



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**



UNIVERSIDAD  
DE LIMA

**CONSORCIO DE UNIVERSIDADES  
DOCTORADO EN GESTIÓN ESTRATÉGICA**

**Análisis de redes sociales de las redes de colaboración en I+D+i en el  
Perú (2007-2018)**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN GESTIÓN  
ESTRATÉGICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL Y  
SOSTENIBILIDAD**

**Elaborada por:**

**Mario Francisco Bazán Borja**

**Asesor:**

**Francisco Sagasti**

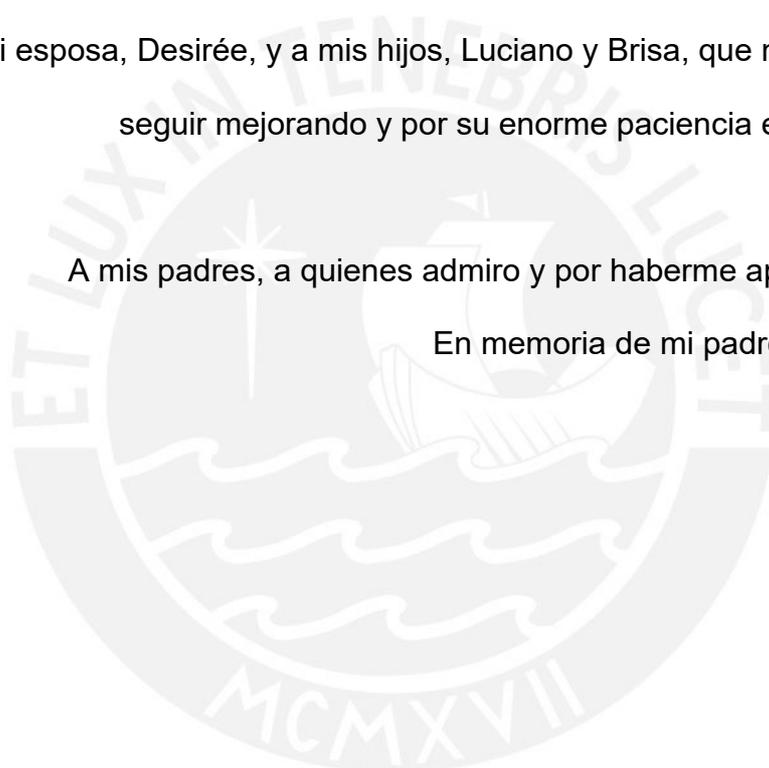
**Agosto, 2022**

**Lima-Perú**

A mi esposa, Desirée, y a mis hijos, Luciano y Brisa, que me inspiran para seguir mejorando y por su enorme paciencia en este proceso.

A mis padres, a quienes admiro y por haberme apoyado siempre.

En memoria de mi padre, Juan Enrique.



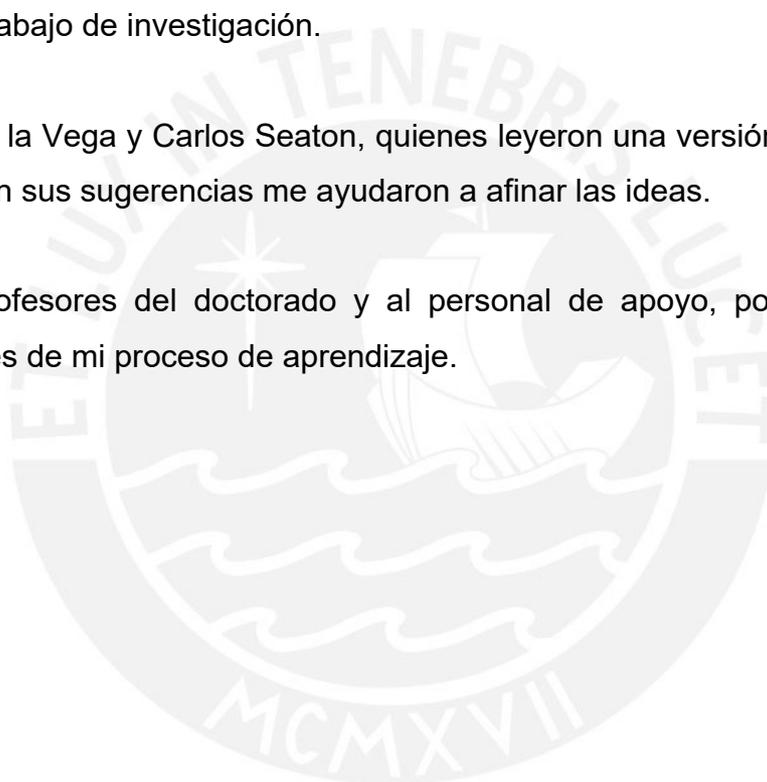
## Agradecimientos

A mi asesor y mentor, Francisco Sagasti, por orientarme en la elaboración de esta tesis.

A Jubal Álvarez, por todo su apoyo en la discusión de los temas, por sus sugerencias bibliográficas y metodológicas, y por revisar las anteriores versiones de este trabajo de investigación.

A Iván de la Vega y Carlos Seaton, quienes leyeron una versión completa de la tesis y con sus sugerencias me ayudaron a afinar las ideas.

A mis profesores del doctorado y al personal de apoyo, por estar siempre pendientes de mi proceso de aprendizaje.



## Abstract

Between 2007 and 2018, Peru increased its capacities to promote science, technology, and innovation through the implementation of competitive financing mechanisms that, due to their design, have contributed to the formation of collaborative networks for scientific research, technological development, and innovation. These collaborative networks for innovation are central to the adoption, generation, adaptation, transmission and valorization of knowledge, technologies, and innovations. This work employs social network analysis to identify the characteristics of collaborative networks at the national, regional, and interregional levels, as well as to measure the role of actor networks, both at the national, regional, and interregional levels, with respect to the diffusion of knowledge and the generation of collaborative networks created from competitive funding mechanisms. The thesis proposes a characterization of the regional innovation systems considering the composition of the collaboration networks generated by the funded projects; identifies the regions that would be forming inter-regional innovation systems; and shows the inter-temporal value of long-term collaborations between actors at the national level. The main conclusions include the leading role played by academic organizations in the national innovation system, the different degrees of maturity of regional innovation systems and a classification for Peru, and a proposal for interregional integration based on scientific and technological knowledge in the country.

**Keywords:** Innovation systems in Peru, Social Network Analysis, regional innovation systems, Interregional innovation systems

## Resumen

Entre los años 2007 y 2018, el Perú ha aumentado su capacidad de promover la ciencia, tecnología e innovación (CTI) implementando mecanismos competitivos de financiamiento que han contribuido a formar redes de colaboración para la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación. Estas redes son centrales para poder adoptar, generar, adaptar, transmitir y poner en valor conocimientos, tecnologías e innovaciones.

Este trabajo realiza un análisis de redes sociales para identificar las características de las redes de colaboración a escalas nacional, regional e interregional, así como para determinar el papel que cumplen los actores que intervienen en ellas en la difusión del conocimiento y en la generación de estas redes de colaboración creadas a partir de mecanismos competitivos de financiamiento. La tesis propone una caracterización de los sistemas regionales de innovación tomando en cuenta cómo se componen las redes de colaboración generadas por los proyectos financiados; identifica las regiones que estarían formando sistemas interregionales de innovación; y muestra el valor intertemporal de las colaboraciones de largo plazo entre actores del ámbito nacional.

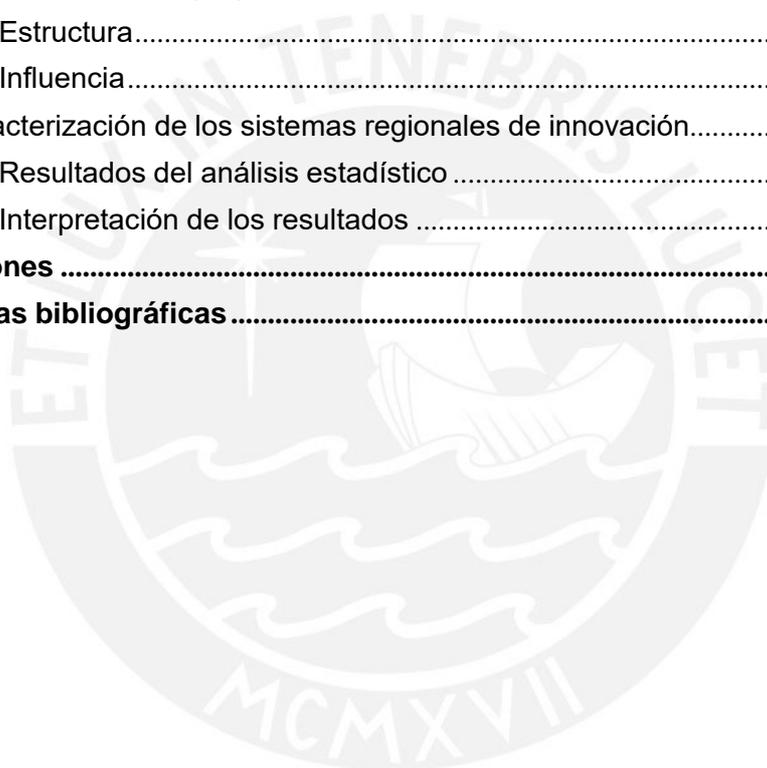
Entre las principales conclusiones de este trabajo de investigación destacan el liderazgo que ejercen las organizaciones académicas en el sistema nacional de innovación; los distintos grados de desarrollo de los sistemas regionales de innovación, de donde se desprende una clasificación para el Perú, y una propuesta de integración interregional basada en el conocimiento científico y tecnológico que existe en el país.

