas bajo el marco institucional (Powell y DiMaggio, 1991). El ejemplo de la introducción de la construcción sostenible en Noruega muestra que no es suficiente para un proceso de innovación que la idea sea muy buena. El cambio por parte de los diferentes actores como la sociedad, el Estado, la academia y las empresas es fundamental para impulsar el cambio, y debe estar acompañado de una redefinición del marco institucional, tal como lo presenta North en su trabajo (1989).

La provisión de incentivos al desarrollo económico social y de la innovación debe enmarcarse en la definición de instituciones o de “reglas de juego” para poder ocasionar un mejoramiento en la sociedad (Mantzavinos, North y Shariq, 2004). En el ejemplo de la construcción sostenible en Noruega se puede observar que los incentivos, la regulación y, en

general, unas políticas que apoyen el desarrollo de la innovación, son claves para el despliegue de la tecnología y la adopción rápida de esta. La sociedad y el Estado, a través de la generación de políticas asociadas a incentivar los procesos de innovación, son un motor del desarrollo económico de las naciones (Nykamp, 2016). La implementación de políticas adecuadas fortalece la actividad de la innovación y mejora el desarrollo de la productividad económica del país, lo que está asociado a la disminución de las barreras que proponen los regímenes, y aplicando una regulación que incentive los nuevos desarrollos (OECD, 2007).

De los autores y resultados mencionados se puede comprender que el estudio de la innovación, desde una perspectiva sistémica, se debe enfocar en la capacidad de tener un buen flujo de información dentro del sistema. Ejemplos sobre el desarrollo de la innovación como un proyecto sistémico se encuentran en Japón, donde se describe el sistema de innovación como la red de organizaciones tanto públicas como privadas, cuyas interacciones se traducen en un proceso de innovación (Freeman, 1987). Otros estudios que apoyan la hipótesis de que la colaboración es uno de los factores más determinantes en el éxito de un sistema de se presentan en los informes de la OECD (Hekkert, 2011; Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012). A través de la colaboración en conjunto entre los diferentes actores –el Estado, la industria y la academia– se conforma un sistema de innovación basado en la investigación, el desarrollo y la aplicación.

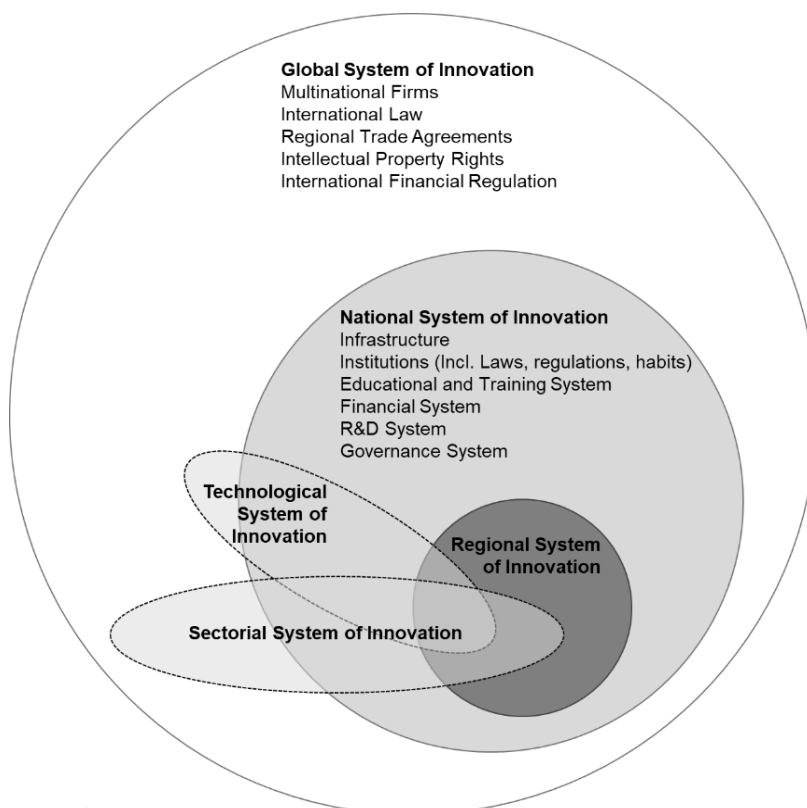
Dentro de la clasificación de los diferentes tipos de sistemas de innovación en la literatura se encuentran los sistemas nacionales de innovación (NIS) (OECD, 1997), los SRI (SRI) (OECD, 2010), los sistemas sectoriales de innovación (SIS) (Malerba, 2002) y los sistemas tecnológicos de innovación (Hekkert, 2011; Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012). Cada sistema de innovación está definido por unas características específicas y unas fronteras según su campo de acción, tema, geografía y/o cultura:

- Sistema nacional de innovación (NIS): incluye diferentes actores como empresas, organizaciones de investigación y desarrollo, y universidades bajo el marco institucional y las políticas de gobierno de un país (OECD, 1997).
- Sistema regional de innovación (SRI): tiene en cuenta diferentes actores como empresas, organizaciones de investigación y desarrollo, y universidades bajo un contexto geográfico que funciona en un marco institucional adaptado y especializado para la región, pero que debe estar engranado con las políticas y leyes del sistema nacional de innovación (Asheim y Gertler, 2005).
- Sistema sectorial de innovación (SIS): mientras el acercamiento de los dos sistemas mencionados se basa en una división de fronteras por el espacio geográfico, en el caso de los sistemas por sectores pueden existir participantes de múltiples regiones o de múltiples países. El objetivo de este sistema es lograr el intercambio de conocimiento alrededor de un sector productivo de la industria (Malerba, 2002).
- Sistemas tecnológicos de innovación (TIS): poseen similitudes con los sectoriales, pero se estructuran con un enfoque más dirigido hacia una tecnología en particular. Estos sistemas nacen alrededor de una tecnología, y la particularidad en este caso es

que una misma tecnología le puede ofrecer servicios a diferentes sectores, países o regiones (Carlsson y Stankiewicz, 1991).

Los sistemas de innovación no se deben concebir como estructuras rígidas que no pueden evolucionar, cambiar, mezclarse o interactuar entre ellas. En realidad, uno de los mayores potenciales de cada sistema es poder relacionarse e intercambiar con otros sistemas con los cuales se tengan objetivos comunes. De esta forma, en la literatura se expresan las fronteras y las relaciones entre los diferentes sistemas, como se muestra en la Figura 2 (Asheim, Smith, y Oughton, 2011).

Figura 2. Relación entre los sistemas de innovación global, nacional, regional, sectorial, y tecnológico



Fuente: Asheim, Oughton y Smith (2011).

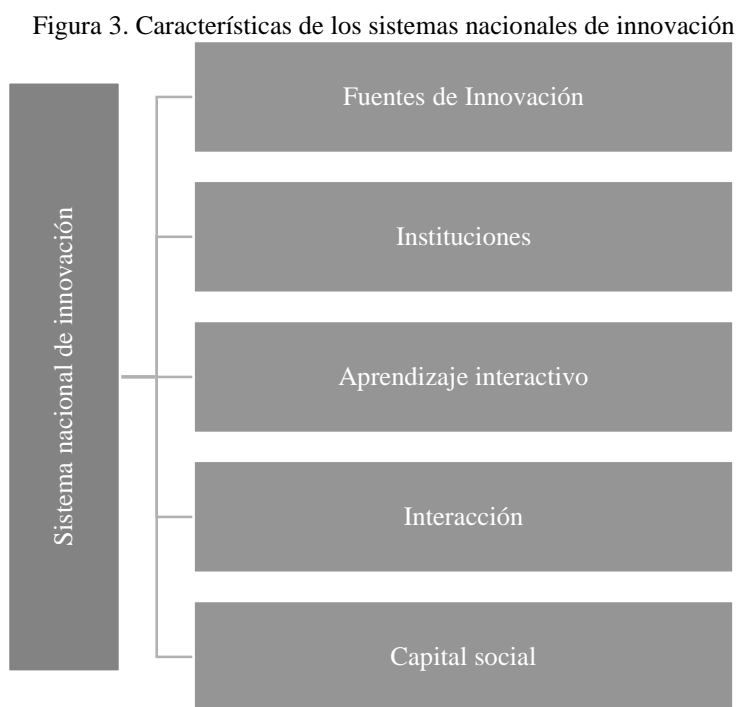
Los sistemas nacionales de innovación se enfocan en los elementos y las relaciones de interacción en los sistemas de producción y la difusión de conocimiento nuevo y útil desde el punto de vista económico dentro de las fronteras de una misma nación (Lundvall, 1992). Crear una red de conocimiento e intercambio entre las entidades públicas y el sector privado logra el inicio de la interacción, importación, modificación y difusión de nuevas tecnologías (Freeman, 1987). La importancia de definir un sistema general de innovación a nivel nacional se fundamenta teniendo en cuenta que las instituciones nacionales son en algunos casos las encargadas de definir las metas y objetivos en cuanto al desarrollo económico del país,

identificando y direccionando la investigación a través de las políticas afines a los objetivos nacionales (Patel y Pavitt, 1994).

El estudio de los sistemas nacionales de innovación se basa en reconocer la capacidad de un país de generar “flujo de conocimiento” (OECD, 1997) que, al final, es el factor decisivo para lograr el desarrollo económico. Al aplicar los conceptos de flujo de conocimiento, los países desarrollan una economía basada en aprendizaje, en la cual se reconoce el capital humano como motor de la interacción necesaria en la difusión de la información (OECD, 1996). De esta forma, las organizaciones actuales y los sistemas económicos deben migrar –si no lo están ya– a economías basadas en conocimiento, para poder desarrollar las aptitudes necesarias en el proceso de innovación (Lundvall y Johnson, 1994).

Según Freeman (1987), la innovación puede suceder en cualquiera de las fases y se debe asumir por todos los actores en conjunto, con el fin de rediseñar los procesos acordes a los desarrollos encontrados. La retroalimentación y los enlaces con otros procesos se logra con la interacción entre los diferentes actores, bajo el marco institucional establecido (Fagerber, Mowery y Verspagen, 2009). Por esto, a través de los modelos nacionales de innovación se quiere cambiar un poco la percepción de que la innovación es un proceso lineal que viene desde las organizaciones de I + D, y se entrega a los usuarios finales a través de la industria (Freeman, 1987).

Según los estudios realizados por Soete, Verspagen y Ter Weel (2010), las características mencionadas anteriormente toman forma en los sistemas nacionales de innovación de la forma que se describe en la Figura 3.



Fuente: Kaplan, Schrempp y Schroeder (2012).

### *Fuentes de innovación*

Aunque para algunos investigadores este tema solo se refiere a organizaciones de I + D o de I + D + i (Kaplan, Schrepf y Schroeder, 2012), también se pueden tener diferentes fuentes de innovación como las relaciones con los consumidores (Lundvall, 1992) o, finalmente, existen otras fuentes muy calificadas como las personas que participan en la cadena de producción o distribución del producto (Godin, 2006).

### *Instituciones*

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, las instituciones forman el marco dentro del cual los diferentes actores del sistema interactúan entre ellos. La importancia de las instituciones radica en las formas de relacionamiento e interacción entre los actores para que exista un apoyo a los desarrollos y los productos innovadores, de tal forma que puedan ser explotados de forma correcta por la sociedad (Singer, 2009).

### *Aprendizaje interactivo*

Con este término se quiere identificar la necesidad de los actores de contar con un equipo de personas calificado que tenga la capacidad de adaptarse al cambio en cualquier momento que se requiera (Arundel, Lorenz, Lundvall y Valeyre, 2007). Como se menciona en el estudio de estos autores (2007), estas características de especialización y adaptación implican un desarrollo de las políticas asociadas a los sistemas de innovación en cuanto a la formación de las capacidades de gestión del talento humano necesarias.

### *Interacción*

Como se ha indicado anteriormente, la interacción es fundamental para la innovación como requisito para poder lograr una transferencia de conocimiento efectiva entre los diferentes actores (Malerba, 2004). Esta interacción es regulada dentro del marco institucional, que debe contener un reglamento claro y conocido por todos los actores para que no se convierta en un proceso burocrático que inhiba la agilidad necesaria en el proceso.

### *Capital social*

El capital social se resume en la capacidad del sistema para que todos los actores se conozcan entre sí y desarrollen una confianza para invertir, prestar y, en general, movilizar dinero e ideas. A su vez, la evolución en cuanto a la confianza generada en el sistema se debe soportar en un sistema institucional fuerte (Soete, Verspagen y Ter Weel, 2010).

El enfoque de los sistemas nacionales de innovación ha sido útil para estudiar los casos de países con homogeneidad cultural y un enfoque semejante a meso escala en cuanto a la I + D como Japón (Freeman, 1987). En otros países como Alemania, las diferencias culturales y tecnológicas entre las regiones marcan de forma considerable el acercamiento a la I + D, y muestran la necesidad de definir diferentes sistemas en la nación (Kaplan, Schrepf y Schroeder, 2012).

Los SRI se caracterizan porque están conformados por empresas, organizaciones, Estado, universidades e institutos de investigación de una sola región para lograr un desarrollo económico más especializado, debido a que en un país normalmente no existen capacidades homogéneas en todas las regiones que se puedan enfocar de forma común (Asheim, 2007). El objetivo principal del SRI es lograr la interacción e intercambio de conocimiento entre los diferentes actores e incentivar, en todas sus dimensiones, la investigación aplicada y las políticas asociadas a la innovación en la región. Se ha encontrado que para lograr éxito en estos sistemas regionales y lograr una especialización se debe tener contacto personal entre los actores para poder generar confianza y trabajo en equipo (Kaplan, Schrempf y Schroeder, 2012).

Los SRI no se deben entender necesariamente como un subsistema de un sistema nacional de innovación, ya que, en realidad, dependen mucho de las características de evolución de cada región dentro de un país (Iammarino, 2005). A diferencia de los sistemas nacionales de innovación, que fueron desarrollados bajo el concepto de ventajas competitivas nacionales impulsado por Porter (1990), los SRI se enfocan en las diferencias, aptitudes y capacidades de cada región, ya que no es común encontrar países homogéneos en su totalidad (Morgan, 2004). La historia de cada región define las características de cada SRI. Los SRI se enfocan en la generación y explotación de nuevo conocimiento asociado a las características y capacidades definidas enmarcadas en la región en cuestión (Schrempf, 2012). En algunos casos también se ha criticado el enfoque regional de innovación, debido a que puede generar una tendencia al regionalismo y a desaprovechar el conocimiento generado en otras regiones, y limita la capacidad de la economía y la productividad de la región y su capacidad de adaptarse a los cambios del mundo (Grabher, 1993).

Se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con los SRI, en las que se muestra una estrecha relación con otros conceptos como los distritos industriales (*industrial districts*) (Becattini, 2006), el desarrollo de los *clusters* (Porter, 1990), los medios de innovación (*innovative milieux*) (Camagni, 1995) y las regiones de aprendizaje (Asheim, 1996). Todos estos conceptos demuestran la importancia de la proximidad geográfica para facilitar el intercambio de ideas, la comunicación y la generación de nuevo conocimiento (Asheim, 2011).

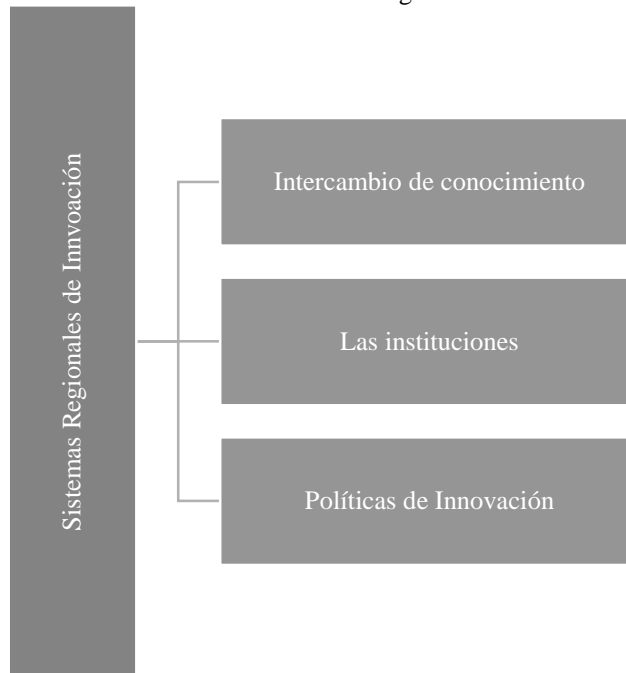
Según el trabajo realizado por Asheim y Gertler (2005), los SRI deben considerar los siguientes elementos para lograr el éxito:

- La transferencia de conocimiento de investigación: el relacionamiento social entre los actores para obtener un intercambio de conocimiento efectivo.
- El marco institucional: la definición clara de la forma de intercambio y la forma de compartir el conocimiento y de desarrollar nuevas ideas y productos.
- El sistema financiero: la capacidad de apoyar proyectos desde el punto de vista de la innovación para el desarrollo económico.
- Educación y entrenamiento: la educación continua y el mantenimiento del conocimiento tanto básico como aplicado, para poder generar más conocimiento.

- Movilidad del capital humano calificado: el intercambio de capital humano calificado para poder tener un conocimiento integral y compartir necesidades y soluciones entre diferentes áreas del conocimiento.
- Políticas públicas de innovación: el apoyo gubernamental para incentivar la innovación (Asheim y Gertler, 2005).

Según Kaplan, Schrepf y Schroeder (2012), existen tres dimensiones de los SRI que son importantes para el desarrollo económico de la región; estos se presentan en la Figura 4.

Figura 4. Dimensiones de los sistemas regionales de innovación (SRI)



Fuente: Kaplan, Schrepf y Schroeder (2012).