**Palabras clave:** sistemas de innovación; análisis de redes sociales; sistemas regionales de innovación; sistemas interregionales de innovación

## Tabla de contenido

<b>Siglas</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>
Objetivo de investigación .....	9
Principales hallazgos .....	10
Aspectos novedosos .....	11
Estructura de la tesis .....	11
<b>Capítulo 1. Revisión de la literatura: sistemas de innovación y análisis de redes sociales</b> .....	<b>13</b>
1.1 Los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación .....	13
1.2 Sistemas sectoriales de innovación.....	17
1.3 Los sistemas subnacionales de CTI: locales, regionales e interregionales .....	18
1.4 Límites del análisis de los sistemas de CTI y su aplicación en el Perú .....	23
1.6 Análisis de redes sociales y los sistemas de CTI.....	25
<b>Capítulo 2. Marco conceptual</b> .....	<b>27</b>
2.1 Elementos principales del análisis de redes sociales .....	27
2.2 Análisis de redes sociales aplicado a sistemas de innovación .....	32
2.2.1 Tamaño de la red.....	32
2.2.2 Proximidad .....	33
2.2.3 Estructura de la red .....	35
2.2.4 Influencia.....	37
2.3 Integración de los sistemas de innovación y el análisis de redes sociales .....	38
<b>Capítulo 3. Contexto, objetivos y metodología del estudio</b> .....	<b>42</b>
3.1 Contexto.....	42
3.2 Objetivos de la investigación e hipótesis .....	46
3.2.1 Objetivo de la investigación.....	46
3.2.2 Hipótesis .....	47
3.3 Metodología.....	47
3.3.1 Sistematización de la información.....	48
3.3.2 Análisis de redes sociales .....	49
3.3.3 Método de correlación de procedimiento de asignación cuadrática .....	50
3.4 Caracterización de las regiones en función del tipo de redes .....	52
3.5 Base de datos .....	54
3.6 Características de la población a analizar .....	55
<b>Capítulo 4. Resultados del análisis de redes sociales</b> .....	<b>59</b>

4.1 Caracterización de la red social de los proyectos de innovación en el ámbito nacional .....	59
4.2 Tamaño, influencia y proximidad de los nodos.....	62
4.2.1 Tamaño de los nodos.....	62
4.2.2 Influencia de los nodos .....	64
4.2.3 Homofilia geográfica y heterofilia organizacional.....	67
4.3 Análisis dinámico.....	70
4.4 Análisis interregional de redes de colaboración .....	71
4.5 Análisis intrarregional de los sistemas regionales de innovación .....	77
4.5.1 Tamaño de las redes.....	79
4.5.2 Proximidad .....	80
Fuente: elaboración propia.....	82
4.5.3 Estructura.....	82
4.5.4 Influencia.....	85
4.6 Caracterización de los sistemas regionales de innovación.....	89
4.6.1 Resultados del análisis estadístico .....	89
4.6.2 Interpretación de los resultados .....	92
<b>Conclusiones .....</b>	<b>100</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>107</b>



## Siglas

AMA	Amazonas
ANC	Ancash
AQP	Arequipa
AYA	Ayacucho
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAJ	Cajamarca
CITE	Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica
CUS	Cusco
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
FINCyT o Innovate Perú	Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
HUA	Huánuco
HUV	Huancavelica
JUN	Junín
LAL	La Libertad
LAM	Lambayeque
LOR	Loreto
MDD	Madre de Dios
ONG	Organismo no gubernamental
PAS	Pasco
PIU	Piura
PUN	Puno
QAP	Quadratic assignment procedure /Procedimiento de asignación cuadrática
SAM	San Martín
SNI	Sistema nacional de innovación
SRI	Sistema regional de innovación
TAC	Tacna
TUM	Tumbes
UCA	Ucayali

## Introducción

Durante los primeros decenios del siglo 21, el Perú ha avanzado en lo que respecta a oportunidades económicas, inclusión social y sostenibilidad ambiental (INEI, 2020). No obstante, queda un camino largo y difícil que recorrer para lograr condiciones sociales dignas para todos los peruanos, crecer de manera continua y descentralizada, y alcanzar un equilibrio entre el uso de los recursos naturales y un ambiente saludable (Gallo et al., 2015; Alcalde, 2015).

Muchos factores contribuyen a generar oportunidades de desarrollo y a permitir enfrentar los desafíos sociales, económicos y ambientales que se presentan. Uno de estos factores es la capacidad de generar y utilizar conocimiento. Por ello, el gobierno del Perú ha adoptado e implementado un conjunto de políticas, programas y proyectos cuyo objetivo es mejorar esta capacidad.

Con un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en 2007 se inició el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad, inicialmente conocido como Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCyT), y a partir de 2014 como Innóvate Perú.<sup>1</sup> Este programa de inversión pública tiene como finalidad promover la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación para mejorar la productividad y competitividad del país. Desde su creación se han implementado tres programas de préstamo con el BID, y se ha contado con otras fuentes de financiamiento para apoyar la capacidad de generar y utilizar conocimiento.

Según el artículo 43 de la Constitución Política (1993), el Perú cuenta con un “gobierno unitario, representativo y descentralizado”. Sin embargo, la evidencia muestra que la población, las instituciones, los principales servicios públicos y la actividad económica se concentran en pocas ciudades, sobre todo en la capital. Lima reúne más de un tercio de la población nacional.

---

<sup>1</sup> El Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad pasó a ser una unidad ejecutora pública (Innóvate Perú) adscrita al Ministerio de la Producción (Decreto Supremo 003-2014-Produce).

Al respecto, la octava política de Estado del Acuerdo Nacional (2002), “Descentralización política, económica, administrativa para propiciar el desarrollo integral, armónico y sostenido del Perú”, pone énfasis en eliminar el centralismo del país y en propiciar el crecimiento de las economías locales y regionales. El Acuerdo Nacional también señala que el Perú se compromete a invertir en el “desarrollo de la ciencia y tecnología”, necesario tanto para potenciar los recursos humanos como para mejorar la gestión de los recursos naturales y la competitividad de las empresas (Acuerdo Nacional, 2002).

Ambas políticas proponen un esquema político y económico descentralista basado en el desarrollo de la ciencia y tecnología, son coherentes y complementarias, pero no necesariamente se conciben y aplican de manera integral. En la práctica, el mejor desempeño en ciencia, tecnología e innovación (CTI) se concentra en pocas regiones.<sup>2</sup>

### **Objetivo de investigación**

La siguiente investigación realiza un análisis de redes sociales para lograr cuatro objetivos. El primero, identificar las redes de colaboración científica y productiva que se han formado como consecuencia del apoyo del FINCyT/Innovate Perú al sistema nacional de innovación, así como determinar el papel que desempeñan las entidades académicas y de infraestructura científica y tecnológica en estas redes. El segundo, medir en qué medida las relaciones entre actores tienden a repetirse en el tiempo. El tercero, analizar las relaciones que se configuran entre las regiones del país como resultado de las colaboraciones entre entidades que se ubican en regiones distintas. Finalmente, el cuarto objetivo apunta a caracterizar los sistemas regionales de innovación en el Perú basándonos en el análisis de redes sociales.

---

<sup>2</sup> El Perú se divide en 24 departamentos y la provincia constitucional del Callao. Luego de un proceso de regionalización efectuado en el 2002, se denominó “regiones” a los departamentos, sumando en total 26 regiones, considerando a Lima Metropolitana y el resto de Lima (la región Lima) como regiones separadas, así como al Callao, región Callao. En este estudio emplearemos el término “regiones” para ajustarnos al enfoque de sistemas regionales de innovación.

## Principales hallazgos

Un primer hallazgo de este estudio es que el financiamiento de proyectos de innovación por parte del gobierno peruano ha permitido crear redes de colaboración entre instituciones de distinta naturaleza y procedencia, que contribuyen a fortalecer y consolidar lo que se denomina un sistema nacional de innovación (véase el capítulo 1). Sin embargo, aún se percibe un sistema fragmentado, con redes débiles en gran parte del territorio nacional. El desafío para la política pública es, por lo tanto, fortalecer los mecanismos que aceleran los procesos de articulación entre los actores del sistema de innovación y generar las condiciones para que surjan instituciones complementarias que consoliden las redes existentes.

Un segundo hallazgo de este trabajo es que las redes de actores que proceden de regiones que comparten frontera configuran lo que se denomina “sistemas interregionales de innovación”. Estos pueden ser fuertemente integrados, semi-integrados o débilmente integrados (Lundquist y Trippi, 2011). Se identificaron en el Perú seis sistemas interregionales de innovación integrados fuertemente, que constituyen espacios para diseñar políticas que en la actualidad aún no se priorizan.

Un tercer hallazgo es que los sistemas regionales de innovación en el Perú son heterogéneos, como lo demuestra el análisis de redes sociales usando las categorías de interactivas, globalistas y localistas (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015). En este caso, el desafío principal para el gobierno es el de ampliar los instrumentos de política con el fin de atender los distintos niveles de desarrollo de las capacidades regionales para la innovación. En las regiones interactivas, los instrumentos deben centrarse en mejorar la cohesión de las redes. En las regiones globalistas, el principal reto es fortalecer las capacidades para generar conocimiento. En las regiones localistas, se requiere un desarrollo institucional e instrumentos que creen las condiciones mínimas para la difusión y adopción de conocimiento y tecnologías que permitan, en el mediano plazo, formar redes para la innovación.

Finalmente, a través del análisis dinámico del comportamiento de las relaciones entre cada par de actores, se demuestra que las relaciones iniciales entre dos actores que colaboran para generar, adaptar o transferir conocimiento científico y tecnológico influyen en la existencia de relaciones futuras; por lo tanto, para consolidar las redes de colaboración a futuro, se debe promover explícitamente la asociación entre los actores de los sistemas de innovación.

### **Aspectos novedosos**

El análisis de redes sociales destinado a entender y caracterizar la estructura y las dinámicas de los sistemas de innovación ha sido poco explorado en contextos como el peruano. Esta tesis aporta nuevos conocimientos al describir cómo interactúan los actores que contribuyen a la generación, adaptación, uso y transmisión de CTI, aplicando el análisis de redes sociales a las redes de colaboración en el Perú desde 2007 hasta 2018. Si bien esta metodología ya se ha utilizado en otros países, emplearla en un contexto como el peruano ha permitido proponer categorías de análisis nuevas que explican el comportamiento de las redes en los sistemas de innovación nacional, regionales e interregionales.

Asimismo, esta investigación contribuye a caracterizar mejor el contexto de la CTI en el Perú y sobre esa base propone una serie de políticas públicas. Finalmente, describir las redes permite identificar sus puntos vulnerables y desafíos, lo que constituye una herramienta para poder realizar un seguimiento de las capacidades regionales e interregionales de CTI.

### **Estructura de la tesis**

Luego de esta introducción, la tesis se divide en cuatro capítulos. En el primer capítulo se revisa la literatura sobre sistemas de innovación, tomando en cuenta los sistemas de innovación sectoriales y subnacionales, con mayor énfasis en los sistemas regionales de innovación y los sistemas interregionales de innovación, así como una breve revisión de la literatura del enfoque metodológico utilizado, el análisis de redes sociales, que luego es ampliado en

el capítulo tres. En el segundo capítulo se propone un marco conceptual para el análisis de redes sociales aplicado al sistema de innovación en los ámbitos nacional, regional e interregional. El tercer capítulo se centra en el contexto, los objetivos de investigación, la propuesta de las hipótesis y la metodología con la que se examinan estas cuatro hipótesis. El cuarto presenta los resultados, para terminar luego con un capítulo final de conclusiones.



## **Capítulo 1. Revisión de la literatura: sistemas de innovación y análisis de redes sociales**

La literatura sobre sistemas de innovación y sobre las relaciones sociales a través del análisis de redes sociales se ha desarrollado en paralelo, aunque desde hace unos 15 años ambos enfoques se han ido integrando (Lundquist y Tripl, 2011; Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015; Málaga y Romero, 2019; Martínez Prince, 2020; Málaga-Sabogal y Sagasti, 2021). Esta combinación ha contribuido al enfoque de sistemas de innovación para potenciar su poder explicativo con el uso de gráficos y metodologías del análisis de redes sociales. A continuación, se hace un recorrido que ilustra la evolución del enfoque hacia los sistemas de CTI y el análisis de redes sociales.

### **1.1 Los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación**

El enfoque de sistemas aplicado a la CTI ha cobrado importancia en los últimos 30 años, aunque sus bases conceptuales se remontan a más de 150 años atrás, con los estudios de Friedrich List (1841) sobre los factores de producción necesarios para acumular riqueza. Considerando ese punto de partida, las redes de colaboración entre actores, que son parte de esos factores de producción, contribuyen a generar, transformar, usar y difundir la CTI (Sagasti 1972).

Freeman (1987 y 1995), Lundvall (1992) y Cooke (1992) integran y reinterpretan estos conceptos para demostrar que hay sistemas nacionales que influyen en el funcionamiento de la economía y en la generación de riqueza en los países. Para su análisis utilizan las nociones de “sistema” e “innovación”, siendo un sistema el conjunto de elementos articulados entre sí que se retroalimentan y que cuentan con una propiedad emergente como consecuencia de esa interacción, que además es independiente de las propiedades de los elementos que conforman ese sistema (Ackoff, 1970; Von Bertalanffy, 1976). Este concepto se complementa con la idea de innovación de Schumpeter (1934), quien la define como un nuevo producto, la adaptación de un producto que ya existe, la aplicación de nuevos métodos de producción, la venta de un producto

que aún no se ha probado en la industria, el acceso a nuevos mercados para productos, la adquisición de nuevas fuentes de suministro de materias primas o bienes intermedios, o nuevas estructuras industriales.

Lundvall (1992), por su parte, combina ambos conceptos para definir los sistemas de innovación como aquellos sistemas que están constituidos por elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de nuevos conocimientos económicamente útiles. Sin embargo, los sistemas de innovación utilizan y se retroalimentan de los distintos tipos de conocimiento, como son: (i) los conocimientos básicos, que pueden ser muy amplios e indirectamente aplicables, y que están constituidos por los conocimientos fundamentales, puros o científicos; (ii) los conocimientos potencialmente utilizables, que se refieren a los que tienen un potencial de uso directo e incluyen el conocimiento aplicado, o conocimiento tecnológico; y (iii) los conocimientos listos para utilizar, que apuntan a aplicaciones directas y que pueden ser incorporados a las actividades de innovación (Sagasti, 1972).

Para esta investigación, el concepto de “sistema de innovación” se utiliza de manera indistinta de “sistema de CTI”, al incorporar no solo los conocimientos y tecnologías económicamente útiles, sino el desarrollo de conocimiento básico y con probabilidad de ser usado. Este marco teórico se encuadra a su vez en los aportes de la economía evolutiva, la cual conjuga el enfoque de selección natural, similar al de la biología; la tecnología como factor de cambio endógeno que conduce al crecimiento; y el papel de la innovación para explicar los cambios en el largo plazo (Morales, 2011).

Los sistemas de CTI están compuestos por organizaciones generadoras y transmisoras de conocimiento; empresas productivas de bienes y servicios que realizan innovaciones incorporando tecnología y conocimiento en sus actividades; organizaciones públicas, privadas o de la sociedad civil que apoyan a las unidades productivas y de servicios que realizan las innovaciones; agencias públicas que diseñan e implementan políticas en el campo de la macroeconomía, los sectores productivos, sociales y ambientales, la ciencia y tecnología, la

innovación y el marco de regulación; organizaciones especializadas de financiamiento; y entidades que crean un entorno favorable para la CTI (Tripl, Tödtling y Lengauer, 2007; Sagasti y Málaga, 2017).

Una característica central de los sistemas de CTI es que los agentes involucrados en ellos se retroalimentan entre sí para promover el aprendizaje y la innovación o, por el contrario, bloquean esos procesos (Lundvall, 1992; Arocena y Sutz, 2000; Bazán, Sagasti y Cárdenas, 2013). Estas interrelaciones son una respuesta a incentivos y reglas de juego explícitas e implícitas que condicionan la acción de los actores que participan en los diversos procesos y etapas de la generación, adaptación y uso de conocimiento, en el desarrollo, adaptación y uso de la tecnología, y en la generación de innovaciones. Estos incentivos y reglas de juego incluyen el sistema fiscal, los acuerdos comerciales, las normas técnicas y requisitos de calidad, y las disposiciones sobre la propiedad intelectual, entre otros elementos. Cada actor del sistema cumple funciones particulares, pero además define un modo de articulación con los demás. Estas relaciones por lo general están dadas por un conjunto de prácticas y mecanismos que definen la institucionalidad del sistema (Sagasti, 2011).

La interacción entre gobierno, infraestructura científico-tecnológica y estructura productiva, conocida como “el triángulo científico-tecnológico”, es entendida como necesaria para generar las condiciones que aseguren la capacidad de una sociedad de saber dónde y cómo innovar y, por lo tanto, alcanzar los objetivos estratégicos que se propone (Sábato y Botana, 1968). Los vértices de este triángulo están definidos por su función en el ecosistema, más que por su origen organizacional. Por ejemplo, un laboratorio privado pertenece al vértice de infraestructura científico-productiva; una empresa pública, al vértice de estructura productiva; y una mesa de diálogo de actores privados que establecen lineamientos para proponer una agenda de innovación puede ser considerada en el vértice de gobierno.

Según Sábato y Botana (1968), el vértice de gobierno considera los arreglos institucionales que formulan políticas y movilizan recursos hacia los

vértices de infraestructura científico-tecnológica y de estructura productiva. Por otra parte, el vértice de estructura productiva se refiere al conjunto de actores que proveen los bienes y servicios que la sociedad demanda. Finalmente, el vértice de infraestructura científico-tecnológica está constituido por un conjunto de elementos y relaciones entre ellos que contiene al sistema educativo que produce a las personas que generan la investigación; los laboratorios, institutos y centros de investigación y plantas piloto donde se hace la investigación; el sistema institucional de planificación, promoción, coordinación y estímulo de la investigación; los mecanismos jurídico-administrativos que reglan el funcionamiento de las instituciones y actividades de investigación; y los recursos económicos y financieros que apoyan todos estos elementos.

Estas ideas contribuyeron al enfoque de la triple hélice, que durante la década de 1990 cobró mayor relevancia por los aportes de Etzkowitz (1993) y Etzkowitz y Leydesdorff (1995), quienes a su vez se basaron en las ideas de Lowe (1982) y Sábato y Mackenzi (1982). La triple hélice rescata la idea de que la relación entre gobierno, industria y universidad fortalece los sistemas de innovación. Posteriormente, se ha considerado también a la sociedad y al medio ambiente como agentes fundamentales en esta relación y se ha pasado a hablar de cuarta hélice, cuando se incorpora a la sociedad, y de quintuple hélice, cuando se incluye el medio ambiente (Barcellos, de La Vega y Gil-Lafuente, 2021).

Por otro lado, una de las características que define la evolución de los modos de producción del conocimiento en los últimos 50 años es la transición desde investigaciones individuales de científicos, hasta trabajos en grupo, en colaboración entre diferentes instituciones y países y, actualmente, en las redes de investigación, heterogéneas en su composición y transitorias en el tiempo (Sebastián, 2007).

Desde la perspectiva política, el enfoque de innovación atiende tres elementos de la conducta de los actores: vínculos, inversión y aprendizaje (Mytelka, 2010). Desde la perspectiva empresarial, las estrategias de creación

de conocimiento pueden originarse en tres fuentes: hacer o crear conocimiento propio, comprarlo en el mercado, o colaborar y cocrearlo (Seclen y Barrutia, 2019). Desde ambas miradas, la vinculación para colaborar y cocrear conocimiento es relevante, y es el tema en el cual se centra esta investigación.

Asimismo, el estudio del comportamiento de los agentes, incentivos y reglas del juego que intervienen en la producción, difusión y utilización del conocimiento puede centrarse en diferentes unidades de análisis, que incluyen los sistemas nacionales de CTI (Lundvall, 1992; Nelson, 1993,); los sistemas sectoriales que abarcan un sector industrial específico (Malerba, 2005; Malerba y Mani, 2009); y los sistemas en espacios territoriales subnacionales, que pueden ser sistemas interregionales (Capellano y Rizzo, 2019; Lundquist y Trippl, 2011), regionales (Cooke, Gómez y Etxebarria, 1997; Evangelista et al., 1997; Iammarino, 2005; Doloreux y Porto Gómez, 2017) o locales (Mytelka, 2010; Cassiolato y Lastres, 2000; Martins et al., 2020).