#### *Intercambio de conocimiento*

Se entiende que el intercambio debe estar presente en todos los actores, desde empresas pequeñas hasta grandes, clientes, organizaciones académicas y centros de investigación, organizaciones públicas, entre otros. Este intercambio cobra importancia al ser un tácito, lo cual implica una necesidad de proximidad para poder tener espacios de compartimiento “cara a cara” y lograr el aprendizaje y la creación de nuevo conocimiento a través de la interacción (Asheim y Gertler, 2005).

#### *Las instituciones*

El marco institucional se refiere a las leyes, regulaciones, tradiciones y demás comportamientos formales o informales que se necesitan para lograr un intercambio óptimo de ideas, productos, proveedores, etc. (North, 1991). La importancia de la infraestructura

institucional radica en proveer el apoyo necesario para que la innovación pueda tener lugar en la región (Asheim y Gertler, 2005).

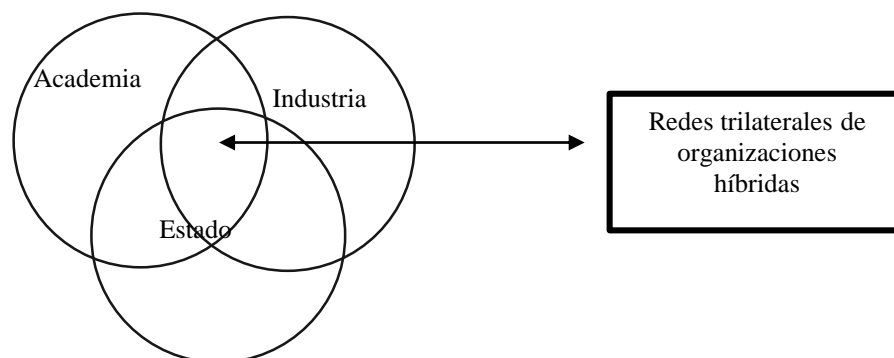
### *Políticas de innovación*

Las políticas regionales de innovación definen los lineamientos del desarrollo económico de la región, pero deben estar ligadas de forma directa con las políticas nacionales de desarrollo (Korres, 2013). Estas políticas deben definir el camino, sin interponerse como un obstáculo para el desarrollo de la innovación y el progreso de la economía de la región (Ruta N, 2016).

Los SRI son el resultado de un proceso social complejo no lineal, estimulado y nutrido por diferentes actores tanto dentro como fuera de las empresas (Equist, 2005). La regionalización y el *clustering*, con énfasis en el crecimiento de la economía y la innovación, no se encuentran en lugares abstractos, sino que tienen raíces locales, gracias a las ventajas que provienen de la proximidad, los enlaces sociales, la interacción con las instituciones locales y la gestión del conocimiento (Cooke, 2001).

A través de la comunicación entre los actores principales del sistema se pueden asegurar el éxito y la efectividad de las actividades innovadoras. La denominada *triple helix*, o triple hélice, describe un sistema basado en la comunicación y las expectativas que reforman el concepto de los arreglos institucionales entre la academia, la industria y las agencias estatales, como se muestra en la Figura 5 (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000). En este modelo existen tres fronteras definidas entre las empresas, el Estado y las universidades, pero que se traslapan entre sí formando espacios de generación de conocimiento donde las iniciativas son impulsadas por el Estado, pero no controladas; donde los centros de investigación y universidades no solamente transfieren el conocimiento a la industria, sino que también aprenden de la industria para reconocer mejor las necesidades; y, asimismo, la industria aprende de las universidades para adquirir el conocimiento y poder fundamentar el desarrollo propio. Por medio de la definición de la triple hélice se puede lograr una adaptación al cambio más efectiva que a través de sistemas lineales tradicionales.

Figura 5. Representación de la triple hélice

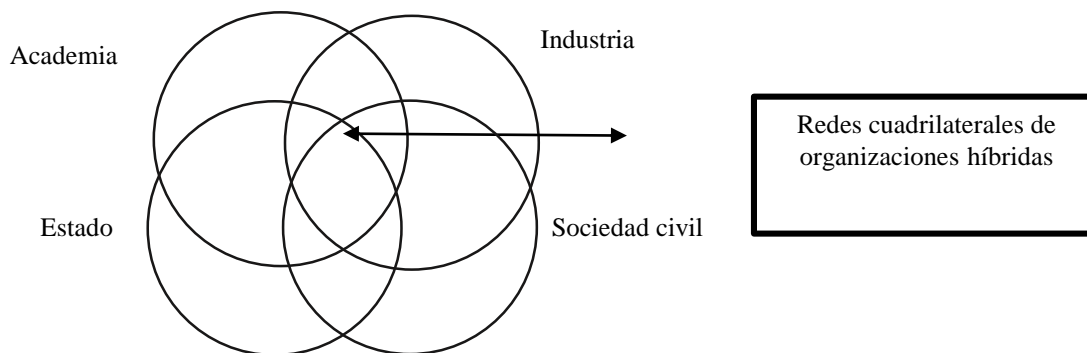


Fuente: Leydesdorff y Fritsch (2006).

Gracias a la tecnología y los sistemas de información, la participación de la sociedad (no científica) en el desarrollo tecnológico ha venido aumentando en los últimos años, por ejemplo, a través de *crowd-sourcing*, *crowd-development* y *open-source-development*, por mencionar algunas formas de participación (Campbell y Carayannis, 2009). Según las conclusiones de estos autores (2009), el modelo de la triple hélice se debe extender para incluir un cuarto actor: la sociedad, debido a que este actor está empezando a participar de forma activa en el desarrollo de la innovación. En este modelo, denominado la *cuádruple hélice*, los lazos de la sociedad con el Estado, la academia y las empresas son cada vez más cortos, gracias a la información que se tiene a disposición, y generan la capacidad en la sociedad de influenciar las decisiones y políticas aportando en el desarrollo y complementando el conocimiento de los tres actores de la triple hélice (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016). Así, la sociedad cada día cobra mayor importancia como actor de los sistemas de innovación

La Figura 6 muestra el diagrama que representa la cuádruple hélice de los sistemas de innovación.

Figura 6. Representación de la cuádruple hélice de los sistemas de innovación



Fuente: Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe (2016).

El objetivo principal de los actores de la cuádruple hélice es lograr una interrelación que aporte beneficios al desarrollo del sistema de innovación generando beneficios para la región o el país donde se encuentran, y logrando una ventaja competitiva y un desarrollo de la economía regional (Porter, 1990). Desarrollar, implementar y gestionar estos sistemas de innovación requiere de un esfuerzo grande y, según este modelo, se necesita la coordinación de diferentes entes como el Estado, la industria, la academia y la sociedad (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016). Se concluye, entonces, que es importante poder establecer métricas de análisis que lleven a entender la efectividad de los sistemas, su comportamiento y el éxito de cada uno de estos (OECD, 2011).

Los SRI vienen en constante evolución, y es importante tener en cuenta toda la historia para poder definir las métricas asociadas a cada sistema (Iammarino, 2005). La relación y la interacción entre los SRI y los sistemas nacionales, transnacionales, sectoriales y tecnológicos también hace parte del análisis que se debe tener en cuenta para calificar los

resultados de un SRI. Cada sistema tiene unas fronteras definidas, que pueden ser por zonas geográficas, soberanía nacional o temas en común, definiendo así la responsabilidad y el marco de aplicación de cada uno de ellos (Cooke, 2001).

Teniendo en cuenta los numerosos factores que conlleva el análisis de un SRI, es claro que existe una dificultad al intentar generalizar una metodología de análisis. Las características a meso escala son diferentes en cada país, y cada sistema se encuentra interrelacionado con ellas (Iammarino, 2005). Los valores tradicionales para medir un sistema pueden ser, por ejemplo, la adición de valor agregado o el crecimiento de las exportaciones: pero, para el caso de un sistema de innovación, también se deben asociar medidas de éxito como la apertura del sistema, la capacidad de adquirir y generar conocimiento, el flujo de conocimiento y la interacción entre los actores (Schwerin y Werker, 2003).

Diferentes autores han tratado de llevar el tema de evaluación del éxito de los SRI a la práctica, debido a que los conceptos parecen ser muy teóricos y poco aplicables (Cooke, 2001). Para poder abarcar estos temas de investigación se deben conocer las fronteras, la coherencia del sistema, su interacción, los ejemplos de éxito y los ejemplos de fracaso, así como el objetivo de desarrollo de cada uno de ellos (Equist, 2005).

Además, se puede afirmar que cada sistema de innovación tiene particularidades en cuanto a su dinámica interna y su objetivo de desarrollo (Iammarino, 2005). El conocimiento diferenciador de cada sistema se puede traducir en tres categorías: ciencia básica, ciencia aplicada y ciencia simbólica o contemplativa (Asheim y Gertler, 2005). De esta forma, no existe una metodología que se ajuste a todos los sistemas de innovación, sino que se deben reconocer las características de cada sistema para poder saber cuál de las metodologías propuestas es la más indicada (Asheim, 2007).

En un sistema regional basado en el conocimiento analítico o ciencia básica deben existir mecanismos para incentivar el trabajo especializado, la investigación académica y una infraestructura alineada para generar excelencia científica. Las políticas deben estar enfocadas en la generación de infraestructura de conocimiento –laboratorios y centros de investigación– y, además, se deben contemplar las alianzas entre las universidades y las empresas, con fines de investigación y desarrollo (Asheim y Coenen, 2005). Para las industrias enmarcadas en un sistema regional basado en conocimiento aplicado, es importante enfocar los esfuerzos en aprendizaje inter-empresarial, y las políticas deben reconocer la especialidad de las empresas para así poder generar incentivos acordes al grado de especialización industrial (2005).

Trabajos reconocidos han estudiado las variables independientes y las variables dependientes que definen un SRI (Belussi, Sammarra y Sedita, 2010). En el estudio realizado por estos autores (2010) sobre la industria en la región italiana de la Emilia-Romaña se buscaba comprender si la producción científica en forma de generación de patentes dependió de las inversiones en I + D y de los recursos externos de búsqueda para la ampliación de conocimiento, bajo unas variables de control que incluyeron el tamaño de la empresa, el tiempo y el sector específico o enfoque de cada empresa. Los resultados de un análisis

estadístico cuantitativo ofrecieron una regresión sobre los datos, con la cual se caracterizaron los factores más importantes; además, se pudo establecer un cuadro de correlación entre todos los actores participantes y sus relaciones de transferencia de conocimiento.

Los sistemas de innovación se deben caracterizar por un alto grado de cooperación entre los diferentes actores, transformando el sistema de conocimiento de las organizaciones aisladas para trascender la organización misma y poder conformar una red de aprendizaje (Powell, Koput y Smith-Doerr, 1996). Lográndose este objetivo, el aprendizaje pasa de ser una actividad inter-empresarial a ser un sistema colectivo entre los diferentes actores (Lawson y Lorenz, 1999). Como sistema de cuantificación de esta red de aprendizaje, generación de conocimiento y desarrollo aplicado dentro de un sistema de innovación, se pueden utilizar metodologías de análisis de redes o grafos. A través del análisis estructural de las redes basado en la teoría de grafos, se pueden encontrar los actores importantes que definen el comportamiento de intercambio de conocimiento en un SRI, así como la cercanía entre los diferentes actores, para poder realizar trabajos en conjunto (González, 2006; Grueso Hinestroza, Gómez Cardona y Garay Quintero, 2011).

Enfocados en la interacción entre los actores de un sistema, Leydesdorff y Fritsch (2006) utilizaron una metodología basada en el teorema de Shannon para calificar el grado de interrelación entre los diferentes actores en Alemania. Este estudio demostró que en este país los resultados de los sistemas de innovación tienen una mayor relación con el impulso innovador de cada región y no se correlacionan de forma directa con los incentivos nacionales, y que, además, muestran una diferencia con un estudio similar realizado en los Países Bajos, donde se concluyó que los resultados del SRI tienen un buen relacionamiento con el sistema nacional (2006).

En otros ejemplos, como el caso analizado en España (Buesa, Heijs, Martínez y Thomas, 2006), se implementó una metodología de reconocimiento de factores de múltiple-variante que define las características o la topología de la región de innovación y, a la vez, se comparó con los análisis clásicos en cuanto a la generación de patentes. Los factores definidos para el estudio fueron los siguientes:

- Entorno de innovación y producción regional: indica la capacidad de producción, exportación y tamaño del mercado regional.
- El rol de las universidades: la capacidad de desarrollo de actividades de I + D y la consecución de capital humano calificado, enfocado en la innovación y la generación de nuevo conocimiento.
- Servicio civil: en España, esta entidad gubernamental se encarga de realizar actividades de I + D, además de impulsar la innovación a través de capital para la inversión en este tipo de proyectos.
- Rol de las empresas: capacidad de las empresas de investigar, realizar actividades de I + D y generar nuevo conocimiento a partir de la innovación (Buesa, Heijs, Martínez y Thomas, 2006).

¿Cómo más se ha medido el éxito de los SRI? Estudios han demostrado que a través de la cuantificación de las *start-ups*, o los denominados *knowledge intensive business services* (KIBS) también se puede definir si una región es buena para la generación y divulgación del conocimiento (Koch y Stahlecker, 2006). Según estos autores, (2006), el patrón de crecimiento de este tipo de empresas está directamente relacionado con las plataformas económica, tecnológica e institucional de la región.

La información presentada muestra que los sistemas de innovación han sido estudiados desde diferentes perspectivas, pasando desde divisiones regionales –los sistemas nacionales y regionales– hasta los sistemas transversales –el tecnológico y el sectorial–. Se ha evidenciado que existen actores relevantes para el desarrollo y la gestión de un sistema de innovación, por ejemplo, la academia, la industria, el Estado y la sociedad, que interactúan bajo un marco institucional formal o informal que es particular en de cada sistema. El rol de las instituciones en la interacción entre los actores puede aportar de forma positiva o negativa para el éxito del sistema innovación.

#### 1.4 Marco teórico

Los SRI presentan diferentes ventajas para el desarrollo económico de los países (Cooke, 2001). Como lo menciona este autor (2001), el desarrollo de la economía de producción y la innovación tienden a ser procesos localizados según las particularidades que se presentan en el entorno, y facilitan el crecimiento de una industria en específica. La frontera de un SRI no se define solamente a través de la enmarcación geográfica de región, sino que también se deben incluir características culturales de la población, los desarrollos técnicos específicos y la capacidad para el desarrollo económico comunes entre los diferentes actores que participan en el entorno de la región (Kaplan, Schrepf y Schroeder, 2012). Compartir las raíces culturales y la cercanía entre los participantes de un SRI potencia la confianza, la seguridad, la facilidad de interacción y distribución del conocimiento, entre otros, para que la comunidad logre desarrollar la innovación en conjunto y movilizar la economía (Asheim y Coenen, 2005). En esta misma línea, algunos autores han encontrado que el mayor valor de los SRI es al aprendizaje común, la generación y la explotación de conocimiento (Schrepf, Kaplan y Schroeder, 2012).

Las políticas e iniciativas de innovación deben ir alineadas con las expectativas de la región y deben mantenerse en constante transformación y cambio, generando ventajas competitivas que ayuden al desarrollo de la actividad económica (OECD, 2007).

La generación de nuevo conocimiento, la transferencia de conocimiento, y la aplicación de este conocimiento a la industria del sector se convierten en un motor de desarrollo que debe ser impulsado por los actores definidos en la cuádruple hélice: el Estado, las empresas, la sociedad y las organizaciones académicas como los centros de investigación y las universidades (Campbell y Carayannis, 2009). El rol del Estado se enfoca en entregar los incentivos adecuados y modificar o generar las políticas necesarias para que los desarrollos

de innovación puedan efectuarse en el sistema (OECD, 2007). Como eje del conocimiento se encuentra la academia, las universidades y los centros de investigación, que toman los incentivos que entrega el Estado y desarrollan los productos o servicios basados en el conocimiento. Su relacionamiento con el sector privado, el de las empresas o el industrial debe ser cada vez más estrecho, de forma que la industria pueda llevar estos productos y servicios a los clientes. Todos los actores forman un ecosistema de desarrollo, conocimiento, y retroalimentación, ya que cualquiera de ellos debe estar en la capacidad de aportar, ya sea en el proceso de conocimiento y el desarrollo de políticas e incentivos o en el proceso productivo (Leydesdorff y Fritsch, 2006). Finalmente, el cliente final es el que se ve beneficiado por los desarrollos innovadores que ocurran dentro del SRI, y, como tal, la sociedad civil participa de forma activa definiendo el norte sobre el cual se deben realizar los desarrollos. Los análisis de Campbell y Carayannis (2009) demuestran la importancia de cada uno de los actores de la cuádruple hélice del sistema de innovación y la interacción necesaria para que el sistema funcione de forma exitosa.

El marco de relacionamiento entre los diferentes actores de la cuádruple hélice facilita el intercambio de conocimiento y desarrollo de la innovación, y, a través del marco institucional definido por North, presenta la plataforma fundamental bajo la cual se debe establecer el relacionamiento entre los actores de la innovación en las regiones (North, 1991). Según este autor (1989), se debe asegurar que dentro del sistema se presente una interacción eficiente y efectiva que reduzca la incertidumbre y la desconfianza en el intercambio entre los actores, a través de instituciones formales como contratos, acuerdos, normas y leyes, o también informales como acontecimientos culturales y códigos de conducta, entre otros. Este desarrollo institucional puede influenciar el crecimiento de la actividad económica mejorando las relaciones entre los diferentes actores. Según su formalidad, estas instituciones se clasifican así:

- Formales: aquellas que se encuentran cubiertas por autoridades que representan un poder como el Estado, que es el responsable de regularlas. Entre las instituciones formales se encuentran las leyes, la legislación y la normatividad, entre otras.
- Informales: las interacciones que son reguladas por parte de la sociedad, por ejemplo, los tabúes y las costumbres, que son definidos y juzgados por un grupo de personas o una cultura.