La coexistencia de estas unidades de análisis permite hacer un examen multinivel de cómo interactúan para explicar el desarrollo productivo de un país y su impacto social y ambiental. Estas unidades de análisis no pueden considerarse entes aislados y autosuficientes, sino sistemas abiertos y ligados a otros sistemas (Llisterri y Pietrobelli, 2011). Los sistemas de CTI, por lo tanto, están constituidos por varios subsistemas que interactúan en relaciones de aprendizaje colectivo (Fernández de Lucio y Castro, 1995).

## **1.2 Sistemas sectoriales de innovación**

Los sistemas sectoriales de CTI están conformados por organizaciones activas en la creación de conocimientos y el desarrollo de productos y procesos en un ámbito específico de actividad económica, así como en la generación y utilización de tecnologías de una rama de actividades productivas y de servicios (Bathelt y Henn, 2017). Cada sector tiene, por lo general, una base similar de conocimiento, tecnologías, insumos y demanda que permite que el análisis y diseño de políticas sean efectivos. Además, son sistemas dinámicos que toman

en cuenta a los agentes que operan tanto en el mercado de bienes y servicios bajo estudio, como fuera de él (Malerba, 2002a). Los elementos centrales de los sistemas sectoriales de CTI son el conocimiento y el ámbito tecnológico, los actores y redes, y las instituciones (Malerba, 2002b). Estos elementos permitirían identificar en cada país diversos sistemas de CTI sectoriales con diferentes grados de desarrollo, por lo general determinados por su complejidad en el uso de conocimiento y tecnologías, o por su dinámica económica en el contexto nacional.

El desempeño de los sistemas de CTI sectoriales depende tanto de las características del conocimiento sectorial y la base tecnológica, como de su entorno y las condiciones económicas de los espacios regionales en que se ubican (Boglárka, 2014). No obstante, es preciso tomar en cuenta que las políticas asociadas a un sector específico se orientan a moldear la conducta de los agentes en ámbitos que exceden el espacio de una región en particular y que pueden, además, influir en sectores distintos para el cual se diseñó la política.

La dinámica de la innovación no se restringe a una única organización o a un único sector. Además, depende de las organizaciones, de sus cadenas productivas y de los actores no económicos que interactúan con los diferentes sistemas productivos, así como de los ambientes en que se insertan (Lastres et al., 2020). La proximidad espacial y la concentración geográfica en el territorio contribuyen a determinar los sistemas territoriales de CTI. Estos pueden ser locales, regionales o interregionales.

### **1.3 Los sistemas subnacionales de CTI: locales, regionales e interregionales**

Los sistemas locales configuran un contexto particular, que depende e interactúa con los contextos global, nacional y regional, pero que también se enmarca en un entorno específico basado en el conocimiento, infraestructura, recursos y dinámicas locales (Mytelka, 2010). Asimismo, las oportunidades de aprendizaje, innovación, uso y difusión de la tecnología dependen de las

condiciones del contexto local, de la interacción entre las organizaciones que ofrecen conocimiento en un entorno (empresas e industria, conocimiento tradicional, entidades públicas, académicas y de infraestructura de CTI local), y de los vínculos entre estos aglomerados industriales y las redes nacionales e internacionales de conocimiento (Mytelka, 2010; Lastres et al., 2020).

En una escala mayor, el comportamiento de los sistemas regionales de innovación está condicionado por las características socioeconómicas y culturales del territorio donde funcionan (Asheim y Gertler, 2005; Llisterri y Pietrobelli, 2011) y por las organizaciones de apoyo a la generación, adaptación, uso y difusión de CTI, lo que influye en el grado de desarrollo que llega a alcanzar la región (Llisterri y Pietrobelli, 2011). Para caracterizar a los sistemas regionales de CTI, es útil examinar la evidencia acerca de territorios específicos que han logrado resultados económicos positivos y cómo las interacciones entre los actores que intercambiaban conocimiento y tecnología han hecho posible estos resultados.

Cooke (1992) recoge la evidencia de la regulación en la transferencia tecnológica en regiones de Japón (el papel de los centros *Kohsetsuchi*), Alemania (financiamiento de transferencia tecnológica a las PYMES a través de los estados federados o Länder) y Francia (específicamente la región Ródano-Alpes, que concentró varios centros de investigación nacionales, y el rol de la descentralización de la Agencia Nacional de Innovación – ANVAR). Este autor identifica tres modelos o enfoques de sistemas regionales: (i) el enfoque de bases, que se origina en las necesidades locales y donde actores locales se vinculan para intercambiar conocimiento y transferir tecnología con el fin de atender esas necesidades; (ii) el enfoque de redes, que tiene algunos elementos del enfoque de bases, pero que toma en cuenta la influencia de los actores gubernamentales en financiar o crear políticas para orientar estratégicamente y coordinar explícitamente las iniciativas privadas; y (iii) el enfoque “dirigista” (contrario al enfoque de bases), que pretende implantar un modelo de transferencia tecnológica desde el gobierno central o el gobierno regional a través de incentivos y de orientación a los centros de investigación, que

normalmente le pertenecen al gobierno, guiándolos hacia fines que no necesariamente son los locales.

Los instrumentos de política que promueven los sistemas regionales de CTI son diversos. Entre ellos se encuentran los de empuje-tecnológico, como los parques de la ciencia, y los de jale desde la demanda, como la promoción y desarrollo de mercados (Park, 2001). Asimismo, la generación de sistemas informales de aprendiendo-haciendo y aprendiendo-usando son la base de conocimiento que se estimula en las economías de aglomerados (Asheim e Isaksen, 1997). Estos conceptos que dieron inicio al enfoque de sistemas regionales, luego de las múltiples crisis económicas de los últimos años, de los desafíos globales (como el cambio climático) y de los cambios demográficos acelerados por los procesos migratorios, han vuelto a cobrar importancia y a cuestionar la manera como el desarrollo regional industrial emerge, por qué algunos de estos desarrollos regionales maduran mientras que otros se mantienen pequeños o desaparecen, y qué tipo de políticas nutren mejor los nuevos caminos hacia el desarrollo sostenible (Tödtling y Tripl, 2018).

Por su parte, el análisis de los sistemas de innovación interregional propuesto inicialmente por Lundquist y Tripl (2009), y denominado *cross-border innovation systems* (CBIS), se orienta principalmente a regiones que comparten frontera. Pero este mismo análisis se puede emplear en regiones de un país que no son fronterizas, pero que comparten ciertos aspectos sociales, cognitivos e institucionales que generan vínculos entre sus actores.

El enfoque de sistemas interregionales de innovación se basa en la teoría de sistemas de innovación aplicada a espacios de frontera (Lundquist y Tripl, 2009; Cappellano y Kurowska-Pysz, 2020; Bazán 2022), que ha servido para explicar los vínculos entre territorios fronterizos (países, regiones, ciudades) (Lundquist y Tripl, 2011; Korhonen et al., 2020; Van den Broek, Rutten y Benneworth, 2020; Caminota, Durà y Noferini, 2020; Gaofeng, 2019; Cappellano y Makkonen, 2019). Se entiende que ambos territorios pueden tener elementos comunes o distintivos (como idioma, geografía, clima, recursos naturales,

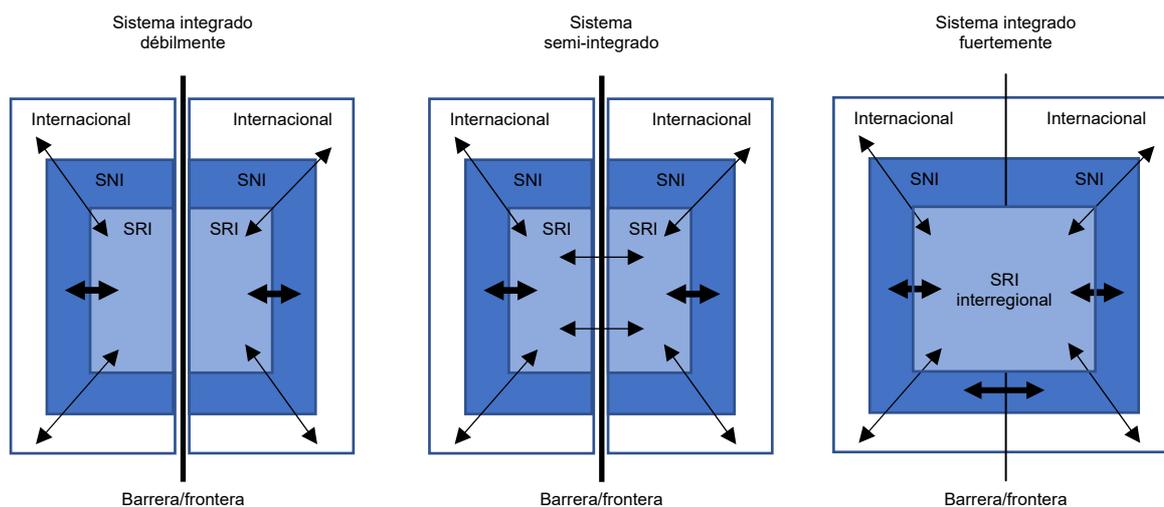
cultura, parentesco, confianza) o elementos complementarios (como corredores económicos, infraestructura o mercado, entre otros) (Tripl, 2010; Lundquist y Tripl, 2011; Makkonen y Rohde, 2016; Cappellano y Makkonen, 2019).

La relevancia de las fronteras se apoya en que los innovadores le están prestando más atención a la diversidad de orígenes del conocimiento y a la procedencia de los distintos recursos para sus emprendimientos, razón por la cual las estrategias de colaboración interregional están aumentando (Gaofeng, 2019). La evidencia sobre la dinámica de colaboración entre actores de dos regiones fronterizas contribuye a la posterior construcción de espacios integrados por acuerdos institucionalizados entre gobiernos locales o departamentales para perseguir un desarrollo social, económico y ambiental beneficioso para ambos territorios (Caminota, Durà y Noferini, 2020). Estas experiencias han sido estudiadas y sistematizadas en Europa por las eurorregiones de cooperación transfronteriza, denominadas *eurometropolitan cross-border cooperation* (Caminota, Durà y Noferini, 2020).

Conocer estos vínculos interregionales ayuda al diseño de políticas públicas y a la toma de decisiones. Capellano y Rizzo (2019) plantean entender las fronteras como catalizadoras de los sistemas de innovación, y no como barreras, y que quienes diseñan las políticas aprovechen el potencial de las relaciones interregionales. Un ejemplo de esto son las inversiones en infraestructura de transporte entre regiones que tienen proximidad cognitiva o social y donde se puede mejorar la proximidad geográfica.

Este análisis propone tres etapas de integración entre regiones (véase la figura 1): sistema integrado débilmente, sistema semi-integrado y sistema integrado fuertemente (Capellano y Rizzo, 2019; Lundquist y Tripl, 2011).

**Figura 1. Tipos de sistemas de innovación interregionales (entre regiones fronterizas)**



Fuente: Lundquist y Trippi, 2011.

Esta proximidad va cambiando según la etapa en que se encuentren (Van den Broek, Rutten y Benneworth, 2020). De acuerdo con Van den Broek et al. (2020), la primera fase denominada de precooperación corresponde a cuando los actores de un lado de la frontera no consideran a los del otro lado cuando hay un problema que requiere innovación. La segunda etapa, llamada de cooperación bilateral, ocurre cuando un grupo de actores identifican a actores del otro lado de la frontera que pueden ayudarlos a resolver sus problemas de innovación, y empiezan a contactarlos con el fin de formar una red de confianza. En ese caso, las experiencias positivas ayudan a afianzar la red, mientras que las negativas la debilitan. La tercera fase es la de la cooperación de redes, en la cual firmas y entidades académicas de ambos lados de la frontera se conocen y forman redes de colaboración; no necesariamente colaboran todos con todos, pero hay algún vínculo a través de contactos en común. Finalmente está la etapa de cooperación sistémica, en la cual múltiples redes interactúan, se establece una agenda de cooperación en función de los objetivos de innovación, y se crean mecanismos de formalización del apoyo a estas redes interregionales fronterizas.

Las etapas propuestas por Van den Broek, Rutten y Benneworth (2020) y por Lundquist y Trippi (2011) coinciden parcialmente: la primera desde el comportamiento de los actores, la segunda desde el resultado que se registra en

las regiones fronterizas. Las fases de precooperación y de cooperación bilateral equivalen a una etapa de sistema integrado débilmente; la de cooperación de redes, a la de un sistema semi-integrado; y la de cooperación sistémica, a la de un sistema fuertemente integrado.

#### **1.4 Límites del análisis de los sistemas de CTI y su aplicación en el Perú**

En la literatura también se ha ampliado el análisis de los sistemas de innovación (que, como se ha mencionado, puede enfocarse en los ámbitos nacional, sectorial, local, regional o interregional) hacia el concepto de ecosistemas de innovación. Tsujimoto et al. (2018) repasan la literatura sobre este enfoque e identifican cinco puntos que incluyen el concepto de ecosistema: primero, las redes orgánicas, los aspectos tanto positivos como negativos, lo que comprende la competición ecosistémica, la depredación, el parasitismo y la destrucción de todo el sistema; segundo, los atributos, los principios para tomar decisiones y el propósito de los actores, son particulares a cada uno; tercero, el análisis se basa en el sistema del producto o servicio y no necesariamente en los límites de un país, aglomerados regionales o relaciones contractuales; cuarto, su análisis requiere de observaciones longitudinales; y quinto, los objetivos de la investigación de los ecosistemas son encontrar patrones de toma de decisiones y cadenas de conducta que influyen fuertemente en el crecimiento o deterioro del ecosistema bajo condiciones específicas del contexto.

Para Tsujimoto et al. (2018), el ecosistema de innovación y el sistema de innovación se diferencian en que mientras que el segundo se analiza en un ámbito territorial (nacional, regional o local) y los actores tienen un propósito común (ser más innovadores, crecer económicamente y ganar competitividad), el ecosistema de innovación se basa en todo el sistema del producto o servicio, no se limita a un territorio determinado y la finalidad de los actores no siempre es compartida.

Las críticas al enfoque de sistemas de innovación no han sido pocas. Sagasti (1983) examinó las principales opiniones en contra de la utilización de este enfoque en la planificación y en políticas científicas y tecnológicas que

siguen vigentes parcialmente y que se pueden trasladar a lo que ahora se denomina sistemas de CTI o, de manera acotada, sistemas de innovación. Primero, no se profundiza en las diferencias que hay entre políticas de ciencia, políticas de promoción de tecnologías y políticas que promueven la innovación, y se asume que van en una misma dirección, cuando en la práctica no necesariamente funcionan de modo tan coordinado. Segundo, no necesariamente los marcos teóricos y conceptuales operan de la misma manera en todos los países; en particular, trasladar estos enfoques que se aplican en países desarrollados a países en desarrollo requiere tomar en cuenta las diferencias de esas realidades específicas. Tercero, se asume que las relaciones y conductas de los actores son siempre racionales, sin tomar en cuenta las incertidumbres que se derivan de la interacción entre ellos, lo que refleja la ausencia de un marco teórico sobre los determinantes del comportamiento, las preferencias y las motivaciones de los actores.

Tödting y Tripl (2018) también sistematizan las críticas al enfoque de sistemas de innovación en los siguientes términos: un sesgo a favor de los casos exitosos en desmedro de los que no lo son (Phelps, Atienza y Arias, 2017); gran parte de los estudios son inventarios descriptivos estáticos de actores e instituciones, sin ir en más detalle sobre los factores y mecanismos que influyen en un mejor o peor desempeño (Uyarra, 2010; Weber y Truffer, 2017); los límites territoriales no consideran los procesos de globalización (Weber y Truffer, 2017); y un excesivo foco puesto en el tema industrial, sin prestar atención a los nuevos desafíos de la economía moderna, tales como la innovación social, la innovación en servicios, la ecoinnovación, entre otros (Jeannerat y Crevoisier, 2016).

En el Perú, la investigación sobre el sistema nacional de CTI se ha ampliado en los últimos años (Sagasti, Kuramoto y Bazán, 2003; Vega Centeno, 2003 y 2014; Ísmodes, 2006; Villarán y Golup, 2010; Orjeda et al., 2012; Ísmodes y Manrique, 2016). Asimismo, algunos organismos internacionales han realizado evaluaciones sobre el estado de la CTI en el país (OECD, 2011; UNCTAD y CEPAL, 2011; Crespi y Castillo, 2020). En el caso del Perú, los estudios han estado también enfocados en la taxonomía de las regiones, según el nivel de

desarrollo de la CTI en cada una (Bazán et al., 2015; Bernal, 2018), y en la descripción de regiones específicas (Granda et al., 2014 para el caso de Cusco y Tacna).

### **1.6 Análisis de redes sociales y los sistemas de CTI**

El análisis de redes sociales es cada vez más común en las ciencias sociales. De manera más incipiente, pero creciente, también se aplica en el estudio de las redes de colaboración e interacción como consecuencia de las políticas y sistemas de CTI (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015; Málaga y Romero, 2019; Martínez Prince, 2020; Málaga-Sabogal y Sagasti, 2021). Las redes son consideradas un conjunto de interrelaciones entre un grupo limitado de individuos que se caracterizan por un comportamiento social particular en un contexto dado (Mitchell, 1969; Kuz, Falco y Giandini, 2016).

El enfoque metodológico de análisis de redes sociales permite estudiar las relaciones sociales, sus patrones e implicancias a través de la caracterización de las relaciones sociales (Sheble, Brennan y Wildemuth, 2016). Esto incluye cómo, en qué medida y con quién las personas, ideas, organizaciones y otros elementos de la sociedad se relacionan o interactúan (Sheble, Brennan y Wildemuth, 2016).

La principal herramienta de este enfoque es la representación a través de gráficos para visualizar las interacciones entre dos o más elementos de un sistema, algo que fue propuesto inicialmente por el matemático alemán Leonherd Euler (1741). Se trata de una herramienta que se basa en la teoría de gráficos y en modelos matemáticos y computacionales (Lluch, Salvaj y Barbero, 2014). Esta representación de las relaciones puede ser utilizada para elementos de redes muy diversas (sociales, biológicas, informáticas, etc.), e incluso para incluir elementos distintos (sociales y tecnologías, biológicos y sociales, etc.) (Málaga y Romero, 2019).

El análisis de redes sociales tiene como objetivo ayudar a entender la importancia y el papel de un actor en una red (Kuz, Falco y Giandini, 2016). Por

lo tanto, permite identificar, mapear y cuantificar las configuraciones de las estructuras sociales que conforman las redes sociales y da cuenta de su morfología y topología específicas, así como de su evolución en el tiempo (Knoke y Yang, 2008; Kuz, Falco y Giandini, 2016).

Este análisis también se ha empleado para entender la estructura de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, en particular, de algunos sectores (Giuliani 2007), y de los sistemas regionales (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015). Se entiende que los actores regionales no innovan de manera aislada, lo que implica que se ha establecido una estructura de relaciones entre ellos, que además tiene una dinámica continua (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015). Sin embargo, una red colaborativa de conocimiento es una representación simplificada que reduce un sistema a una estructura abstracta, que capta solo lo básico de los patrones de conexión que existen entre los actores que participan de la red (Newman, 2010).

Tomando en cuenta estas limitaciones, la aplicación de los conceptos presentados en la revisión de la literatura científica a realidades como la peruana implica un proceso de contraste con la evidencia y adaptación de estos conceptos a contextos específicos. Este es un propósito central de esta tesis. Esto abre un conjunto de espacios para contribuir a ampliar el acervo de conocimiento vinculado al comportamiento de los sistemas de innovación en ámbitos territoriales distintos, y lo que esto implica para las políticas públicas, en particular en territorios con alta heterogeneidad de condiciones y resultados con respecto a su capacidad innovadora, así como el papel que han cumplido los fondos públicos de promoción de la innovación. Particularmente, no existen análisis de las relaciones interregionales aplicado a la creación de innovaciones para el Perú, que, en conjunto con mejorar el entendimiento del tipo de colaboración entre distintos tipos de actores a nivel nacional y regional, configuran las contribuciones de esta tesis.