Como lo resumen Asheim y Gertler (2005), en los SRI se deben encontrar especialmente unas características entre todos los actores para asegurar el éxito y la buena gestión del sistema. Estas son las siguientes:

- La transferencia de conocimiento de investigación: el relacionamiento social entre los actores para obtener un intercambio de conocimiento efectivo.
- El marco institucional: la definición clara de la forma de intercambio y forma de compartir el conocimiento y de desarrollar nuevas ideas y productos.

- El sistema financiero: la capacidad de apoyar proyectos con el entendimiento de los enfoques de innovación.
- Educación y entrenamiento: la educación continua y el mantenimiento del conocimiento tanto básico como aplicado para poder generar más conocimiento.
- Movilidad del capital humano calificado: el intercambio de capital humano calificado, para poder tener un conocimiento integral y compartir necesidades y soluciones entre diferentes áreas del conocimiento
- Políticas públicas de innovación: el apoyo estatal para incentivar la innovación (Asheim y Gertler, 2005).

El aprendizaje, la transferencia y la generación de conocimiento bajo un marco institucional, los incentivos a través del sistema financiero y el apoyo estatal a través de políticas que apoyen la innovación son determinantes para el éxito de un SRI. A través de los actores y su interacción y percepción sobre el sistema, se pueden reconocer sus debilidades y fortalezas para entregarles información útil para que puedan definir nuevas políticas y cambiar los sistemas de interacción, entre otros asuntos. En el desarrollo de este trabajo se considera el SRI creado en el valle del Aburrá, que ha sido reconocido como el más desarrollado en Colombia (Higuera-Palacio, 2015). En esta región, que tiene como centro la ciudad de Medellín, se vienen desarrollando diferentes iniciativas apoyadas por las entidades estatales, con el fin de construir un SRI que apoye el desarrollo sostenible de la región (Ruta N, 2016).

Para analizar la efectividad de los esfuerzos invertidos en el SRI del valle del Aburrá se considerarán las variables que caracterizan la interacción entre los actores de la cuádruple hélice de innovación –el Estado, la academia, la industria y sociedad (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000)– bajo el marco institucional, según la teoría económica neo-institucional (North, 1991).

### 1.5 Marco conceptual

Este trabajo de investigación básica utiliza los conceptos de SRI y el rol de las instituciones en el relacionamiento de los actores que participan en este tipo de sistemas, bajo el enfoque de la cuádruple hélice de innovación. El intercambio entre los diferentes actores se va a evaluar con un enfoque dentro del marco institucional propuesto por North (1989). Para abordar los temas de investigación se van a utilizar las definiciones que se encuentran a continuación.

Los SRI se definen como la relación entre la tecnología, la producción, el intercambio de conocimiento y la innovación en un área cercana entre todos los actores del sistema, que a su vez, comparten cultura e ideologías similares (Schrempf, Kaplan y Schroeder, 2012). Una de las características más importantes de un SRI es la confianza entre los actores del sistema, que se deriva de su cercanía cultural, y es fundamental para que se dé el espacio de

intercambio de ideas y de conocimiento para el desarrollo de un fin común (Asheim y Coenen, 2005).

La innovación se entiende como la implementación de cambios o mejoras en un producto, proceso, *marketing* o en una organización, con el propósito de mejorar los resultados (OECD, 2005).

El marco institucional corresponde a la plataforma, bien sea formal o informal, sobre la cual los actores del SRI realizan el intercambio de conocimiento, ideas y desarrollos. Las instituciones que se aplican en una cultura de intercambio pueden ser formales –a través de leyes, contratos, acuerdos–, o informales –las costumbres, tradiciones y sanciones sociales, entre otras (North, 1989).

La cuádruple hélice define los actores que participan en el SRI, y a través de su interacción e intercambio se puede medir la efectividad del sistema. Los actores de la cuádruple hélice corresponden al Estado, la industria, la academia y la sociedad civil (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016).

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo general

Evaluar la percepción de los actores de la cuádruple hélice sobre el rol del marco institucional tanto formal como informal en un sistema regional de innovación (SRI).

### 1.6.2 Objetivos específicos

Definir el rol del marco institucional tanto formal como informal en la red de interacción de un sistema regional de innovación (SRI).

Analizar las tendencias de percepción de los diferentes actores de la cuádruple hélice sobre la definición del sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá, los aspectos positivos y negativos, y la importancia del marco institucional.

Definir los lazos de percepción de los diferentes actores sobre el marco institucional en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá.

Entender las características que constituyen los lazos de percepción y las propiedades de estos actores para conformar una red.

Calcular el grado de interrelación de los actores dentro de la red de innovación según los resultados de percepción sobre el marco institucional.

Identificar los actores fundamentales de la red según la percepción que se tiene sobre el marco institucional en el sistema regional de innovación (SRI).

## 1.7 Hipótesis

Desde 2004, el municipio de Medellín ha invertido de diferentes formas, con el fin de cultivar la cultura de innovación en el valle del Aburrá (Ruta N, 2017). El apoyo constante del municipio a través de con programas como Cultura E (Cultura del Emprendimiento), Parque E (Parque del Emprendimiento), y Medellín, mi Empresa han sido efectivos en cuanto al cambio cultural de los habitantes de la ciudad. Además, el municipio ha apoyado con cambios de políticas enfocados a la ciencia, la tecnología y la investigación, logrando la creación y la gestión de un SRI que se caracteriza por ser el más desarrollado del país (Higueta-Palacio, 2015).

Con el objetivo de apoyar el desarrollo del sistema de innovación, Ruta N fue creada por el municipio con el apoyo de Empresas Públicas de Medellín y TigoUNE, y se le entregó la responsabilidad de administrar los recursos para invertir en ciencia, tecnología e innovación (C + T + i), convirtiendo a esta organización en un eje fundamental del SRI (Ruta N, 2017). Otra organización que ha apoyado la definición de políticas en C + T + i, así como el desarrollo de proyectos y el relacionamiento entre universidad, empresa y Estado es Tecnova, creada entre diferentes organizaciones privadas y académicas, con el objetivo de conectar conocimiento de las universidades con las empresas, aportando al desarrollo social y económico de la región (Tecnova, s. f.). Según esta interpretación del sistema regional del valle del Aburrá, se definen como las siguientes hipótesis (H) por comprobar:

H1: las organizaciones que representan al Estado son pilares fundamentales en el relacionamiento que se demuestra a través de la cohesión en la visión de cada uno de los integrantes del SRI sobre la importancia de éstas bajo el marco institucional formal e informal. .

Además de tener organizaciones que apoyen la generación de políticas e incentivos en un sistema de innovación, el éxito del desarrollo económico regional debe comprender un sistema institucional de interacciones de conocimiento entre los diferentes actores de la cuádruple hélice (Cavallini, Friedl, Soldi y Volpe, 2016). La interacción y la distribución del conocimiento entre los actores asegura la agilidad con la que se pueden presentar nuevos desarrollos innovadores en el SRI (Asheim y Coenen, 2005). Para definir el grado de relacionamiento entre actores dentro de cualquier tipo de red se utilizan metodologías de análisis de redes apoyadas en las leyes de los mundos pequeños (Milgram, 1967). En otros estudios sobre redes sociales (Eppstein, Goodrich, Löffler, Strash, y Trott, 2013) se ha confirmado la investigación de Milgram (1967), en la que los individuos del planeta están a, máximo, seis grados de relacionamiento, lo cual significa que a través de seis contactos cualquier persona puede llegar a conocer a otra persona cualquiera. Para fines de este estudio, el relacionamiento se va a cuantificar a través de la igualdad en percepciones por parte de

cada uno de los actores en cuanto a las instituciones formales e informales. Dado que en uno de los objetivos de un sistema de innovación es acercar y relacionar a los diferentes actores entre ellos, se espera que el relacionamiento sea mucho menor del que pueden tener dos individuos en el planeta.

H2: según la congruencia de sus percepciones respecto a las instituciones formales e informales, en el SRI del valle del Aburrá existe una distancia promedio menor a tres grados entre dos actores cualesquiera de la red.

## 2. Metodología

### 2.1 Tipo de investigación

La exploración sobre el rol de los actores de la cuádruple hélice y su percepción sobre el marco institucional puede servir para que los generadores de políticas corroboren su enfoque o comprendan los cambios que son necesarios para que se desarrolle de forma óptima el SRI. Desde este punto de vista, se propone una investigación cuantitativa sobre la percepción de los diferentes actores de la cuádruple hélice sobre el relacionamiento institucional en de la red de innovación.

El enfoque de la investigación básica es poder extender la frontera de conocimiento y realizar análisis a partir de un caso instrumental que puedan ser aplicados a diferentes ejercicios o aplicaciones similares. Además, como solamente se realiza una vez, para este caso específico corresponde a una investigación transversal.

La investigación también es considerada de carácter descriptivo, ya que busca encontrar los rasgos más representativos del sistema regional de información según el relacionamiento institucional basado en la percepción de los actores que lo conforman. Al mismo tiempo, la investigación se considera de carácter cuantitativo, debido a que se realiza un análisis sobre los datos utilizando métricas exactas como los diagramas de radar y el análisis de redes o grafos, aunque los datos provienen de una investigación cualitativa previa en la que se entrevistaron los diferentes actores del SRI. La descripción de los resultados se realizará a través de metodologías de análisis de redes y tendencias, que pertenecen a las técnicas cuantitativas. Las técnicas de análisis de datos que se van a utilizar corresponden al análisis cuantitativo de redes por metodologías de grafos y a diagramas de radar.

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de esta investigación se basa en fuentes de información secundarias, ya que los datos utilizados para el análisis y descripción del SRI del valle del Aburrá fueron tomados de un investigación anterior: *The role of institutions in a regional innovation system and their impact on the innovation Performance of organizations within the quadruple helix*, de Ana María Ortega Álvarez (2018). En esta investigación se encontró el rol del marco institucional en la interacción de los actores de la cuádruple hélice y su impacto sobre un SRI. La investigación empírica propia de un caso instrumental se aplica al SRI del valle del Aburrá buscando profundizar las fortalezas y debilidades del sistema en función de la interacción de los cuatro actores de la cuádruple hélice, bajo el marco institucional.

### 2.2 Fuentes de información

Este trabajo de grado se desarrolla basado en un análisis de información de fuente secundaria que fue adquirida en el trabajo de investigación *The role of institutions in a regional*

*innovation system and their impact on the innovation performance of organizations within the quadruple helix*, de Ana María Ortega Álvarez (2018). Esta autora (2018) tuvo como objeto de su investigación el análisis de la importancia de las instituciones formales e informales en los resultados de innovación de las diferentes organizaciones de la cuádruple hélice que participan en un SRI. El caso de estudio instrumental se realizó sobre el SRI del valle del Aburrá aplicando una metodología de investigación cualitativa para adquirir la información necesaria.

Ortega Álvarez (2018) realizó una investigación cualitativa en la que utilizó como herramienta las entrevistas semiestructuradas. Las entrevistas realizadas tenían como objetivo identificar la importancia de las instituciones formales e informales dentro del SRI y la percepción que los diferentes actores de la cuádruple hélice tenían sobre los aspectos positivos y negativos de las instituciones en la red de innovación en estudio. Las entrevistas realizadas entre los meses de mayo y diciembre de 2017 suman un total de 27 y corresponden a once organizaciones del SRI del valle del Aburrá.

Dentro de la muestra se consideraron los cuatro tipos de organizaciones definidas en la teoría de la cuádruple hélice, y discriminando por tipo de organización se lograron distribuir las entrevistas de la siguiente forma: tres organizaciones del Estado, dos organizaciones de la academia, once organizaciones de la industria y dos organizaciones de la sociedad civil. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las organizaciones que conforman la muestra de la investigación discriminándolas según los actores de la cuádruple hélice. La selección de los entrevistados que representan las empresas se realizó en función de su participación activa en el SRI del valle del Aburrá.

Tabla 1. Identificación de las organizaciones que participaron en las entrevistas

Industria	Academia	Estado	Sociedad civil
Empresa 1	Empresa 12	Empresa 14	Empresa 17
Empresa 2	Empresa 13	Empresa 15	Empresa 18
Empresa 3		Empresa 16	
Empresa 4			
Empresa 5			
Empresa 6			
Empresa 7			
Empresa 8			
Empresa 9			
Empresa 10			
Empresa 11			

Fuente: Ortega Álvarez (2018).

Para proteger la privacidad de los participantes, los nombres de los entrevistados no serán incluidos en los resultados y serán reemplazados por pseudónimos. Adicionalmente, en caso de que se tome la decisión de publicar los resultados a través de un artículo académico o de divulgación de conocimiento, se les pedirá permiso a las organizaciones para exponer sus nombres. Asimismo, en el análisis de los resultados y conclusiones de la investigación, la información y los datos recabados no serán vinculados de manera específica a alguna de las

organizaciones o personas participantes del estudio, de tal manera que no se puedan rastrear las respuestas puntuales vinculadas a una organización o persona natural.

La información de las entrevistas cualitativas fue procesada por Ortega Álvarez (2018) y entregada en forma de base de datos estructurada para el posterior análisis que se realiza en este trabajo. Los resultados de esta investigadora (2018) fueron organizados en una tabla, en la que en las filas se mencionan cada una de las características investigadas sobre el SRI, y en las columnas se tiene la información de la persona que afirmó que esta característica es importante. Cada matriz tiene un nombre, según el tema específico que representa un eje de análisis: a) razón por la cual se firmó el pacto; b) definición de un SRI; c) instituciones formales identificadas en un SRI; d) instituciones informales identificadas en un SRI; e) instituciones que tienen efecto negativo sobre un SRI; f) instituciones que tienen efecto positivo sobre un SRI, (g) instituciones en el SRI del valle del Aburrá que tienen un efecto negativo; y h) instituciones en el SRI del valle del Aburrá que tienen un efecto positivo.

Los resultados de las percepciones de los entrevistados respecto a cada uno de los ejes de análisis se encuentran recopilado en tablas, y la coincidencia en las respuestas se utilizará como base para formar una red de relaciones basada en las percepciones. De esta forma se pueden contabilizar las percepciones en las coinciden el entrevistado A con el entrevistado B, y se forma un lazo entre estas dos personas con un peso definido por la cantidad de coincidencias.

### 2.3 Herramientas para el análisis de datos

El análisis de los resultados se va a dividir en dos etapas. Inicialmente se tomarán los resultados de las entrevistas cualitativas y se definirán las tendencias de las percepciones de cada uno de los actores de la cuádruple hélice. Para definir las tendencias se utilizarán diagramas de radar, también conocidos como diagramas de arañas, en los que cada una de las aristas está compuesta por el factor que se va a analizar en la encuesta cualitativa. En cada gráfico se superpondrán los resultados clasificados según su pertenencia a los actores, el Estado, la academia, la industria y la sociedad civil.

Los diagramas de radar son métodos comprensivos de evaluación que aportan facilidad en la visualización considerando ejes con escalas en los que se puede identificar el valor en cada uno de los puntos del análisis por cada individuo o grupo de individuos de la muestra (Phillips y Dudik, 2008). Para hacer más fácil la visualización del diagrama de radar se utilizan líneas que unen los puntos del análisis sobre los ejes por cada individuo o grupo de individuos, que permiten entender las tendencias que se presentan (Saary, 2008).

Seguido del análisis de las tendencias según los actores de la cuádruple hélice, se analizarán los resultados por cada uno de las personas entrevistadas. A partir de los datos se estructura la red que se debe analizar en función de la percepción del rol de las instituciones en la interacción entre los diferentes actores de la cuádruple hélice de innovación.

Los mapas de relaciones en las redes, también denominados análisis por medio de grafos, se basan en una metodología de análisis de redes (Harary, 1969) que ha sido aplicada en diferentes ámbitos del conocimiento como en las redes internas de microprocesadores con multiprocesadores (Bühlmann, Fellinghauer y Ryffel, 2013), el análisis de relaciones de variables en la medicina (Lin, Hsieh, Xu, Zhou y Chen, 2017), el análisis de ecosistemas biológicos y ambientales (Ergos, Olden, Schick, Schmera y Fortin, 2012) y también el análisis de sistemas de innovación (Belussi, Sammarra y Sedita, 2010). Por ejemplo, en el análisis sobre la región italiana de la Emilia-Romaña, elaborado por Belussi, Sammarra y Sedita (2010), los grafos se utilizan para representar de forma gráfica la interrelación entre los diferentes actores del SRI.

En el análisis de redes, los nodos corresponden a los actores o participantes de la red. Estos actores deben tener las mismas características en función de la participación en la red. Para el ejemplo del caso instrumental de que es objeto de este estudio, los nodos están definidos por cada uno de los participantes en las entrevistas. Los entrevistados pertenecen a organizaciones que participan de forma activa en el SRI.

A su vez, cada organización se puede clasificar dentro de uno de los cuatro actores de la cuádruple hélice de innovación: Estado, industria, academia o sociedad civil. Para el caso de la definición matemática de la red es irrelevante que exista una clasificación según la cuádruple hélice, pero esta clasificación se tendrá en cuenta para efectos de visualización y para hacer una agrupación de resultados que permita identificar las diferencias de las percepciones de los actores correspondientes al Estado, la industria, la academia o la sociedad civil.