## Capítulo 2. Marco conceptual

El marco conceptual presenta los distintos elementos que se utiliza en el análisis de redes sociales para entender las relaciones sociales que se generan y fortalecen en el tiempo en los sistemas de innovación, sean nacionales, regionales o interregionales. Además de los elementos que conforman una red, se presentan las estructuras de redes útiles para analizar los sistemas de innovación en el Perú.

### 2.1 Elementos principales del análisis de redes sociales

Las unidades del análisis de redes sociales son tres: nodo, emparejamiento o diada, y red (Sheble, Brennan y Wildemuth, 2016). Nodo, en este caso, se refiere al actor que representa a una organización, que puede ser una empresa, una entidad gubernamental, un instituto con capacidad científico-tecnológica, una organización académica o de la sociedad civil. Nuestro análisis se centra en las organizaciones que participan de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación ( I+D+i) y que han recibido financiamiento público a través del FINCyT/Innovate Perú entre los años 2007 y 2018. Estas organizaciones se ubican geográficamente en una región determinada en el Perú o en un país extranjero. Un proyecto puede ser ejecutado solo por un nodo en forma individual, lo que se conoce como elemento aislado.

La unidad de emparejamiento o diada, en este caso, se refiere a la relación de una pareja de actores (nodos) que colaboran en un proyecto. Esta unión se grafica a través de una línea o borde, conocida como arista, que es la que une a los nodos. Cuando esto sucede, se les conoce como nodos adyacentes. En el caso de la investigación reportada en esta tesis, se representan los vínculos entre los participantes de un proyecto de innovación colaborativo que han recibido fondos de Innovate Perú.

Entre los proyectos de Innovate Perú analizados, se han encontrado desde proyectos individuales hasta proyectos en los que participan siete actores, inscritos como un solicitante, mientras que el resto son considerados

colaboradores. Este emparejamiento entre nodos puede tener una dirección o ser bidireccional. Para el caso que se analiza en esta tesis, se supone que las relaciones son bidireccionales porque se asume que ambos nodos tienen un fin común. Un proyecto es colaborativo cuando tiene al menos una conexión con otro actor para implementarlo. Como se puede observar en la figura 2,  $A_i$  representa a un actor, donde  $i$  puede ser igual a  $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ . Las aristas representan las relaciones formadas en un proyecto en el cual los actores colaboran. En el caso de más colaboradores, la línea de adyacencia entre actores va desde el solicitante del proyecto hasta los colaboradores y entre los colaboradores del proyecto, por lo cual asumimos que hay una relación entre todas las organizaciones (nodos) que participan de un proyecto de innovación.

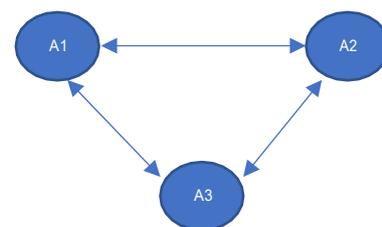
**Figura 2. Representación gráfica de un proyecto de colaboración con varios actores**



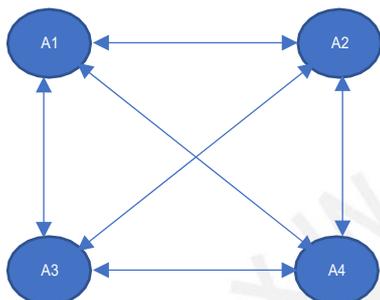
a) Proyecto con dos actores



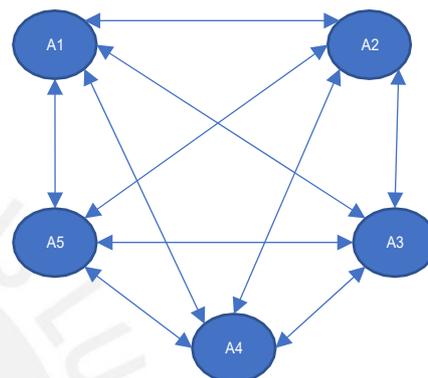
b) Proyecto con tres actores



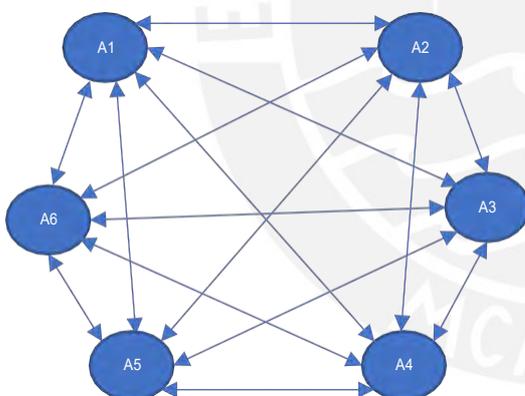
c) Proyecto con cuatro actores



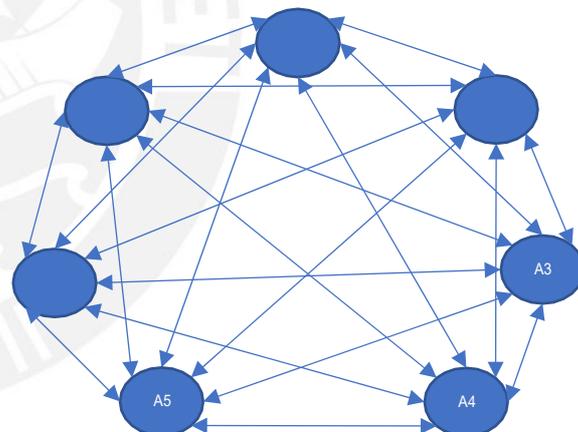
d) Proyecto con cinco actores



e) Proyecto con seis actores



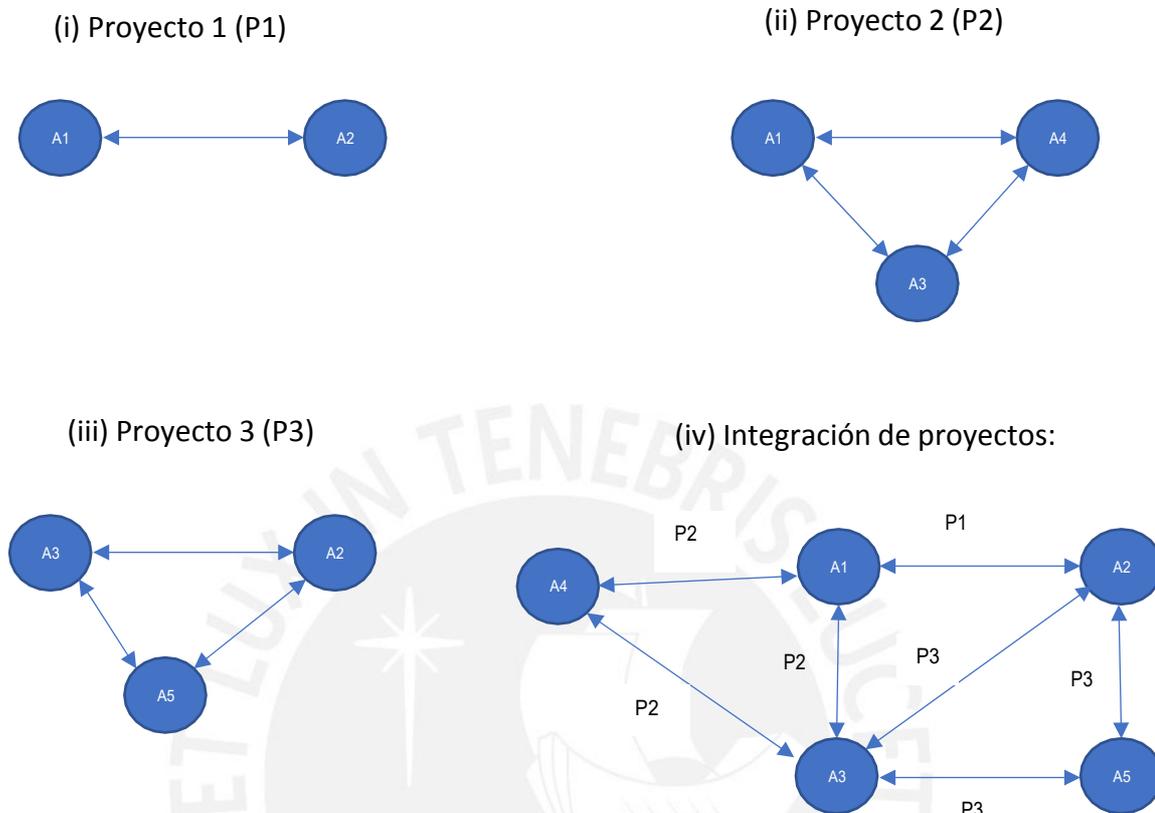
f) Proyecto con siete actores



Fuente: Elaboración propia.

La tercera unidad de análisis es la red: el conjunto de nodos emparejados que determinan la población que se observa; en este caso, está dado por todos los proyectos identificados y la red responde al resultante de relaciones totales (véase la figura 3). Si bien este trabajo examina las redes de colaboración dentro del país, entre las regiones y dentro de ellas, se considerarán también los vínculos con actores extranjeros cuando han participado en los proyectos.