La interacción o lazos entre los diferentes nodos de una red se corresponden a la definición de arcos, que deben tener también las mismas características. Estos arcos pueden tener las siguientes propiedades:

- **Direccionales:** cuando la relación solo se da desde un nodo inicial hacia un nodo final, pero no desde el nodo final hacia el inicial.
- **No direccionales:** cuando la relación entre los nodos es en ambas direcciones.
- **Sin peso:** cuando no existen diferencias entre los arcos que unen los diferentes nodos.
- **Con peso:** cuando pueden existir diferencias en cuanto a los factores de cercanía entre los diferentes nodos.

Un grafo corresponde a un conjunto matemático de nodos y arcos relacionados entre sí, que, a su vez, representan un sistema. Existen grafos dirigidos, y no dirigidos, cuya diferencia radica en que los arcos en las redes dirigidas tienen una dirección específica, por ejemplo, del nodo A al B, pero no necesariamente del nodo B al A. Por el contrario, en los grafos no dirigidos se asume que los arcos entre los nodos siempre son bidireccionales (Easley y Kleinberg, 2010). Otras características estructurales de los grafos como los caminos, la centralidad o nodos pivote y los grafos conexos (Lyles, 2015) han sido utilizadas ya en

estudios de redes, al igual que las características de grado, densidad y diámetro (Clemente, Greco, Moreira-Praca, Pereira y Pérez-Morales, 2017).

Las siguientes son las descripciones de las principales características estructurales de los grafos:

- **Conexo:** indica si siempre existe la posibilidad que desde cualquier nodo del grafo se llegue a cualquier otro nodo del grafo a través de los arcos definidos.
- **Camino:** es el camino más corto (teniendo en cuenta los pesos de los arcos) entre dos nodos de la red.
- **Grado:** cantidad de arcos que ingresan o salen de cada nodo.
- **Centralidad (nodo pivote):** los nodos pivote tienen importancia según la cantidad de caminos más cortos que pasen por el nodo en cuestión.
- **Diámetro:** es la distancia más larga entre dos nodos del grafo.
- **Densidad:** es igual a la relación entre el número de arcos reales en el sistema por evaluar y la cantidad de arcos ideales de un sistema con la misma cantidad de nodos.

Las propiedades mencionadas anteriormente corresponden a las propiedades estructurales de la red, que describen el estado en estado estacionario de la red. También existen propiedades dinámicas de la red, que describen las dinámicas de evolución del sistema y la forma en que el flujo de se transfiere entre los nodos (Leskovec, Rajaraman y Ullman, 2014). Estas propiedades no son de interés para este trabajo.

Una vez definidas las propiedades estructurales, se pretende aplicar el análisis de grafos a una red definida por las percepciones de los diferentes actores del SRI. Primero se deben definir los nodos de la red y sus características, para luego definir los arcos, que corresponden a la interacción, y permiten aplicar los conceptos de análisis de redes al SRI en estudio.

Para definir cuáles son los actores más importantes del sistema en cuanto al relacionamiento entre actores, se calculan los nodos pivote del sistema de innovación, o también se pueden calcular cuántos caminos más cortos pasan por cada nodo. Los nodos a través de los cuales pase un mayor número de caminos más cortos serán los más importantes del sistema. Fortalecer más los nodos pivote actuales o crear nuevos nodos pivote a través de la generación de políticas impulsan un desarrollo constante de innovación.

A través de la densidad de la red se puede inferir qué tan bien está dicha red está interconectada. La relación directa es un factor importante para la generación de nuevo conocimiento y debe ser tomada en cuenta para la generación de políticas según los resultados que se encuentren entre los actores del sistema de innovación. El fenómeno de los mundos pequeños reconoce la distancia promedio que existe para que un nodo o actor se conecte –a través de los arcos existentes– con otro nodo o actor. De esta forma se pretende analizar la facilidad para que exista cooperación entre diferentes actores y que la innovación tenga lugar.

El diámetro define la distancia máxima entre dos nodos en la red, que no debería ser mucho mayor que el resultado de los promedios de las distancias entre todos los nodos. De

esta forma se pretende encontrar las brechas que puedan existir en el relacionamiento o lazos que se deben construir a través de incentivos o políticas direccionadas de forma correcta.

Con la información de las características de los grafos se desea analizar la robustez, la fragilidad y la conectividad de la red, así como identificar los nodos más importantes para su funcionamiento. Si se logran indicadores respecto a estas características estructurales, en un futuro se podría extrapolar este análisis a otras redes de innovación para compararlas entre ellas.

Para dar mayor claridad sobre las definiciones de esta sección, la Tabla 2 muestra la relación entre los objetivos y los análisis que se van a realizar.

Tabla 2. Relación entre los objetivos y los análisis que se van a realizar

Objetivo	Variable	Descripción
Definir el rol del marco institucional, tanto formal como informal, en la red de interacción dentro del SRI.	Nodo	Los nodos son la representación matemática de los actores de la cuádruple hélice.
Entender las características que constituyen los lazos y las propiedades de estos, para conformar una red de actores.	Arco	Los arcos definen la interacción entre los actores de la cuádruple hélice
Definir los lazos de percepción de los diferentes actores sobre el marco institucional en el SRI del valle del Aburrá.	Conexo	Si el grafo es conexo, significa que todos los actores del SRI están conectados entre sí.
Calcular el grado de interrelación de los actores dentro de la red de innovación según los resultados de percepción sobre el marco institucional.	Promedio de caminos más cortos	A través de estas propiedades estructurales, se puede calcular el grado de interrelación de la red.
Calcular el grado de interrelación de los actores dentro de la red de innovación según los resultados de percepción sobre el marco institucional.	Diámetro	De esta forma se pretende encontrar las brechas que puedan existir en el relacionamiento o lazos que se deben construir a través de incentivos o políticas direccionadas de forma correcta.
Identificar los actores fundamentales de la red según la percepción que se tiene sobre el marco institucional en el SRI.	Centralidad o nodos pivote	Los nodos a través de los cuales pase un mayor número de caminos más cortos serán los nodos más importantes del sistema.

Fuente: Lyles (2015).

Para implementar el modelo y calcular los valores que se necesitan según las propiedades de los grafos, se va a utilizar la herramienta de software llamada Matlab, de la empresa MathWorks. Matlab es una plataforma de programación diseñada para aplicaciones de ingeniería, que trabaja el lenguaje matemático matricial para resolver las funciones que contiene en sus archivos (*libraries*) (Mathworks, 2018). Dentro de las aplicaciones básicas se encuentra la posibilidad de manipular matrices con sus operaciones algebraicas fundamentales, análisis de datos, desarrollar algoritmos matemáticos, crear modelos y aplicaciones y visualización de resultados. Para la aplicación particular de análisis de grafos, Matlab tiene la posibilidad de utilizar un archivo que contiene las funciones fundamentales que se pueden aplicar al análisis de red, por ejemplo, el cálculo del camino más corto o el cálculo del grado de cada nodo.

## 2.4 Cronograma

El cronograma de trabajo, que se muestra en la Tabla 3, se diseñó de forma que se pudieran identificar los conceptos bases sobre los cuales se fundamenta la investigación manteniendo una relación directa con el objetivo de análisis. De esta forma se logra un cronograma que al inicio se enfoca en el marco teórico y en reconocer el problema y las dificultades para desarrollarlo, y posteriormente en realizar un análisis basado en los datos para dar respuesta a las hipótesis planteadas.

Tabla 3. Cronograma de trabajo

	Año 2018												
	Febrero		Marzo			Abril			Mayo			Junio	
Investigación marco teórico													
Planteamiento del problema													
Investigación herramientas													
Análisis de información													
Resultados y conclusiones													
Redacción y corrección													
Revisión metodológica													
Revisión de estilo													

Fuente: elaboración del autor.

### 3. Ejecución

#### 3.1 Resultados

Los representantes de las empresas fueron entrevistados sobre diferentes ejes temáticos alrededor del SRI y su percepción sobre la importancia de las instituciones formales e informales en un SRI en general y en el SRI del valle del Aburrá. En la primera sección se describen los resultados por cada uno de los ejes de análisis analizando las tendencias de percepción por cada uno de los actores de la cuádruple hélice. En la segunda sección se realiza un análisis de la red uniendo las respuestas en cuanto a todos los ejes temáticos en una red de relaciones en la que los lazos representan las congruencias en respuestas entre cada uno de los entrevistados. A continuación se describen los ocho ejes temáticos del análisis:

- 1) Razón por la cual se firmó el pacto: corresponde a la percepción de los entrevistados, de las motivaciones, razones y expectativas a la hora de firmar un pacto por la innovación que une a los actores de la cuádruple hélice en el valle del Aburrá.
- 2) Definición de un SRI: los entrevistados describieron lo que entienden sobre las características generales que definen un SRI, cómo se conforma y que lo constituye como tal.
- 3) Instituciones formales identificadas en un SRI: la pregunta se enfoca en reconocer las instituciones formales que se reconocen como parte del SRI por parte de los entrevistados.
- 4) Instituciones informales identificadas en un SRI: cada uno de los entrevistados reconoció las instituciones informales que hacen parte del SRI.
- 5) Instituciones que tienen efecto negativo sobre un SRI: se busca identificar la percepción general de los entrevistados sobre las instituciones que tienen un efecto negativo sobre el funcionamiento de un SRI en general.
- 6) Instituciones que tienen efecto positivo sobre un SRI: los entrevistados describieron su percepción sobre las instituciones que tienen un efecto positivo sobre el desempeño de un SRI.
- 7) Instituciones en el SRI del valle del Aburrá que tienen un efecto negativo: se identificaron las instituciones en el SRI del valle del Aburrá que tienen un efecto negativo para el desempeño del sistema y que obstaculizan el éxito de las iniciativas de innovación.
- 8) Instituciones en el SRI del valle del Aburrá que tienen un efecto positivo: según la percepción de los entrevistados, se describen las instituciones en el SRI del valle del Aburrá que aportan de forma positiva al desarrollo de la innovación en la región.

En la siguiente sección se describirán los resultados en cada uno de los ejes de análisis.

### 3.1.1 Razón por la cual se firmó el pacto

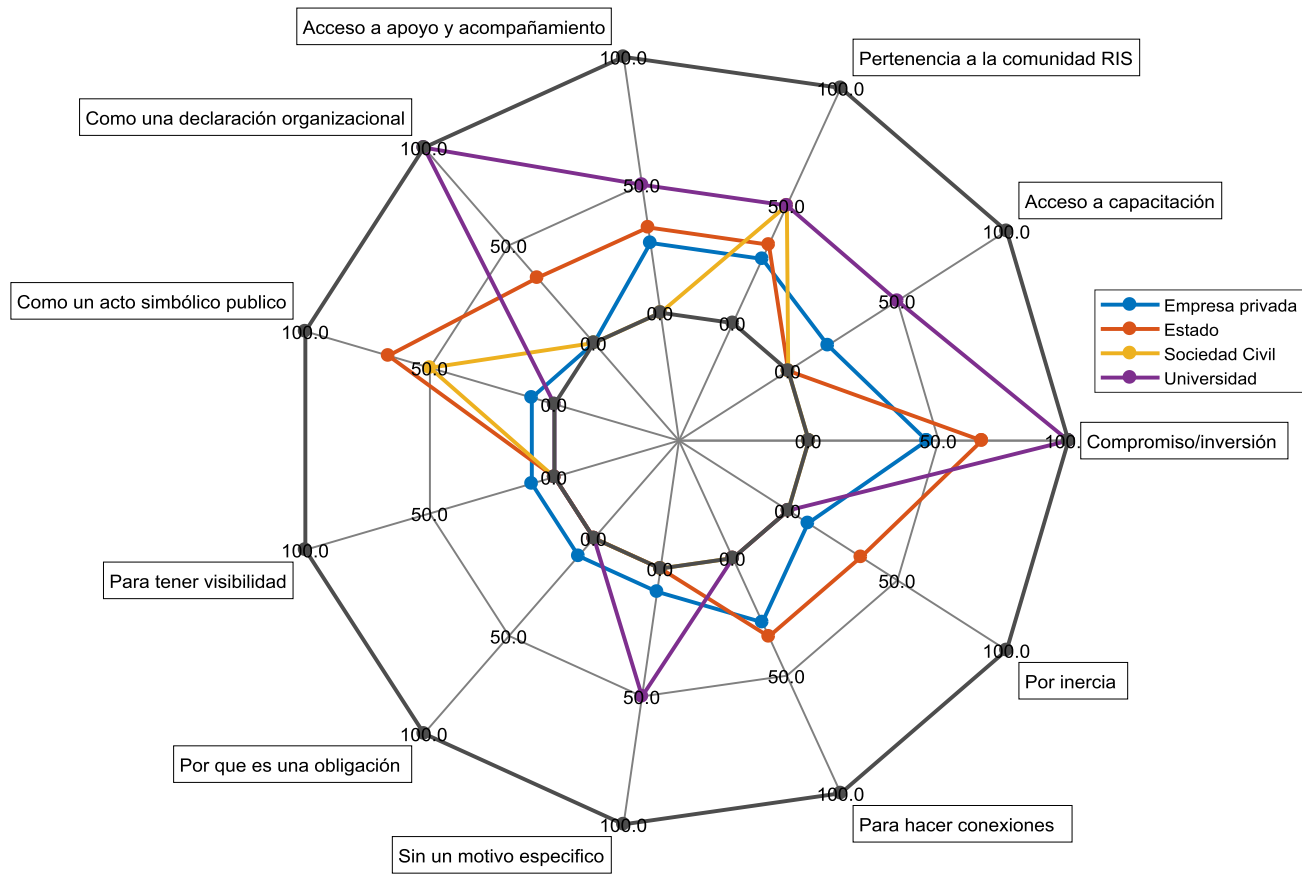
Dentro de las razones para firmar el pacto por la innovación y pertenecer al SRI del valle del Aburrá, se encontraron las siguientes respuestas: 1) compromiso/inversión; 2) acceso a capacitación; 3) pertenencia a la comunidad SRI; 4) acceso a apoyo y acompañamiento; 5) como declaración organizacional; 6) como un acto simbólico público; 7) para tener visibilidad; 8) porque es una obligación; 9) sin un motivo específico; 10) para hacer conexiones; y 11) por inercia.

La pertenencia a la comunidad de un SRI es el único factor en común entre los actores de la cuádruple hélice que influyó para la firma del pacto de innovación. Se puede ver que alrededor de esta pregunta se concentra la mayor tendencia en común entre los representantes del Estado, la empresa privada y las universidades, la cual se caracteriza por el acceso a apoyo y acompañamiento, acceso a la capacitación y el compromiso con el sistema. En especial el compromiso con el sistema y la inversión son en gran parte los motores de los sistemas de innovación (OECD, 2007), y en los resultados que se muestran en la Figura 7 se puede apreciar el alto compromiso por parte de la academia, el Estado y la empresa privada.<sup>1</sup> Los entrevistados en representación del Estado y la sociedad civil concuerdan que el acto simbólico es una forma de impulsar el cambio cultural dentro el área de influencia del SRI, mientras que los datos de la academia, que en este caso se encuentra representada por universidades, muestran que la firma del pacto no tiene un objetivo específico, sino está dada por la motivación en la organización o universidad. Para finalizar, se debe reconocer la participación de la industria, la cual tiene un comportamiento bastante homogéneo entre todos los factores que conformaron la encuesta, pero en particular se ve un interés especial en función de generar conexiones, participar activamente a través de inversión y compromiso en el sistema, perteneciendo a la comunidad y pudiendo acceder al apoyo y acompañamiento de ser necesario.

---

<sup>1</sup> La Figura 7 y las subsiguientes 8 a 16 son elaboraciones del autor.

Figura 7. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las razones por las cuales se firmó el pacto por la innovación

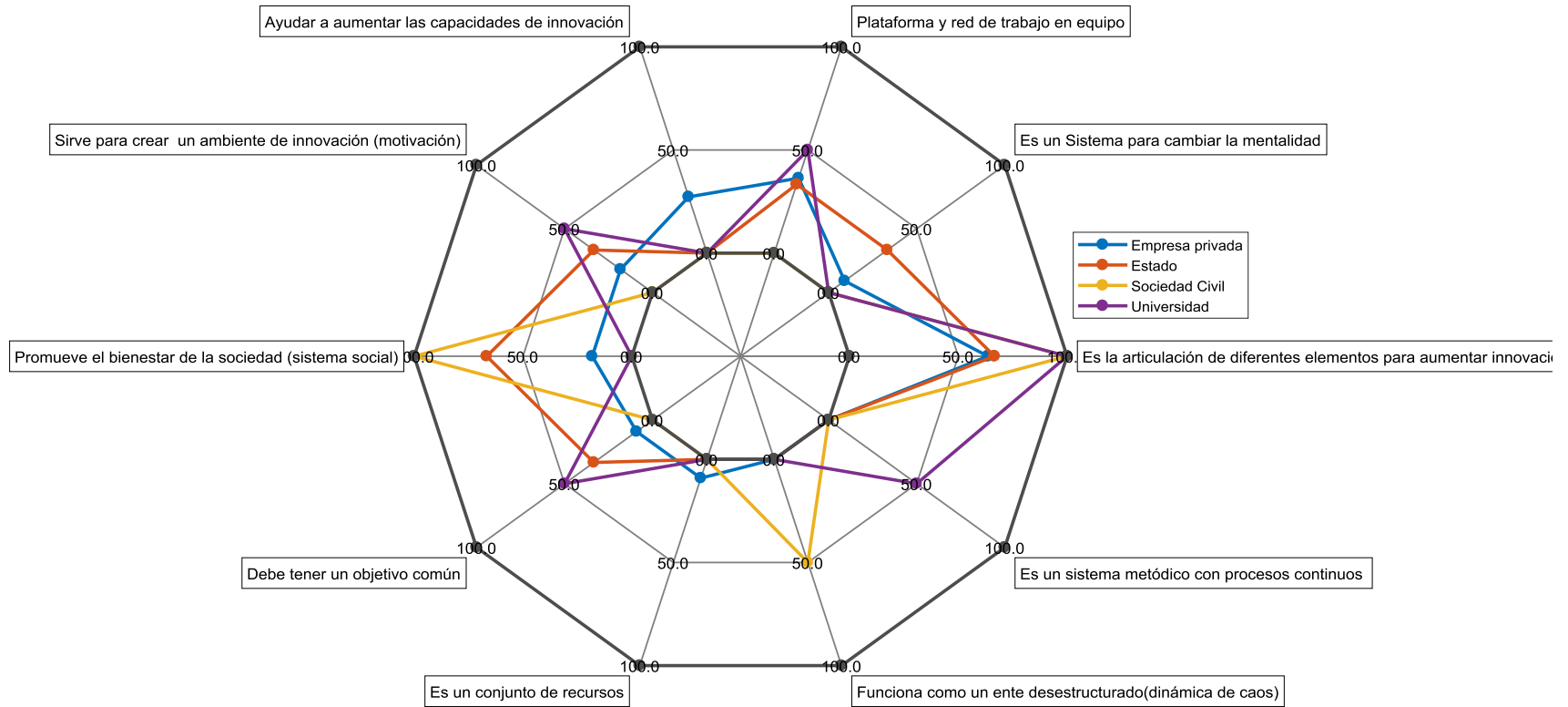


### 3.1.2 Definición de un sistema regional de innovación (SRI)

En cuanto a la definición de un SRI, los entrevistados eligieron diez características principales: 1) la articulación de diferentes elementos para aumentar la innovación; 2) un sistema para cambiar la mentalidad; 3) una plataforma y red de trabajo en equipo; 4) ayuda a aumentar las capacidades de innovación; 5) sirve como motivación para crear un ambiente de innovación; 6) promueve el bienestar de la sociedad; 7) debe tener un objetivo común; 8) es un conjunto de recursos; 9) funciona como un ente desestructurado; y 10) es un sistema metódico con procesos continuos.

La articulación de diferentes elementos para aumentar la innovación es el factor más relevante para todos los actores, corroborando el compromiso y la inversión que se identificó en las razones para firmar el pacto. En particular, la sociedad civil y el Estado se enfocan en el bienestar social, y las organizaciones del Estado incluyen a sus prioridades, también la necesidad de cambiar la mentalidad y lograr un objetivo común en el SRI. Por su parte, la academia reconoce que la innovación en el sistema está definida en gran parte por el ambiente que se genera, gracias al trabajo en equipo y la colaboración entre los diferentes actores. Finalmente se puede observar que el enfoque de la industria en cuanto a la definición del SRI, está más orientado a lograr esa transformación cultural que traiga bienestar, un ambiente de innovación, todo esto apoyado en una plataforma de red en la región.

Figura 8. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestra la definición de un sistema regional de innovación (SRI)

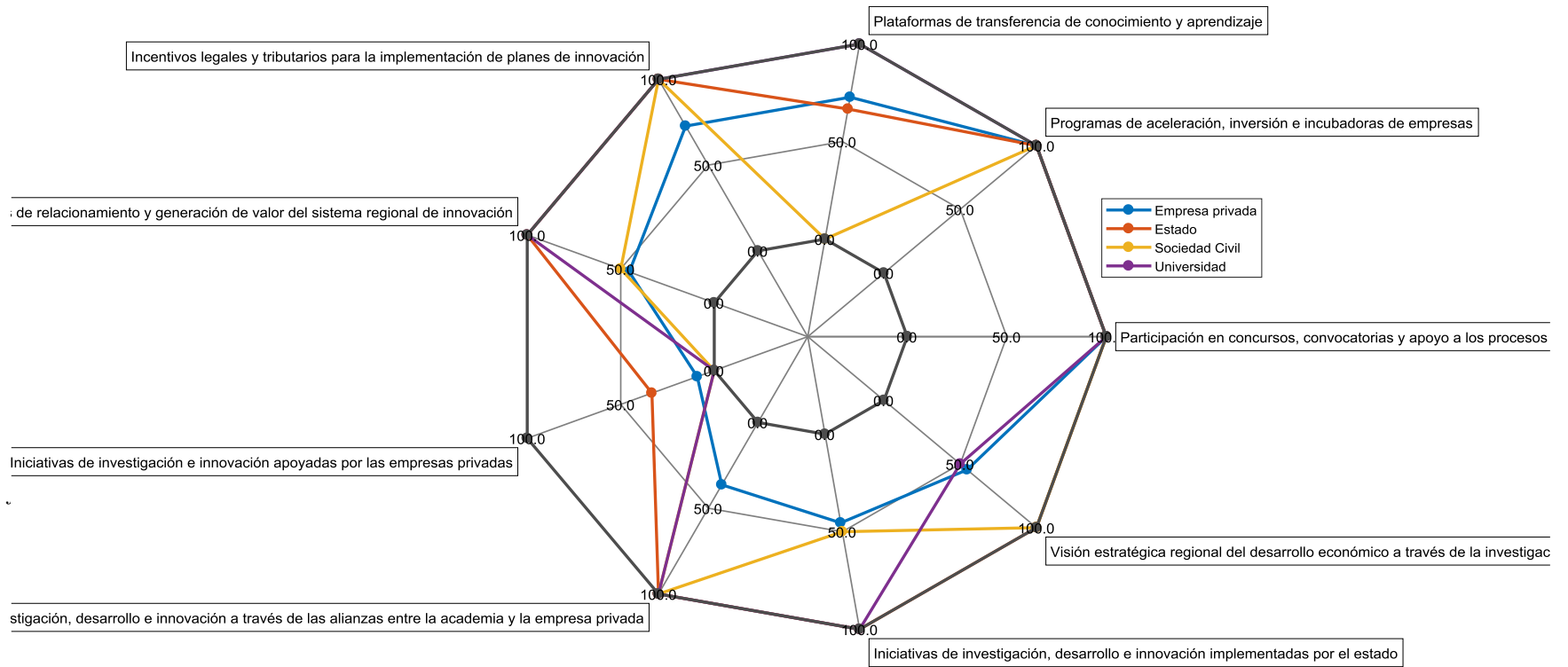


### 3.1.3 Instituciones formales identificadas en un sistema regional de innovación (SRI)

En este eje, los entrevistados describieron su percepción sobre las instituciones formales más visibles dentro de un SRI. De las respuestas que los entrevistados entregaron, se agruparon todos los conceptos dentro de las siguientes categorías para el análisis: 1) participación en concursos, convocatorias y apoyo a los procesos de innovación por las entidades promotoras; 2) programas de aceleración, inversión e incubadoras de empresas; 3) plataformas de transferencia de conocimiento y aprendizaje; 4) incentivos legales y tributarios para la implementación de planes de innovación; 5) participación en actividades de relacionamiento y generación de valor del SRI; 6) iniciativas de investigación e innovación apoyadas por las empresas privadas; 7) investigación, desarrollo e innovación a través de las alianzas entre la academia y la empresa privada; 8) iniciativas de investigación, desarrollo e innovación implementadas por el Estado; y 9) visión estratégica regional del desarrollo económico a través de la investigación, desarrollo de conocimiento e innovación.

Las instituciones formales más visibles de un SRI, según los encuestados, son la participación en las diferentes convocatorias y los programas de incubación, aceleración e inversión en empresas. Las plataformas de transferencia de conocimiento, los incentivos legales y tributarios, y las redes de relacionamiento ocupan un segundo lugar en importancia dentro de las instituciones formales. Por el contrario, parece ser que las iniciativas de investigación promovidas por las empresas privadas no son el vehículo más visible dentro de este sistema de innovación, mientras que las iniciativas de investigación implementadas entre la academia y la empresa o patrocinadas por el Estado sí tienen una mayor acogida.

Figura 9. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones formales más visibles en un sistema regional de innovación (SRI)

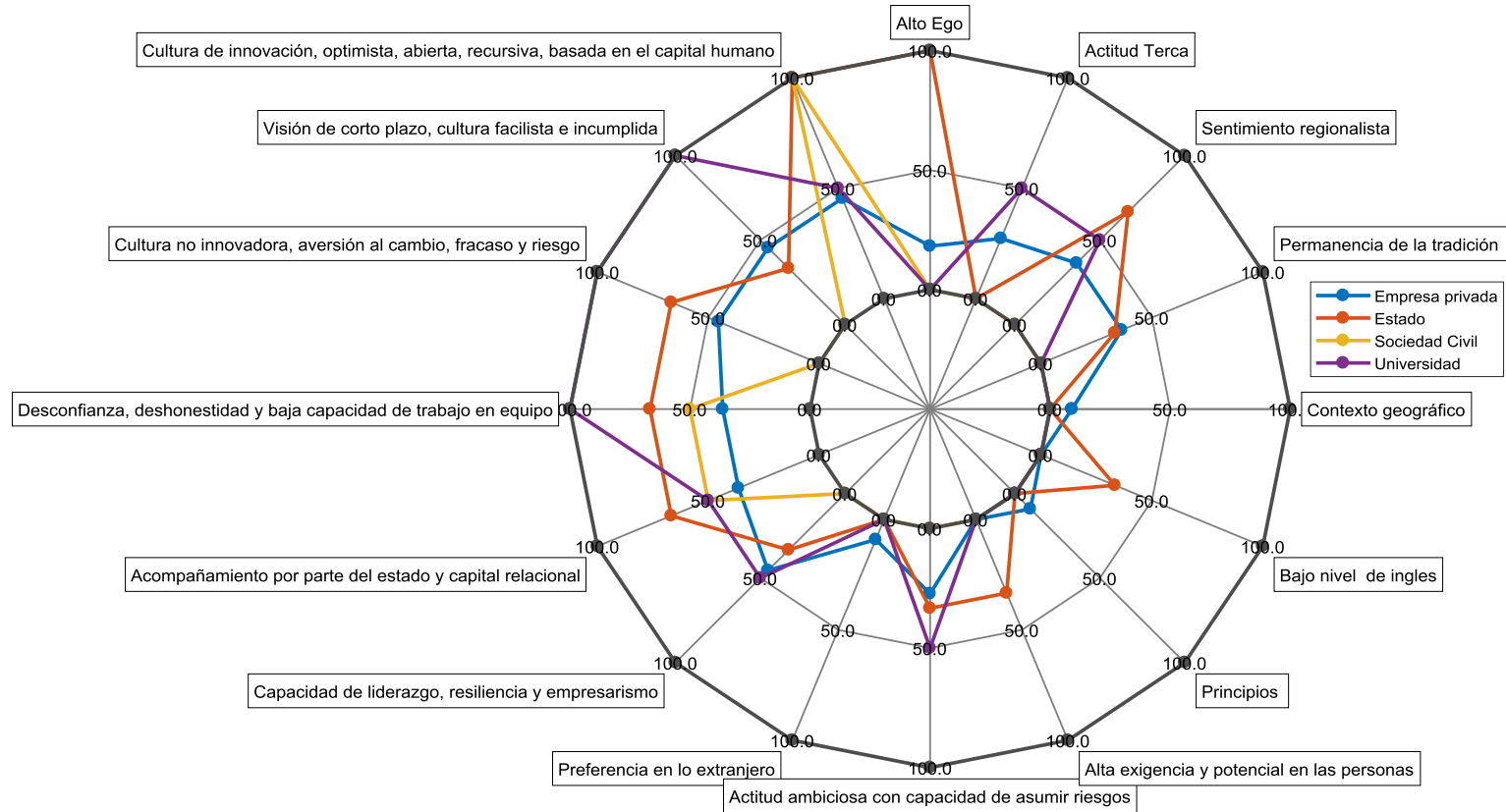


### 3.1.4 Instituciones informales identificadas en un sistema regional de innovación (SRI)

En este apartado se muestran las instituciones informales identificadas en un SRI por parte de los entrevistados. Entre las instituciones informales reconocidas se encuentran las siguientes: 1) contexto geográfico; 2) permanencia de la tradición; 3) sentimiento regionalista; 4) actitud terca; 5) alto ego; 6) cultura de innovación, optimista, abierta, recursiva, basada en el capital humano; 7) visión de corto plazo, cultura facilista e incumplida; 8) cultura no innovadora, aversión al cambio, fracaso y riesgo; 9) desconfianza, deshonestidad y baja capacidad de trabajo en equipo; 10) acompañamiento por parte del Estado y capital relacional; 11) capacidad de liderazgo, resiliencia y empresarismo; 12) preferencia de lo extranjero; 13) actitud ambiciosa con capacidad de asumir riesgos; 14) alta exigencia y potencial en las personas; 15) principios; y 16) bajo nivel del idioma inglés.

Según la academia, se tiene una visibilidad de alto impacto en aspectos culturales de desconfianza, deshonestidad, baja capacidad de trabajo en equipo, describiendo una cultura no innovadora, con aversión al cambio y al fracaso, además de una visión de corto plazo y una cultura facilista. Aunque los demás actores también tienen una tendencia leve hacia los mismos conceptos, se reconoce que tanto la sociedad civil como el Estado tienen una percepción alta en cuanto a la cultura de la innovación, optimista, abierta, recursiva y basada en el capital humano. La empresa privada, por su parte, tiene una visión que tiende hacia el 50 % en la mayoría de los aspectos, sin definir exactamente cuáles son los aspectos ms visibles de las instituciones informales, aunque se alcanza a percibir una tendencia en temas asociados a la desconfianza, cultura regionalista, visión a corto plazo, acompañamiento del Estado por un lado, y por otro lado, una cultura recursiva, con capacidad de liderazgo y ambiciosa con capacidad de asumir riesgos.

Figura 10. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones informales más visibles en un sistema regional de innovación (SRI)

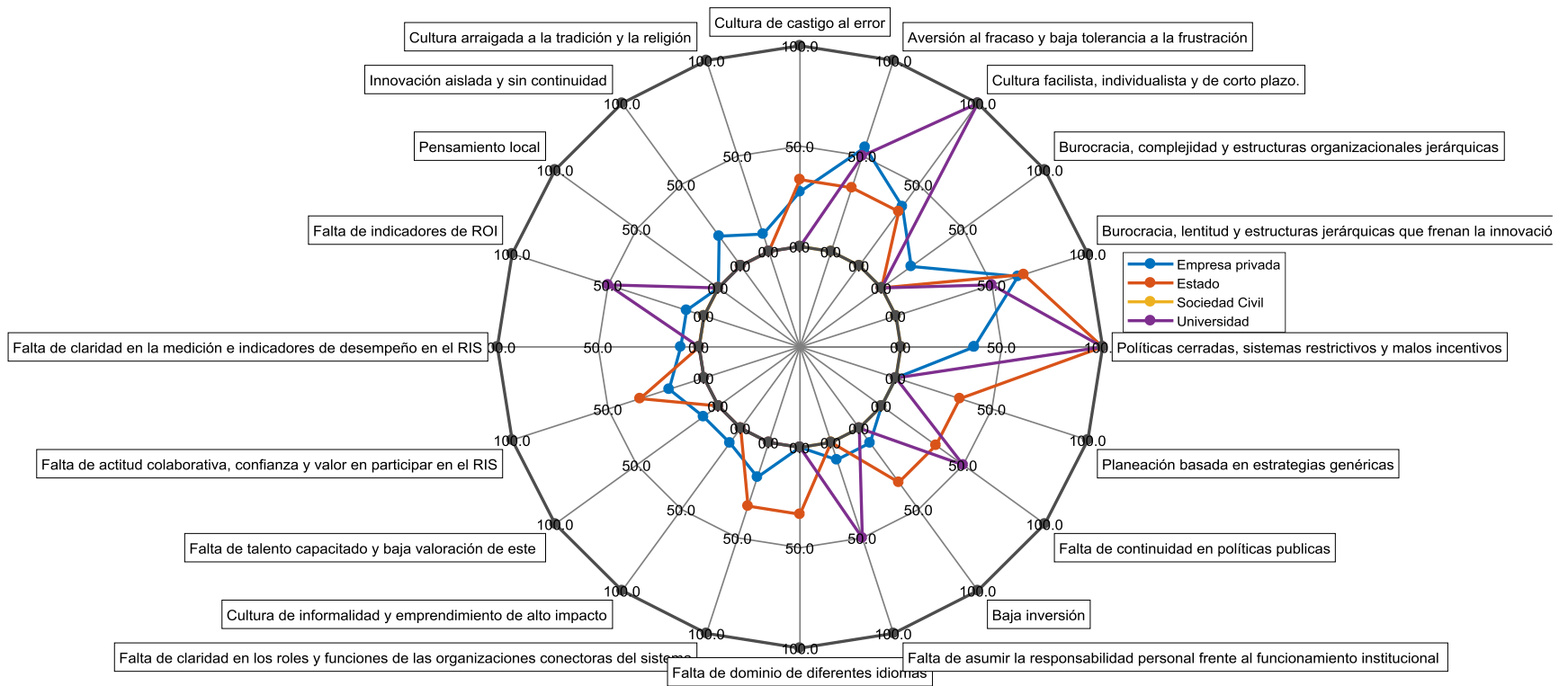


### 3.1.5 Instituciones que tienen efecto negativo sobre un sistema regional de innovación (SRI)

Los entrevistados opinaron sobre las instituciones que tienen un mayor efecto negativo sobre un SRI, y se encontraron las siguientes características: 1) políticas cerradas, sistemas restrictivos y malos incentivos; 2) burocracia, lentitud y estructuras jerárquicas que frenan la innovación; 3) burocracia, complejidad y estructuras organizacionales jerárquicas; 4) cultura facilista, individualista y de corto plazo; 5) aversión al fracaso y baja tolerancia a la frustración; 6) cultura de castigo al error; 7) cultura arraigada a la tradición y la religión; 8) innovación aislada y sin continuidad; 9) pensamiento local; 10) falta de indicadores ROI; 11) falta de claridad en la medición e indicadores de desempeño del SRI; 12) falta de actitud colaborativa, confianza y valor en participar en el SRI; 13) falta de talento capacitado y baja valoración de este; 14) cultura de informalidad y emprendimiento de alto impacto; 15) falta de claridad en los roles y funciones de las organizaciones conectoras del sistema; 16) falta de dominio de diferentes idiomas; 17) falta de asumir la responsabilidad personal frente al funcionamiento institucional; 18) baja inversión; 19) falta de continuidad en políticas públicas; y 20) planeación basada en estrategias genéricas.