**Figura 3. Configuración de una red**

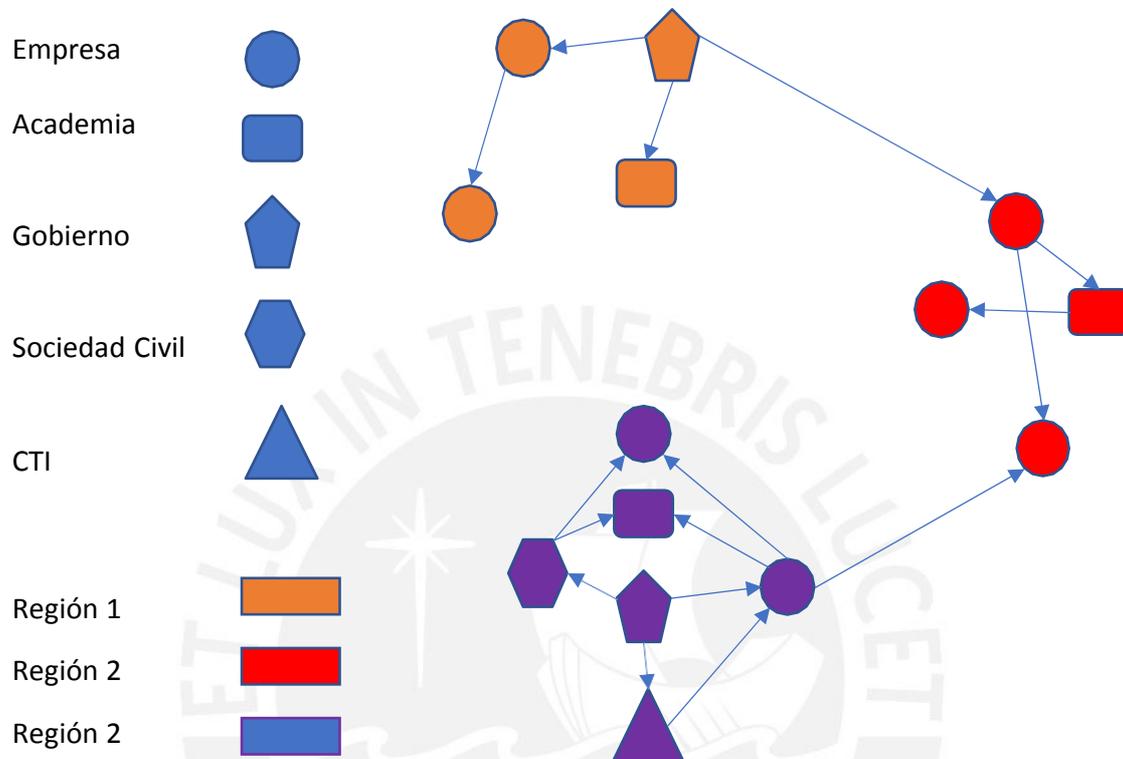


Fuente: Elaboración propia.

Las relaciones entre los actores de este grupo observable se dan a lo largo de todo el proyecto, hasta que este se termina o cierra. Si bien es posible que la relación continúe por fuera del contrato del proyecto, no se lo puede suponer. No obstante, estas relaciones se pueden retomar a través de un nuevo proyecto. Para fines del presente análisis se asume que los vínculos perduran en el tiempo y que son canales abiertos de relaciones, por lo cual se considera que la suma de los proyectos colaborativos constituye una red de colaboración entre actores (véase la figura 4). Este supuesto implica que las redes se configuran por articulaciones acumuladas entre pares de actores a lo largo del tiempo de análisis, lo cual permite caracterizar las colaboraciones existentes entre los actores que conforman la red. La taxonomía de relaciones incluye: similitudes o cercanía (ubicación, participación o atributos); roles relacionales

(solicitante o colaborador); conocimiento relacional (afectos, percepciones), y eventos relacionales (interacciones o flujos) (Borgatti, Everett y Johnson, 2013).

**Figura 4. Configuración de redes regionales y multiactor**



Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Análisis de redes sociales aplicado a sistemas de innovación

### 2.2.1 Tamaño de la red

Las estimaciones del *tamaño de la red* pueden variar según el criterio que se emplea para caracterizarla. Por ejemplo, algunas redes pueden incluir muchos nodos, pero escasas interacciones (aristas) entre ellos, mientras que otras redes tienen pocos nodos, pero muchas aristas. Un primer elemento para medir el tamaño de una red es el número de nodos y de aristas. El número de nodos totales permite establecer el número posible de diadas, mientras que las aristas denotan los vínculos que efectivamente existen entre cada par de actores.

El *grado de un nodo* es el número de relaciones de salida y entrada que tiene un nodo con los demás nodos de una red. Cuando existe direccionalidad entre los nodos, el grado puede ser de salida o de entrada. El *grado de salida* es la suma de las relaciones que los nodos tienen con el resto, mientras que el *grado de entrada* es el número de relaciones que los otros nodos tienen con uno determinado. El grado del nodo es la suma de los grados de salida y de entrada. Cuando no existe direccionalidad, cada relación (arista) con un nodo equivale a dos grados (la suma del grado de salida y el grado de entrada). Estas aristas permiten establecer qué nodos están vinculados dentro de la red y cuál es la dirección del vínculo, y estimar el papel que los nodos desempeñan en la red a la que pertenecen. Estos vínculos contribuyen a medir la cantidad y calidad de la interacción entre los actores (Newman, 2010).

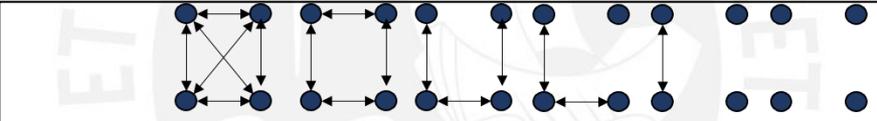
La *centralidad del grado* permite revelar la importancia relativa de los nodos. Los nodos que tienen más aristas (*closeness centrality*) influyen sobre un mayor número de otros nodos que aquellos que muestran pocas relaciones (Málaga y Romero, 2019).

La *densidad* es el cociente entre el número de relaciones existentes (aristas) y las relaciones posibles, y se expresa como porcentaje. Este es un indicador más adecuado para medir el tamaño de la red. Las posibles

conexiones se estiman calculando el número de nodos y luego multiplicándolo por el número de nodos menos uno, y el resultado se divide entre dos (Scott, 1987). Por lo general, la densidad es inversamente proporcional al número de nodos. A mayor número de nodos, la proporción de conexiones que se dan con respecto al total posible de conexiones es menor. Por lo tanto, es importante considerar ambos criterios en simultáneo para que sean comparables: de dos redes con un número similar de nodos, aquella que tenga mayor densidad será considerada de mayor tamaño.

La *inclusividad* de la red, que no se debe confundir con la *densidad* de la red, se refiere al número total de nodos menos los nodos aislados entre el total de nodos (Scott, 1987). La figura 5 muestra la comparación de densidades entre redes de igual número de nodos, pero compuestas por distinto grado de aristas.

**Figura 5. Comparación de densidades**



Número de nodos	4	4	4	4	4	4
Inclusividad	1	1	1	0.7	0.5	0
Suma de grados	12	8	6	4	2	0
Número de aristas	6	4	3	2	1	0
Densidad	1	0.7	0.5	0.3	0.1	0

Fuente: Scott, 1987.

### 2.2.2 Proximidad

La proximidad o cercanía se analiza de diversas maneras. Una primera medida es la *cercanía entre nodos*, que se deriva de los grados y de la dirección de las aristas. La cercanía está determinada por el número de grados que se requiere para llegar de un nodo al resto de nodos. Se calcula a través de la ratio entre el número de nodos vinculados a un nodo menos uno, entre la sumatoria de grados entre cada nodo y el nodo que se analiza. La cercanía se utiliza para

identificar la ruta más corta o más eficiente para llegar de un nodo a otro, y la accesibilidad que tiene un nodo dentro de una red (Bavelas, 1948). De esta medida se deriva la *centralidad de cercanía*, que permite reconocer la ruta más eficiente y que se obtiene al identificar el nodo que al medir su cercanía tenga el menor denominador de todos los nodos de ese componente. Esta medición permite identificar a los actores cuya posición les faculte difundir información de manera más eficiente dentro de una red (Freeman, 1979).

Una segunda dimensión tiene que ver con lo que representa el nodo. Su importancia radica en encontrar a actores que realizan acciones parecidas. A esta búsqueda de actores similares se le denomina *homofilia* (McPherson, Smith-Lovin y Cook, 2001; Golub y Jackson, 2012). En contraste, la *heterofilia* es cuando la tendencia apunta a buscar un actor complementario (McPherson, Smith-Lovin y Cook, 2001).

Por lo general, se estima que existen cuatro tipos de proximidades: (i) la proximidad geográfica; (ii) la proximidad cognitiva; (iii) la proximidad social; y (iv) la proximidad institucional (Capellano y Rizzo, 2019). La *proximidad geográfica* es más apreciada entre los colaboradores que se encuentran cerca en términos geográficos. La *proximidad cognitiva* se considera cuando las competencias de un actor son complementarias con las de otro y, según Calleano y Rizzo (2019), es el factor más importante para la innovación colaborativa. La *proximidad social* está vinculada a la identidad cultural. Corresponde a los vínculos interpersonales y de negocios que hay entre las personas. Puede ser como consecuencia de procesos migratorios o el lenguaje común que facilita el intercambio y los códigos sociales entre distintos grupos empresariales y académicos. Finalmente, la *proximidad institucional* corresponde a marcos de política que facilitan la integración entre actores, sean estos similares o no (Capellano y Rizzo, 2019).

Para el caso que estamos analizando, consideramos la proximidad tanto geográfica como cognitiva: la primera determinada por la pertenencia o no a una misma región de origen, la segunda por su similitud o no con el tipo de organización que representa el nodo y con quién se vincula. Se utiliza el nombre de la región de la sede central del nodo representado cuando el actor es peruano,

y el nombre del país en caso de ser extranjero. En cuanto a los tipos de organización, se han definido cinco: empresas; asociaciones civiles; organizaciones académicas; entidades de gobierno e institutos de CTI.