Según los resultados de las encuestas, se observa una tendencia a encontrar aspectos negativos en la cultura propia que se vive en el SRI. La cultura del facilismo, la aversión al riesgo, la crítica del error, el regionalismo, entre otros, son actitudes que marcan de forma considerable la cultura del valle del Aburrá, y que no aportan al proceso de generación de valor que se desea con el SRI. Estos factores, acompañados con políticas cerradas, burocracia y lentitud se han convertido en obstáculos o barreras para los emprendedores de la ciudad que desean causar un impacto.

Figura 11. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones con mayor efecto negativo en un sistema regional de innovación (SRI)



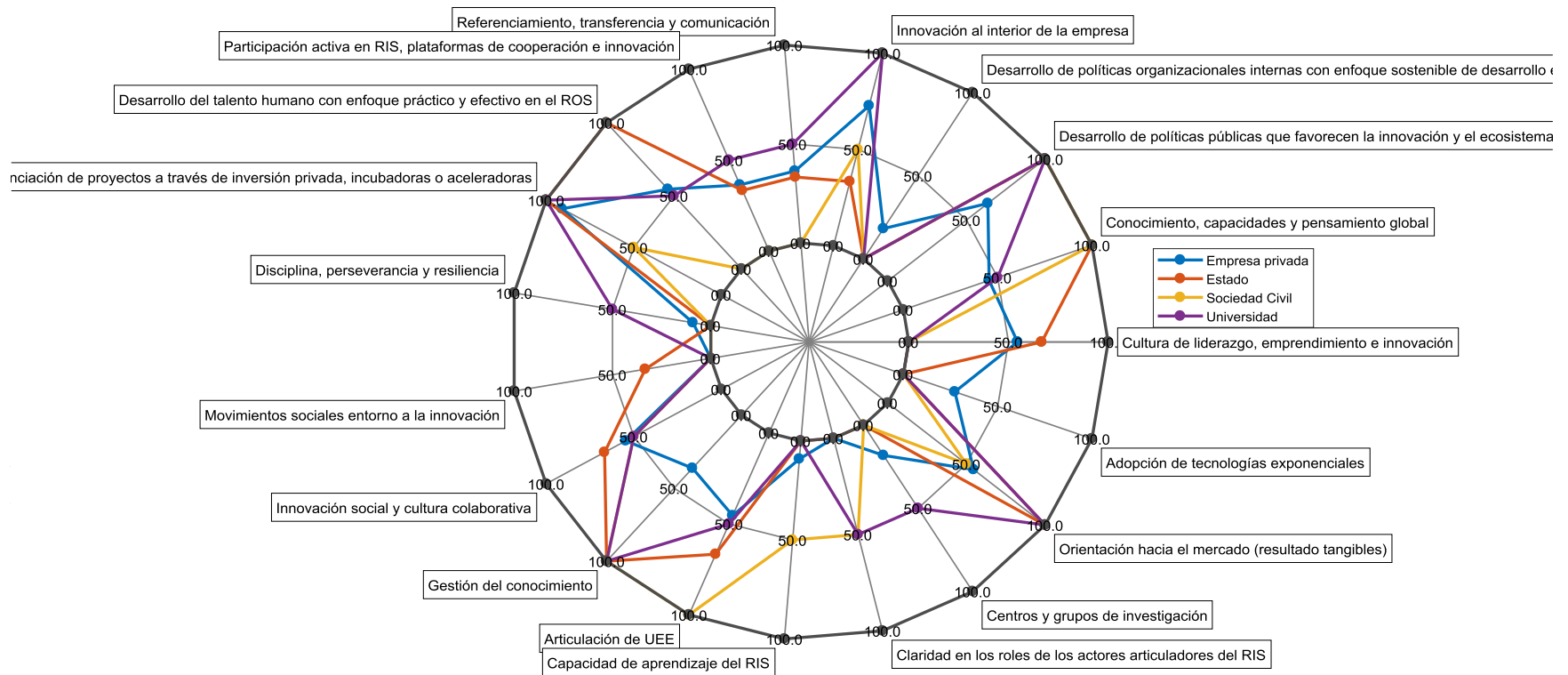
### 3.1.6 Instituciones que tienen efecto positivo sobre un sistema regional de innovación (SRI)

En un SRI, existen diferentes instituciones, las cuales tienen un efecto positivo sobre el desempeño del sistema. Según los entrevistados, se listan algunas instituciones reconocidas como aquellas que influyen de forma positiva en el resultado del SRI: 1) cultura de liderazgo, emprendimiento e innovación; 2) conocimiento, capacidades y pensamiento global; 3) desarrollo de políticas públicas que favorecen la innovación y el ecosistema; 4) desarrollo de políticas organizacionales internas con enfoque sostenible de desarrollo e innovación; 5) innovación en la empresa; 6) referenciamiento, transferencia y comunicación; 7) participación activa en SRI, plataformas de cooperación e innovación; 8) desarrollo del talento humano con enfoque práctico y efectivo en el ROS; 9) mecanismos de financiación de proyectos a través de inversión privada, incubadoras o aceleradoras; 10) disciplina, perseverancia y resiliencia; 11) movimientos sociales entorno a la innovación; 12) innovación social y cultura colaborativa; 13) gestión del conocimiento; 14) articulación de UEE; 15) capacidad de aprendizaje del SRI; 16) claridad en los roles de los actores articuladores del SRI; 17) centros y grupos de investigación; 18) orientación hacia el mercado (resultado tangibles); y 19) adopción de tecnologías exponenciales.

Según los encuestados La innovación en la empresa, la creación de proyectos a través de incubadoras y aceleradoras, la orientación al resultado, la gestión del conocimiento y la definición de políticas que impulsen la innovación son determinantes para el éxito del SRI.

En contraste con lo anterior, los centros y grupos de investigación, y la adopción de las tecnologías exponenciales no parecen ser determinantes para los sistemas de innovación, acorde a la percepción de los participantes encuestados. La gestión del conocimiento, un buen enfoque y un buen apoyo por parte del Estado parecen ser el común acuerdo en cuanto a las instituciones que aportan más positivamente a la innovación.

Figura 12. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran las instituciones con mayor efecto positivo en un sistema regional de innovación (SRI)

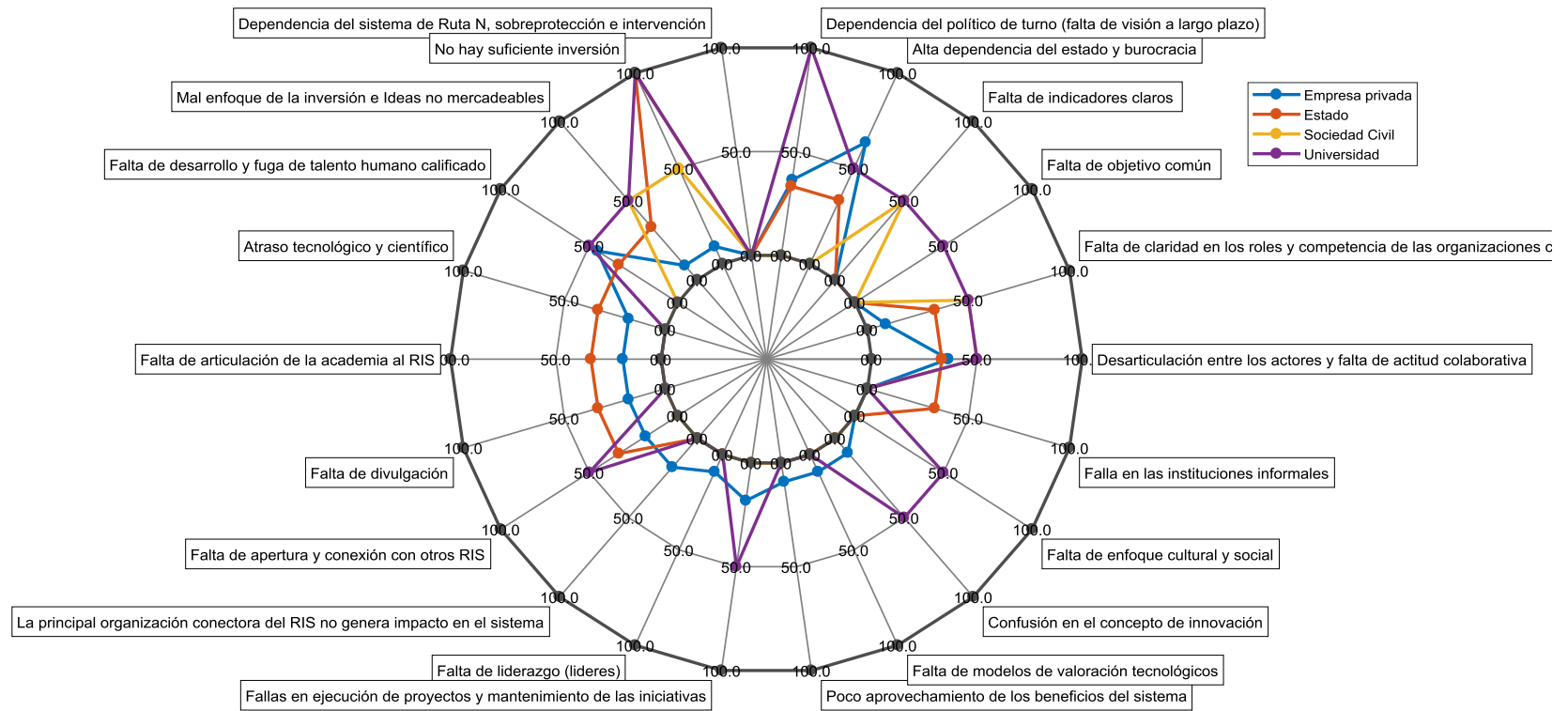


### 3.1.7 Instituciones en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá que tienen un efecto negativo

Enfocados en la aplicación del SRI en el valle del Aburrá, los encuestados definieron las instituciones en el mismo que tienen mayor efecto negativo: 1) desarticulación entre los actores y falta de actitud colaborativa; 2) falta de claridad en los roles y competencia de las organizaciones conectoras del SRI; 3) falta de objetivo común; 4) falta de indicadores claros; 5) alta dependencia del Estado y burocracia; 6) dependencia del político de turno (falta de visión a largo plazo); 7) dependencia del sistema de Ruta N, sobreprotección e intervención; 8) no hay suficiente inversión; 9) mal enfoque de la inversión e Ideas no mercadeables; 10) falta de desarrollo y fuga de talento humano calificado; 11) atraso tecnológico y científico; 12) falta de articulación de la academia al SRI; 13) falta de divulgación; 14) falta de apertura y conexión con otros SRI; 15) la principal organización conectora del SRI no genera impacto en el sistema; 16) falta de liderazgo (líderes); 17) fallas en ejecución de proyectos y mantenimiento de las iniciativas; 18) poco aprovechamiento de los beneficios del sistema; 19) falta de modelos de valoración tecnológicos; 20) confusión en el concepto de innovación; 21) falta de enfoque cultural y social; y 22) falla en las instituciones informales.

La desarticulación entre los actores, la poca de actitud colaborativa, la desarticulación de la academia dentro del sistema, la falta de claridad en los roles y la no de apertura a otros sistemas, sumado con una comunicación pobre, son factores comunes que aparecen entre los diferentes actores de forma constante en el análisis. El segundo rasgo en importancia dentro de los aspectos negativos, parece ser la alta dependencia del Estado, que también se ve afectada por los cambios de las organizaciones estatales cada que cambia el Gobierno, aportando a la dificultad de articulación, teniendo en cuenta que ninguno de los actores piensa que exista una dependencia del sistema por parte de Ruta N o sobreprotección o intervención. Parece un poco extraño que, al contrario de los demás actores, las empresas privadas piensan que si hay suficiente inversión y que ésta inversión se encuentra bien enfocada. Puede ser que, en este caso, la empresa privada tenga un acercamiento a la inversión un poco más enfocado a productos y servicios específicos, mientras que los demás actores tengan un enfoque en avanzar en la frontera del conocimiento o generar un impacto social mayor.

Figura 13. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran los aspectos negativos de un sistema regional de innovación (SRI)

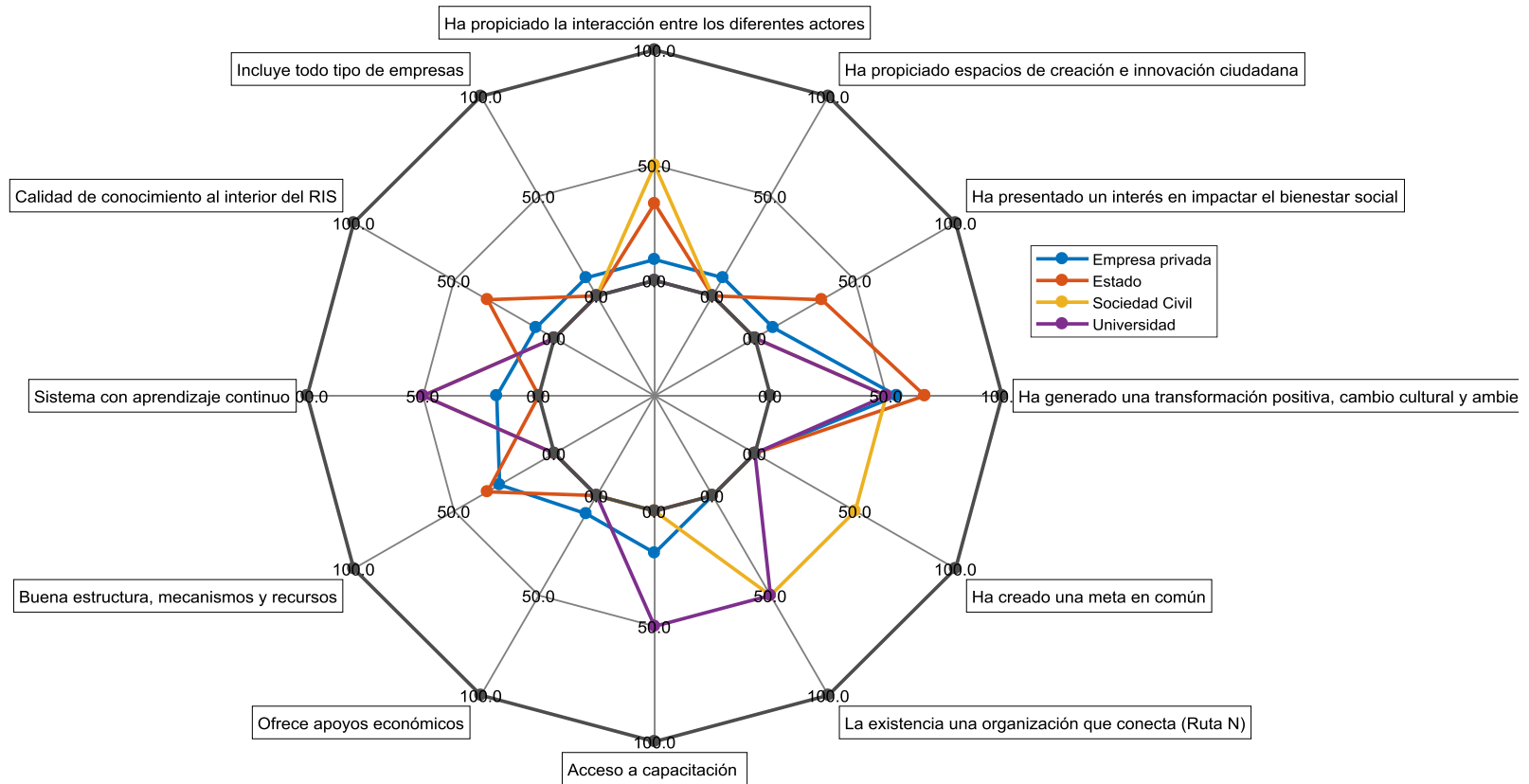


### 3.1.8 Instituciones en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá que tienen un efecto positivo

Según los entrevistados, las instituciones de mayor impacto positivo sobre el desarrollo del sistema regional del valle del Aburrá las conforman: 1) ha generado una transformación positiva, cambio cultural y ambiente de innovación; 2) ha presentado un interés en impactar el bienestar social; 3) ha propiciado espacios de creación e innovación ciudadana; 4) ha propiciado la interacción entre los diferentes actores; 5) incluye todo tipo de empresas; 6) calidad de conocimiento en el SRI; 7) sistema con aprendizaje continuo; 8) buena estructura, mecanismos y recursos; 9) ofrece apoyos económicos; 10) acceso a capacitación; 11) la existencia una organización que conecta (Ruta N); y 12) ha creado una meta en común.

Dentro de los aspectos positivos, se puede reconocer que el cambio cultural es el más importante para cuatro de los actores, industria, Estado, universidad y sociedad civil. Por su parte, la academia evidencia otros aspectos positivos como el ambiente, la capacitación, el aprendizaje continuo. Aunque en los aspectos negativos analizados en el apartado anterior se encontró que la interacción y la articulación entre los actores han tenido sus inconvenientes, también se reconoce como aspecto positivo, que se ha propiciado y se han generado los espacios para lograr esta interacción. La empresa privada en particular, valora casi todos los aspectos del SRI, como el aprendizaje continuo, la buena estructura, mecanismos y recursos, el acceso a la capacitación, características a través de las cuales se crea un ambiente propicio para el desarrollo de las ideas, productos y servicios, lo cual va transformando día a día la cultura de emprendimiento en la región. Asimismo, la sociedad civil reconoce la interacción como uno de los aspectos positivos, sumado al sistema de aprendizaje y las metas en común que aportan al cambio cultural.

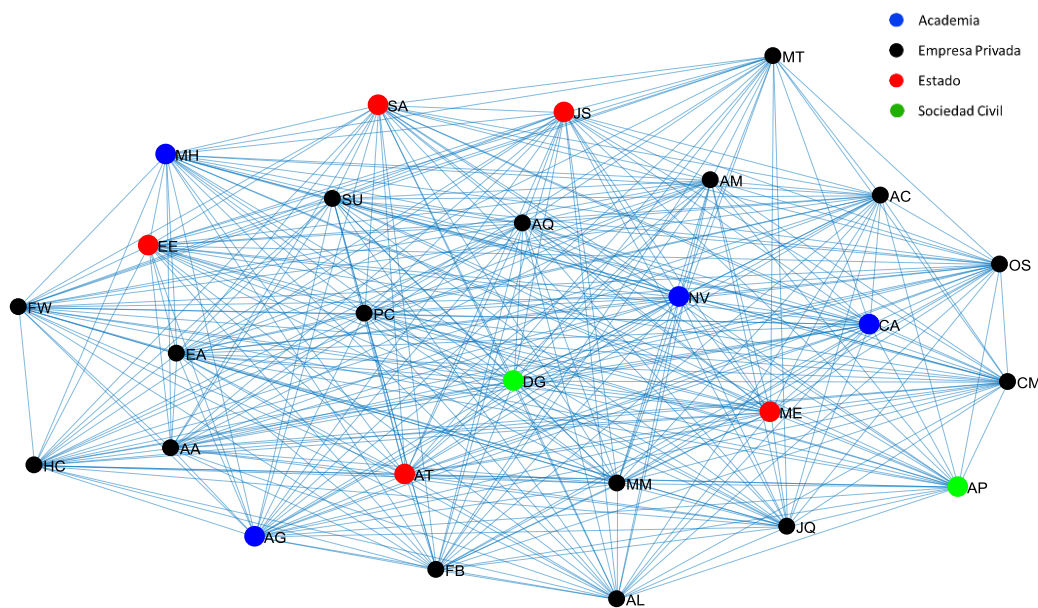
Figura 14. Diagrama de radar organizado por cada uno de los actores de la cuádruple hélice, donde se muestran los aspectos positivos de un sistema regional de innovación (SRI)



### 3.2 Análisis de redes

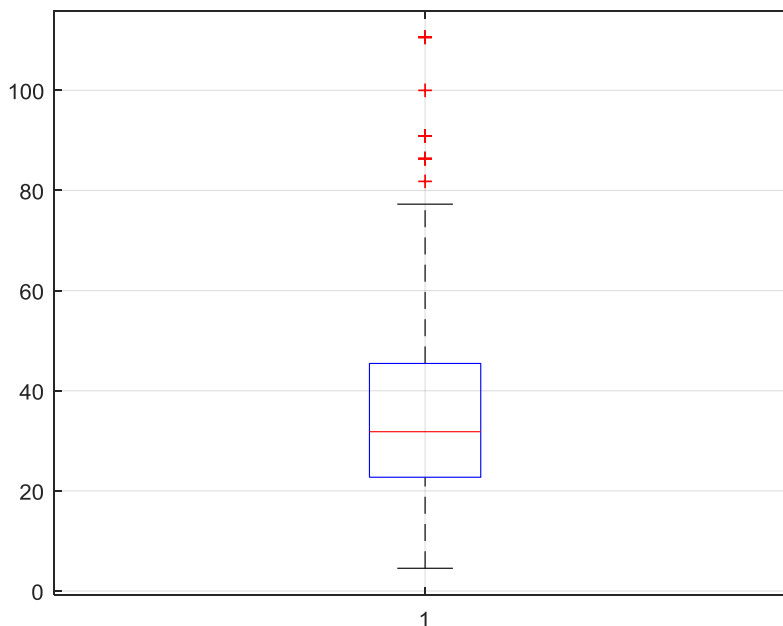
Cada persona entrevistada en el SRI se va a representar por un nodo en el sistema de redes que se debe estructurar. En este caso, se deben homogenizar las características, de forma que los nodos representen personas, sin importar la organización a la que pertenecen, de modo que las características estructurales de la red sean independientes de las organizaciones que lo componen. Para incluir un relacionamiento con respecto a la cuádruple hélice dentro del sistema de innovación, se debe hacer un análisis posterior al análisis estructural de los grafos. Solamente se diferenciarán las definiciones de la cuádruple hélice en la visualización gráfica de la red, debido a que para el análisis estructural de una red se deben mantener nodos con las mismas propiedades. Los vínculos entre las personas entrevistadas deben todos tener las mismas características. Para esta aplicación en el caso de estudio instrumental, se realizará un relacionamiento en función de la percepción de las diferentes personas sobre las características más relevantes bajo el marco institucional según el rol de cada uno de los actores. Siendo esta la definición de lazo, se encuentra que se incrementan el peso del lazo, cuando dos personas tienen la misma percepción sobre una de las características analizadas en el estudio. Una vez sumadas todas las respuestas para configurar el peso de los lazos entre los actores, se normalizarán estos valores en relación a la máxima cantidad de lazos posibles en un grafo ideal con el mismo número de nodos al analizado. A continuación, se muestra el grafo que corresponde a la red de análisis del caso instrumental.

Figura 14. Diagrama de grafo que representa la percepción de los actores del sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá



La primera característica que salta a la vista de este grafo, es que es conexo, lo que significa que todos los actores del sistema de innovación tienen forma de relacionarse entre sí, basados en la percepción que tienen sobre el mismo sistema. Para ratificar esta información, se calcula la densidad del grafo, la cual equivale a la relación entre los lazos posibles, y la cantidad de lazos si todos los nodos estuvieran conectados entre sí. En este caso, el resultado de la densidad es un valor de 98.6 %, lo cual es excepcional para un relacionamiento dentro de un SRI. Este hallazgo de la densidad entrega información adicional para empezar a definir los resultados de acuerdo a la hipótesis dos, la cual afirma que la distancia promedio entre dos actores cualesquiera de la red de innovación es igual o menor a tres. El resultado final de la distancia promedio entre dos actores y el diámetro del grafo se van a presentar en relación a la máxima conexión entre dos nodos. La máxima conexión o acierto en la percepción entre los encuestados es de un valor de 20, y siendo este valor el máximo, el promedio de la distancia entre dos actores es de 34 % y el diámetro es de 161 %. Desde este punto de vista, y analizando la densidad de la red, se puede concluir que el sistema tiene un relacionamiento alto en cuanto a la percepción de los integrantes del mismo. Un análisis a profundidad sobre las distancias en el grafo se puede ver en el diagrama de bigotes de la Figura 15, donde se puede apreciar, que el promedio de las distancias entre cualquier par de nodos también se encuentra alrededor de un 34 %, como se describió anteriormente, el cual equivale a un valor de 3,005 grados en este grafo y se confirma la H2 antes del estudio.

Figura 15. Diagrama de bigotes del análisis de las distancias en el grafo



La primera hipótesis planteada pide identificar la fortaleza del papel de las organizaciones estatales en la función de articuladoras e impulsadoras del SRI. Para tal fin se calculó la importancia de cada nodo como pivote de las relaciones entre todos los nodos, y se encontraron los resultados diferenciados según el tipo de actor de la cuádruple hélice. Según la tabla que se muestra a continuación, queda claro que las organizaciones que representan la academia hacen un papel fundamental como articulador e impulsador del sistema de innovación, ya que dentro del grafo que representa la relación en cuanto a la percepción de los actores, estos actores estatales son nodos piloto importantes para la conexión entre todos los actores.

Las empresas que representan el Estado también son un actor fundamental en cuanto a la percepción de todos los entrevistados en el SRI, ya que ocupan el segundo lugar en cada uno de los indicadores analizados. La empresa privada y la sociedad civil se encuentran un poco más desarticulados en el SRI, como lo muestran los resultados del análisis de nodos pivote y centralidad, aunque en el análisis de camino más corto, grado y pesos de los lazos tienen valores cercanos al promedio.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis de grafos pertinentes para definir la importancia de un nodo dentro de la red de percepción definida. Entre mayor sea alguno de los valores propuestos, mayor va a ser la importancia del nodo específico para la red. En este caso, se seleccionaron los nodos correspondientes a cada uno de los actores definidos dentro de la cuádruple hélice de innovación y el valor promedio define si este actor es relevante o no.

Tabla 4. Análisis de los nodos de la red de grafos que representa la relación de percepciones clasificada por actores en el sistema regional de innovación (SRI) del valle del Aburrá

Tipo de empresa	Centralidad	Grado	Camino más corto ([%]	Pesos de los lazos [%]	Nodos pivote
Estado	4,47	26,0	41,46	40,52	6,80
Sociedad civil	2,23	25,0	34,38	38,69	0,00
Universidad	4,47	26,0	44,00	41,96	7,25
Empresa privada	3,46	25,5	29,20	31,81	0,56

Fuente: elaboración del autor.

Aunque es claro que las universidades son los nodos principales en cuanto a la percepción en la red de innovación, es importante resaltar que el papel que juegan también las organizaciones del Estado y la empresa privada, las cuales presentan un nivel de articulación alto al observar los resultados. Aun así, no se puede comprobar la hipótesis H1.

### 3.3 Conclusiones

En el estudio realizado se buscaba entender el rol de las instituciones, su importancia, y el impacto tanto positivo como negativo enfocado al relacionamiento de los actores de la cuádruple hélice en un SRI. Inicialmente se reconoce que la participación en convocatorias, programas de incubación y aceleración, así como las plataformas de transferencia de conocimiento, las alianzas entre academia y empresa, y el apoyo por parte del Estado para el relacionamiento e investigación y desarrollo son las instituciones formales más reconocidas por los encuestados. Por otro lado, la investigación apoyada por la empresa privada no es muy reconocida, motivo por el cual se propone que el Estado implemente políticas que apoyen la investigación y desarrollo desde la empresa privada, ya que éstas tienen un mayor efecto sobre la productividad y son más ágiles a la hora de llegarle al mercado.

En cuanto a las instituciones informales, se encuentra una tendencia a reconocer diferentes rasgos negativos de la cultura regionalista, como por ejemplo la aversión al cambio, la aversión al riesgo, el facilismo, la no apertura ante otros sistemas de innovación, lo cual debe tratarse desde un concepto de cambio cultural. Aunque ya se viene trabajando en este cambio cultural y se ha visto un efecto positivo, gracias a que se percibe que hay una mentalidad más abierta, aún se deben tomar acciones para continuar con este cambio. Dentro de las tendencias, también se podía observar que hace falta tener buenos procesos de implementación de los desarrollos de innovación y una estrategia efectiva de comunicación de los casos de éxitos, actividades que pueden ayudar al cambio cultural.

De acuerdo con el análisis de los resultados sobre la efectividad del sistema de innovación a la hora de llevar productos y servicios al mercado, se debe trabajar en éste proceso y debe venir acompañado de una campaña de comunicación y divulgación, para que se incremente la motivación de todos los actores involucrados. Según los análisis de percepción, existe muy mala comunicación y pocos casos de éxito, los cuales deben ser expuestos en la comunidad, para que los emprendedores vean los resultados y se empiece a transformar la cultura de aversión al riesgo a una cultura de aprendizaje continuo e implementación. La cultura de optimismo actual necesita ver reflejados sus esfuerzos en logros tangibles, para que así se puedan generar mayores sinergias y en realidad se concreten los procesos de articulación entre la academia, la empresa privada, el Estado y la sociedad civil.

Se destaca un compromiso alto de la industria, sobre todo por la apertura que demuestran en sus intenciones de compartir el conocimiento, transformar la cultura de innovación y crear un ambiente propicio para la generación de ideas. Las grandes coincidencias en las opiniones sobre el sistema regional, acompañado del análisis de la red a través de técnicas de grafos, apoyan la hipótesis planteada, que los actores del SRI tienen una percepción unificada sobre el rol de las instituciones para el desarrollo del sistema. Por otro lado, no se pudo comprobar que las organizaciones del Estado son el eje central del sistema de innovación, y por el

contrario, las universidades representan los nodos pivote en el relacionamiento basado en la percepción del rol de las instituciones. Aunque no era el resultado esperado desde la hipótesis, se debe tomar en cuenta que las organizaciones del Estado se encuentran en un segundo lugar en cuanto a la posición de nodo central en la red, y con valores muy cercanos a los que presentan las universidades. Este resultado puede ser visto desde puntos de vista positivos, como por ejemplo que el SRI no es dependiente en su totalidad de las empresas del Estado, y que la centralidad de la academia puede aprovecharse para incentivar más agilidad a la hora de llevar desarrollos de conocimiento a la práctica. Incrementar el trabajo entre las organizaciones del Estado y la academia, para acercarse a la empresa privada puede ser un mecanismo para llevar mayor cantidad de productos y servicios al mercado.

Para lograr los resultados de incrementación de la producción del SRI, es claro que deben simplificarse los procesos burocráticos existentes. Dentro de los entrevistados, se ha percibido que la burocracia, lentitud, dependencia del Gobierno de turno, entre otros, son factores que afectan de forma negativa a la continuidad y productividad del SRI.

## Referencias

- Alemania, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, BMWI (2000). *Gestzt für den Vorrang Erneubaren Energien*. Berlín: EEG.
- Alemania, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, BMWI (2016). *Erneubaren Energien in Zahlen*. Berlín: BMWI. Disponible en [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2016.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=8)
- Antonelli, C. (1993). Investment and adoption in advanced telecommunications. *Journal of Economic behavior and Organization*, 20(2), 227-245, febrero. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(93\)90092-4](https://doi.org/10.1016/0167-2681(93)90092-4)
- Armour, H. O. (1978). Organizational structure and economic performance: A test of the multidivisional hypothesis. *The Bell Journal of Economics and Management Studies*, 9(1), 106-122, primavera. Doi 10.2307/3003615
- Arundel, A., Lorenz, E., Lundvall, B.-A. y Valeyre, A. (2007). How Europe's economies learn: A comparison of work organization and innovation mode for the EU-15. *Industrial and Corporate Change*, 16(6), 1175-1210, diciembre. <https://doi.org/10.1093/icc/dtm035>
- Asheim, B. (1996). Industrial districts as 'learning regions': A condition for prosperity? *European Planing Studies*, 4(4), 379-400, abril. <https://doi.org/10.1080/09654319608720354>
- Asheim, B. (2007). Differentiated knowledge bases and varieties of regional innovation systems. *Innovation*, 20(3), 223-241, junio. <https://doi.org/10.1080/13511610701722846>
- Asheim, B. y Coenen, L. (2005). Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters. *Research Policy*, 34(8), 1173-1190, octubre. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.03.013>
- Asheim, B. y Gertler, M. (2005). The geography on innovation: Regional innovation systems. En J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 291-317). Oxford: Oxford University Press.
- Asheim, B., Smith, H. y Oughton, C. (2011). Regional innovation systems: Theory, empirics and policy. *Regional Studies*, 45(7), 875-891, julio. <https://doi.org/10.1080/00343404.2011.596701>
- Aydalot, P. (1986). *Milieux innovateurs en Europe*. Groupe de recherche Europeen sur les milieux innovateurs. París. Disponible en [http://data.bnf.fr/12001656/groupe\\_de\\_recherche\\_europeen\\_sur\\_les\\_milieux\\_innovateurs/](http://data.bnf.fr/12001656/groupe_de_recherche_europeen_sur_les_milieux_innovateurs/)
- Barabasi, A. y Albert, R. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 71, enero. Disponible en <http://barabasi.com/f/103.pdf>

- Becattini, G. (2006). The industrial district and development economics. En T. Raffaelli, G. Becattini y M. Dardi (eds.) *The Elgar Companion to Alfred Marshall* (pp. 664-667). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.
- Belussi, F., Sammarra, A. y Sedita, S. (2010). Learning at the boundaries in an 'open regional innovation system': A focus on firms' innovation strategies in the Emilia Romagna life science industry. *Research Policy*, 39(6), 710-721, julio. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.014>
- Bergek, A. y Jacobsson, S. (2003). The emergence of a growth industry: A comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries change, transformation and development. En J. S. Metcalfe y U. Cantner (eds.) *Change, Transformation and Development* (pp. 197-227). Heidelberg: Physica.
- Berry, S. D. (2013). The impact of green niche green developments in transforming the building sector: The case study of Lochiel Park. *Energy Policy*, 62, 646-655, noviembre. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.067>
- Blum, A., Hopcroft, J. y Kannan, R. (2018). *Foundations of Data Science*. S. d. Disponible en <https://www.cs.cornell.edu/jeh/book.pdf>
- Braczyk, H., Cooke, P. y Heidenreich, M. (1998). *Regional innovation systems*. Londres: UCL Press.
- Buesa, M., Heijs, J., Martínez, M. y Thomas, P. (2006). Regional systems of innovation and the knowledge production function: The Spanish case. *Technovation*, 26(4), 463-472, abril. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.11.007>
- Bühlmann, P., Fellinghauer, B. y Ryffel, M. (2013). Stable graphical model estimation with random forests for discrete, continuous, and mixed variables. *Computational Statistics & Data Analysis*, 64, 132-152, agosto. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.02.022>
- Camagni, R. (1995). The concept of innovative milieu and its relevance for public policies in European lagging regions. *Regional Science*, 74(4), 317-340, octubre. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1995.tb00644.x>
- Campbell, D. y Carayannis, E. (2009). 'Mode 3' and 'Quadruple helix': Toward a 21<sup>st</sup> century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46, 201-234, enero. Doi 10.1504/IJTM.2009.023374
- Carlsson, B. y Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), 93-118. <https://doi.org/10.1007/BF01224915>
- Cavallini, S., Friedl, J., Soldi, R. y Volpe, M. (2016). *Using the quadruple helix approach to accelerate the transfer of research and innovation results to regional growth*. Bruselas: European Committee of Regions. Disponible en <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e54c161-36a9-11e6-a825-01aa75ed71a1/language-en>
- Child, J. (1972). Organizational structure, environment and performance: The role of strategic choice. *Sociology*, 6(1), 1-22, enero. <https://doi.org/10.1177/003803857200600101>

- Clemente, F. M., Greco, P. J., Moreira-Praca, G., Pereira, A. G. y Pérez-Morales, J. C. (2017). Network analysis in small-sided and conditioned soccer games: The influence of additional players and playing position. *Kinesiology*, 49(2), 185-193. Disponible por descarga en <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/kinesiology/article/view/5262>
- Coase, R. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law & Economics*, 3, 1-44, octubre. Doi <http://www.jstor.org/stable/724810>
- Coenen, L. y Díaz-López, F. (2010). Comparing system approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: An explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1149-1160, agosto. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.04.003>
- Colombia, Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, MinTIC (2014). *Boletín 2 – 2014* [en línea]. Sitio web [www.mintic.gov.co/](http://www.mintic.gov.co/). Disponible en <http://micrositios.mintic.gov.co/boletines/20140703/index.html>
- Cooke, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945-974, diciembre. <https://doi.org/10.1093/icc/10.4.945>
- D'este, P. (2008). *Entrepreneurship and innovation - Organizations, institutions, systems and regions* [ponencia]. 25<sup>th</sup> DRUID Celebration Conference, Copenhagen. Disponible en [http://digital.csic.es/bitstream/10261/17158/1/AC231\\_1\\_Pablo%20dEste%20DRUID.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/17158/1/AC231_1_Pablo%20dEste%20DRUID.pdf)
- Damanpour, F. (1987). The adoption of technological, administrative, and ancillary innovations: The impact of organizational factors. *Journal of Management*, 13(4), 675-688, diciembre. <https://doi.org/10.1177/014920638701300408>
- Damanpour, F. y Evan, W. (1990). The adoption of innovations over time: Structural characteristics and performance of organizations. *Journal of Library and Information Science Research*, 14, 465-482.
- Dos Santos, B. L. y Peffer, K. (1995). Rewards to investors in innovative information technology applications: First movers and early followers in ATMs. *Organization Science*, 6(3), 241-259. Doi <https://doi.org/10.1287/orsc.6.3.241>
- Easley, D. y Kleinberg, J. (2010). *Networks, crowds, and markets: Reasoning about a highly connected world*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Eloy, A. e Iñigo, O. (2016). *La transición energética en Alemania (Energiewende)*. Vitoria: Cuadernos Orkestra. Disponible en [http://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/cuadernos/La\\_transici%C3%B3n\\_energ%C3%A9tica\\_en\\_Alemania\\_Energiewende\\_-\\_Versi%C3%B3n\\_web.pdf](http://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/cuadernos/La_transici%C3%B3n_energ%C3%A9tica_en_Alemania_Energiewende_-_Versi%C3%B3n_web.pdf)
- Eppstein, D., Goodrich, M., Löffler, M., Strash, D. y Trott, L. (2013). Category-based routing in social networks: Membership dimension and the small-world phenomenon. *Theoretical Computer Science*, 514, 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2013.04.027>

- Equist, C. (2005). Systems of innovation. Perspectives and challenges. En J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 181-208). Oxford: Oxford University Press.
- Equist, C., Johnson, B. y Lundvall, B. (2003). *Economic development and the national system of innovation approach*. Proceedings of the First Globelics Conference, Rio de Janeiro.
- Ergos, T., Olden, J., Schick, R., Schmera, D. y Fortin, M. (2012). Characterizing connectivity relationships in freshwaters using patch-based graphs. *Landscape Ecology*, 27(2), 303-317. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9659-2>
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and 'Mode 2' to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123, febrero. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Fagerber, J., Mowery, D. y Verspagen, B. (2009). The evolution of Norway's national innovation system. *Science and Public Policy*, 36(6), 431-444, julio. <https://doi.org/10.3152/030234209X460944>
- Feldman, M. (2001). *The entrepreneurial event revisited: Firm formation in regional concept*. Nueva York: Oxford University Press. Disponible en [http://maryannfeldman.web.unc.edu/files/2011/11/Entrepreneurial-Event-Revisited\\_2001.pdf](http://maryannfeldman.web.unc.edu/files/2011/11/Entrepreneurial-Event-Revisited_2001.pdf)
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London: Frances Pinter.
- Garzik, L. y Ranga, M. (2015). *From Mozart to Schumpeter: A triple helix systems approach to advancing regional innovation in the Salzburg region of Austria*. Viena: Austrian Council for Research and Technology Development.
- Geels, F. (2014). Reconceptualising the co-evolution of firms in industries and their environments: developing an inter-disciplinary triple embeddedness framework. *Research Policy*, 43(2), 261-277, marzo. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.10.006>
- Geels, F. y Kemp, R. (2007). Dynamics of socio-technical systems: Typology of change processes and contrasting studies. *Technology in Society*, 29(4), 441-455, noviembre. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2007.08.009>
- Godin, B. (2006). The knowledge-based economy: Conceptual framework or buzzword? *The Journal of Technology Transfer*, 31(1), 7-30. <https://doi.org/10.1007/s10961-005-5010-x>
- González, B. (2006). Análisis de un modelo de red de relaciones en áreas innovadoras. *Investigaciones Geográficas*, 41, 65-83. Disponible en <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Dialnet-AnalisisDeUnModeloDeRedDeRelacionesEnAreasInnovado-2534291.pdf>
- Grabher, G. (1993). The weakness of strong ties: The lock-in of regional development in the Ruhr area. En G. Grabher (ed.) *The embedded firm*. Londres: Routledge.
- Grubb, M., McDowall, W. y Drummond, P. (2017). On order and complexity in innovations systems: Conceptual framework for policy mixes in sustainability transitions. *Energy Research and Social Science*, 33, 21-34. Doi 10.1016/j.erss.2017.09.016.

- Grueso Hinestroza, M. P., Gómez Cardona, J. H. y Garay Quintero, L. (2011). Redes empresariales e innovación: el caso de una red del sector cosmético en Bogotá (Colombia). *Estudios Gerenciales*, 27(118), 189-203, enero-marzo. Disponible en [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/397/pdf](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/397/pdf)
- Harary, F. (1969). *Graph Theory*. Addison-Wesley. Disponible en <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/705364.pdf>
- Hekkert, M. N. (2011). *Technological Innovation System Analysis*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Higuita-Palacio, A. M. (2015). Medellín: capital de la innovación. *Ingeniería Solidaria*, 11(18), 41-55, enero-diciembre. Disponible por descarga en <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/990/944>
- Iammarino, S. (2005). *An evolutionary integrated view of regional systems of innovation: Concepts, measures and historical perspectives*. Brighton: Taylor and Francis Group Ltd.
- Kaplan, D., Schrempf, B. y Schroeder, D. (2012). *National, regional, and sectorial systems of innovation*. ProGReSS (European Commission - Community Research). Disponible por descarga en [www.progressproject.eu/wp-content/.../Progress\\_D2.2\\_final.pdf](http://www.progressproject.eu/wp-content/.../Progress_D2.2_final.pdf)
- Kemp, R. S. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175-198, junio. <https://doi.org/10.1080/09537329808524310>
- Kim, L. (1980). Organizational innovation and structure. *Journal of Business Research*, 8(2), 225-245, junio. [https://doi.org/10.1016/0148-2963\(80\)90012-0](https://doi.org/10.1016/0148-2963(80)90012-0)
- Kimberly, J. R. y Evankinko, M. J. (1981). Organizational innovation: The influence of individual, organizational, and contextual factors on hospital adoption of technology and administrative innovation. *The Academy of Management Journal*, 24(4), 689-713, diciembre. Doi 10.2307/256170
- Koch, A. y Stahlecker, T. (2006). Regional innovation systems and the foundation of knowledge intensive business services. A comparative study in Bremen, Munich, and Stuttgart, Germany. *European Planning Studies*, 14(2), 123-146, agosto. <https://doi.org/10.1080/09654310500417830>
- Korres, G. (2013). The European national and regional systems of innovation. En E. Carayannis y G. Korres (eds.) *The innovation union in Europe: A socio-economic perspective on EU integration* (pp. 85-98). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.
- Lawrence, P. R. y Lorsch, J. W. (1967). *Organization and Environment*. Boston: Harvard Business School.
- Lawson, C. y Lorenz, E. (1999). Collective learning, tacit knowledge and regional innovative capacity. *Regional Studies*, 33(4), 305-317, agosto. <https://doi.org/10.1080/713693555>
- Leskovec, J., Rajaraman, A. y Ullman, J. (2014). *Mining of massive datasets*. S. d. Disponible en <http://infolab.stanford.edu/~ullman/mmds/book.pdf>

- Leydesdorff, L. y Fritsch, M. (2006). Measuring the knowledge base of regional innovation systems in Germany in terms of a triple helix dynamics. *Research Policy*, 35(10), 1538-1553, diciembre. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.027>
- Lin, L., Hsieh, Y., Xu, L., Zhou, S. y Chen, R. (2017). The relationship between extra connectivity and conditional diagnosability of regular graphs under the PMC model. *Journal of Computer and System Sciences*, 95, 1-18, agosto. <https://doi.org/10.1016/j.jcss.2017.11.004>
- Lundvall, B. y Johnson, B. (1994). The learning economy. *Journal of Industry Studies*, 1(2), 23-42, mayo. <https://doi.org/10.1080/13662719400000002>
- Lundvall, B.-A. (1992). *National systems: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres: Anthem Press.
- Lyles, W. (2015). Using social network analysis to examine planner involvement in environmentally oriented planning processes led by non-planning professions. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(11), 1961-1987, noviembre. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.973478>
- Malerba, F. (2002). Sectorial systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247-264, febrero. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1)
- Malerba, F. (2003). Sectorial systems and innovation and technology policy. *Revista Brasileira de Inovação*, 2, 329-375. Doi 10.20396/rbi.v2i2.8648876
- Malerba, F. (2004). Sectorial systems: How and why innovation differs across sectors. En J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation*, (pp. 380-406). Oxford: Oxford Handbooks.
- Mantzavinos, C., North, D. y Shariq, S. (2004). Learning, institutions and economic performance. *Perspectives on Politics*, 2(1), 75-84, marzo. <https://doi.org/10.1017/S1537592704000635> Published online: 01 March 2004
- Mathworks (2018). *Graph and Network Algorithms* [en línea]. Sitio web <https://la.mathworks.com/>. Disponible en <https://la.mathworks.com/help/matlab/graph-and-network-algorithms.html>
- Medellín (2005). *Documento técnico de soporte del POT*. Medellín: Municipio de Medellín. Archivo personal del autor.
- Milgram, S. (1967). The Small World Problem. *Psychology Today*, 2, 60-67. Disponible en <http://snap.stanford.edu/class/cs224w-readings/milgram67smallworld.pdf>
- Morgan, K. (2004). The exaggerated death of geography: Learning, proximity and territorial innovation systems. *Journal of Economic Geography*, 4(1), 3-21, febrero. Doi 10.1093/jeg/4.1.3
- Nilakanta, S. y Subramanian, S. (1996). Organizational innovativeness: Exploring the relationship between organizational determinants of innovation, types of innovations, and measures of organizational performance. *Omega*, 24(6), 631-647, diciembre. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(96\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(96)00031-X)

- North, D. (1989). Institutions and economic growth: A historical introduction. *World Development, Elsevier*, 17(9), 1319-1332, septiembre. Doi 10.1016/0305-750X(89)90075-2
- North, D. (1991). Institutions. *Journal of Economics Perspectives*, 5(1), 97-112, invierno. Disponible en <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.5.1.97>
- Nykamp, H. (2016). A transition to green buildings in Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24, 83-93, septiembre. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.006>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (1996). *The knowledge-based economy*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (1997). *National innovation systems*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2002). *Frascati Manual*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2005). *Oslo Manual*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2007). *Innovation and growth. Rationale for an innovation strategy*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2010). *Regional innovation strategies*. París: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD (2011). *Measuring innovation - A new perspective* [en línea]. Sitio web <http://www.oecd.org/>. Disponible en <https://www.oecd.org/site/innovationstrategy/measuringinnovationanewperspective-onlineversion.htm>
- Ortega Álvarez, A. M. (2017). Innovación: más que una actividad, un proceso sistémico. *Strategia*, 46, 112-119. Disponible en [http://centrumaldia.com/Docs/files/art%C3%ADculo\\_strategia\\_46\\_-\\_ana\\_mar%C3%ADa\\_ortega\\_-\\_innovaci%C3%B3n.pdf](http://centrumaldia.com/Docs/files/art%C3%ADculo_strategia_46_-_ana_mar%C3%ADa_ortega_-_innovaci%C3%B3n.pdf)
- Ortega Álvarez, A. M. (2018). *The role of institutions in a regional innovation system and their impact on the innovation performance of organizations within the quadruple helix* [tesis de doctorado]. Lima: Centrum. En proceso de publicación.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1994). *The nature and importance of national innovation systems*. París: OECD.
- Phillips, S. y Dudik, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175, marzo. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Porter, M. (1980). *Competitive Strategy*. Nueva York: Free Press.
- Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*. Nueva York: Free Press.

- Powell, W. W., Koput, K. W. y Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 41(1), 116-145, marzo. Doi 10.2307/2393988
- Powell, W. y DiMaggio, P. (1991). *The new institutionalism in organizational analysis*. Chicago: University of Chicago Press.
- Revista Portafolio (2016). Emprendimiento colombiano en cifras [en línea]. Sitio web <http://www.portafolio.co/>. *Portafolio*, 11 de febrero. Disponible en <http://www.portafolio.co/innovacion/emprendimiento-colombiano-cifras-155078>
- Rosner, M. M. (1968). Economics determinants of organizational innovation. *Administrative Science Quarterly*, 12(4), 614-625, marzo. Doi 10.2307/2391536
- Ruta N (2016). *Informe de Gestión*. Medellín: Ruta N. Archivo personal del autor.
- Ruta N (2017). *Medellín: de polo industrial a hub mundial de innovación* [en línea]. Sitio web <https://www.rutanmedellin.org/>. Disponible en <https://www.rutanmedellin.org/es/nosotros/ruta-n/medell%C3%ADn-hub-mundial-de-innovaci%C3%B3n>
- Saary, M. (2008). Radar plots: A useful way for presenting multivariate health care data. *Journal of Clinical Epidemiology*, 60, 311-317, abril. Doi 10.1016/j.jclinepi.2007.04.021
- Schrepf, B., Kaplan, D. y Schroeder, D. (2012). *National, regional, and sectorial systems of innovation*. ProGRESS (European Commission - Community Research). Disponible por descarga en [www.progressproject.eu/wp-content/.../Progress\\_D2.2\\_final.pdf](http://www.progressproject.eu/wp-content/.../Progress_D2.2_final.pdf)
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Oxford: Oxford University Press.
- Schwerin, J. y Werker, C. (2003). Learning innovation policy based on historical experience. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(4), 385-404, diciembre. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(03\)00031-6](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(03)00031-6)
- Singer, P. (2009). *The life you can save*. Melbourne: Text Publishing.
- Skroupa, C. (2017). Competitive advantage. How innovation is shaping the 21<sup>st</sup> century company [en línea]. *Forbes*, 4 de octubre. Disponible en <https://www.forbes.com/sites/christopherskroupa/2017/10/04/competitive-advantage-how-innovation-is-shaping-the-21st-century-company/#82c7b886a4cd>
- Smith, A. (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Londres: MetaLibri.
- Smith, A. (2007). Translating sustainabilities between green niches and socio technical regimes. *Techological Analysis & Strategic Management*, 19(4), 427-450, septiembre. <https://doi.org/10.1080/09537320701403334>
- Soete, L., Verspagen, B. y Ter Weel, B. (2010). *Systems of innovation*. MERIT Working Papers 062. <https://ideas.repec.org/p/unm/unumer/2009062.html>
- Tecnova (s. f.). Sitio web <http://www.tecnova.org/tecnova/>
- Thompson, B. A. (1965). Bureaucracy and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 10(1), 1-20, junio. Doi 10.2307/2391646

- United Nations, UN (2015). *UN projects world population to reach 8.5 billion by 2030, driven by growth in developing countries* [en línea, 29 de junio]. Sitio web <https://www.un.org/>. Disponible en <http://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/07/un-projects-world-population-to-reach-8-5-billion-by-2030-driven-by-growth-in-developing-countries/>
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817-830, octubre. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7)
- Von Shomberg, R. (2013). A vision of responsible research and innovation. En R. Owen, J. Bessant y M. Heintz (eds.) *Responsible Innovation* (pp. 51-74). Londres: John Wiley & Sons.
- Williamson, O. (1985). *The economic institutions of capitalism*. Nueva York: Free Press.
- Zimud, R. W. (1982). Diffusion of modern software practices: Influence of centralization and normalization. *Management Science*, 28(12), 1421-1431, diciembre. <https://doi.org/10.1287/mnsc.28.12.1421>