### **2.2.3 Estructura de la red**

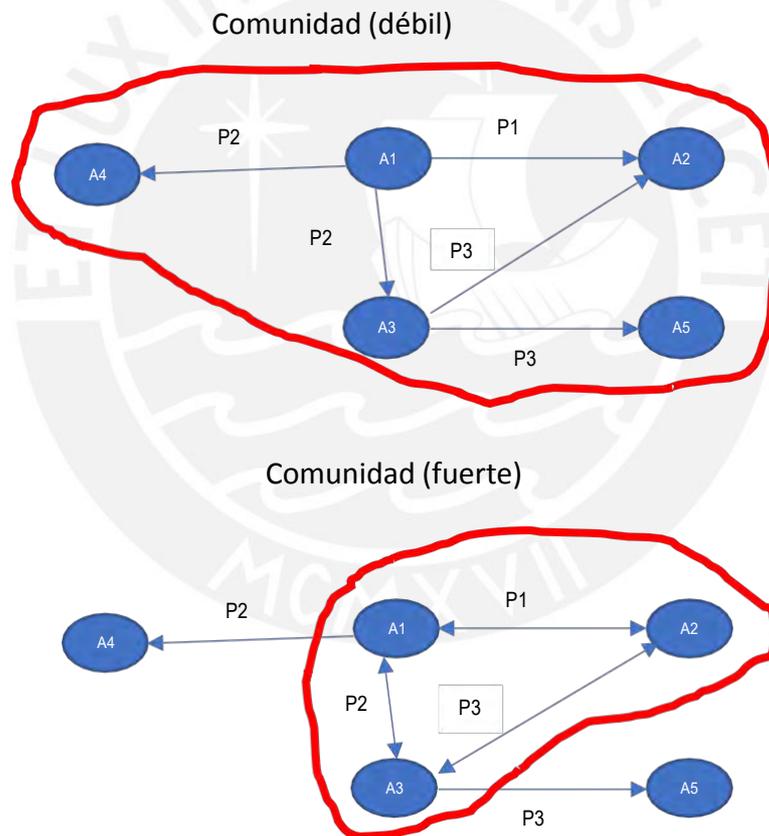
La *estructura de la red* está determinada por tres variables: el número de actores aislados como parte del total de componentes, el modelo de red, y el grado de fragmentación dado por el número de componentes. Los componentes son todos los actores aislados y módulos que conforman una red. Un actor aislado es un nodo no tiene vínculo con ningún otro, mientras que un módulo es un conjunto de nodos relacionados entre sí, pero que no tienen contacto con otro conjunto de nodos vinculados entre sí. A mayor número de componentes, más fragmentada está una red, mientras que a menor número, más cohesionada. El módulo principal es aquel que tiene mayor tamaño (mayor número de nodos que integran el módulo).

Asimismo, dentro de un módulo se pueden identificar *comunidades* (también denominadas *conglomerados*), que se definen por el tipo de vinculación que hay entre sus nodos. Se considera conexión ausente cuando dos nodos no están conectados en un gráfico, y conexión fuerte, cuando todos los nodos están directamente conectados con todos los otros nodos. Se considera conexión débil cuando los nodos están conectados, pero no de manera directa, sino a través de otros nodos donde existe al menos un camino entre los nodos para estar conectados (Newman 2010; Barabási, 2014) (véase la figura 6).

El *modelo de red* responde a tres tipos de comportamiento: “mundo-pequeño”; “núcleo-periferia” y “centro y distribución”. El *efecto de mundo-pequeño* (*small world effect*) mide los medios más eficientes para alcanzar a todos los nodos de una red (Watts y Strogatz, 1998; Newman, 2010; Kuz, Falco y Giandini, 2016). Los modelos de red *mundo-pequeño* son aquellos en los que el módulo más grande es el que predomina en toda la red. La posibilidad de llegar a todos los nodos desde cualquier nodo es alta, el módulo principal es una comunidad muy fuerte y existen muy pocos elementos aislados (Watts y

Strogatz, 1998). En el caso de los modelos *núcleo-periferia*, hay un módulo grande que conforma el componente principal y muchos módulos pequeños o aislados (Borgatti y Everett, 1999). Los modelos “centro y distribución” (*hub and spoke*) son aquellos nodos o comunidades que están enlazados por una arista con nodos que cumplen el papel de intermediación con componentes de otras comunidades. Si se quiere conectar un nodo de una comunidad a otra comunidad, necesariamente se pasa por la conexión de un nodo enlace, denominado centro (o “*hub*”) para cada comunidad (O’Kelly, 1998).

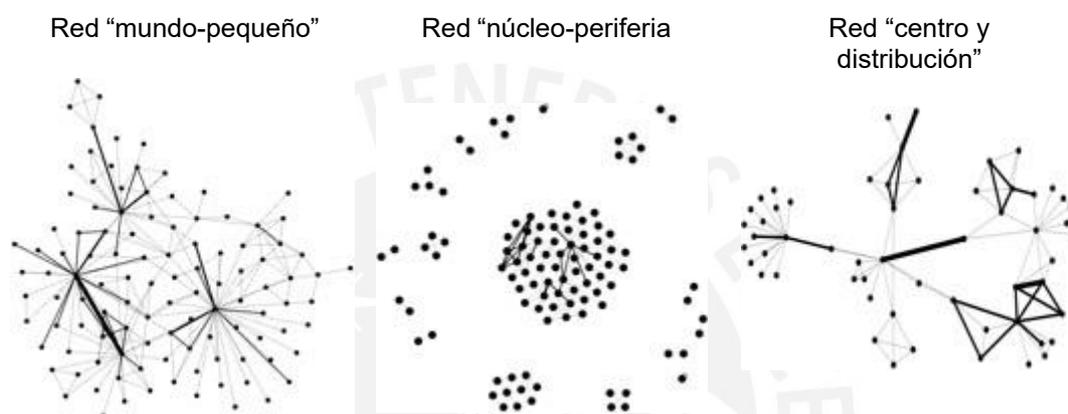
**Figura 6. Tipos de comunidad o aglomerados**



Fuente: adaptado de Newman 2010.

El *efecto de mundo-pequeño*, en contraste con el *efecto núcleo-periferia* (redes con nodos aislados o poco conectados), determina una estructura más eficiente de difusión del conocimiento (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015), mientras que el efecto “centro y distribución” depende en gran medida del actor intermediario para esta difusión. En la figura 7 se representa cada caso.

**Figura 7. Modelos de red para sistemas regionales de innovación**



Fuente: Elaboración propia.

#### **2.2.4 Influencia**

La influencia de un actor es la capacidad que este tiene de conectarse a un mayor número de actores en una red, en comparación con otros. Por lo tanto, se refiere a las condiciones que tiene un actor determinado para hacer llegar un mensaje, información o conocimiento a otros actores. Estos nodos pueden tener distintos tipos de alcance y son conocidos como los “influyentes”. Un influyente es el actor clave en el análisis de redes. Para este estudio, se utilizarán tres tipos de actores influyentes: centro, intermediario y vector propio. Si se trata de un nodo que está más conectado con otros que otros nodos de la misma red y que, por lo tanto, tiene un grado mayor que el promedio, se le denomina “centro” (o *hub*, en inglés). Más relaciones con otros puede significar un mejor acceso a la información, mayor prestigio, mayor experiencia exitosa en fondos concursables, entre otros aspectos.

Los intermediarios son nodos que permiten los caminos más cortos para alcanzar a todos los nodos de un módulo. Se miden a través de la *centralidad de intermediación*, la cual permite identificar el nodo intermediario sobre el cual se traza la ruta más corta para unir dos nodos en una red (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015; Kuz, Falco y Giandini, 2016). También se les conoce como “*gatekeepers*” por el efecto potencial que tienen de abrir o bloquear el acceso a parte de la red. La relevancia de esta medida, entre otras razones, permite anticipar, por ejemplo, qué ocurriría si este actor cambia de comportamiento (deja de operar, aumenta sus recursos, etc.).

El *vector propio* es un nodo influyente que está conectado a otros nodos que también son influyentes. Se mide a través de la centralidad de vector propio (*eigenvector centrality*), la cual atribuye puntuaciones relativas a cada nodo de la red en función de las conexiones que tienen los nodos a los cuales está conectado; así, cuanto mayor sea el número de conexiones del nodo al cual se conecta, mayor será el valor de centralidad de vector propio (Kuz, Falco y Giandini, 2016). Una prueba de robustez de la red se hace midiendo el efecto que tiene en los componentes la simulación de sacar al nodo de mayor centralidad de vector propio de la red.

### **2.3 Integración de los sistemas de innovación y el análisis de redes sociales**

Este trabajo analiza los sistemas de innovación en tres ámbitos: nacional, regional e interregional. En el ámbito nacional mide la influencia de los nodos principales y los factores que podrían explicarla. Por lo tanto, identifica los nodos más influyentes (centro, intermediario o vector propio) y determina si las relaciones entre los nodos cumplen los patrones de homofilia geográfica y heterofilia organizacional. Además, mide si las relaciones de confianza en un periodo determinado estuvieron influenciadas por vínculos en el pasado, para lo cual se aplica un análisis dinámico de redes sociales.

El análisis de redes del sistema nacional de innovación utiliza todos los proyectos de innovación financiados en el periodo definido en este estudio, y muestra un panorama integral de los distintos actores que participan. En la interacción de la sumatoria de redes emergen actores líderes en el sistema. Mediante este análisis identificaremos cuánto influyen las proximidades geográfica y organizacional en el establecimiento de redes de colaboración.

Uno de los propósitos de esta tesis es caracterizar el nivel de desarrollo de los sistemas regionales de innovación, basándonos en el análisis de redes sociales. Estos sistemas pueden ser interactivos, globalistas o localistas, tomando como punto de partida el análisis propuesto por Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015), pero ajustándolo a la realidad peruana. Esta será la clasificación de los sistemas regionales de innovación que usaremos en este estudio.

Las *redes interactivas* se refieren a entornos donde la mayoría de las redes están compuestas por empresas comprometidas con la investigación y el desarrollo, generalmente vinculadas con innovaciones de alta tecnología. Contienen un alto número de organizaciones orientadas a la investigación científica que dan soporte a las empresas en sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico. Además, estas empresas y organizaciones tienen vínculos con entidades que no pertenecen a la región.

Las *redes globalistas* se caracterizan por el importante papel que desempeñan los actores externos a la región. Existe, por lo general, una subsidiaria de una empresa internacional o un instituto público de investigación (CTI). Las organizaciones de investigación de la región cumplen un papel de soporte. Hay al menos una organización local que domina el intercambio del conocimiento y que necesita el intercambio con actores de fuera de la región. Si hay más de un sector, hay un actor central en cada sector y suelen colaborar entre ellos.

Las *redes localistas* se conforman principalmente de firmas que no generan muchas actividades de investigación y desarrollo. En este caso, la innovación se da a partir del conocimiento tácito o por agendas locales

específicas. Las organizaciones académicas y de soporte a la CTI son aquellas que impulsan algunos procesos de investigación y desarrollo y, por lo general, están presentes en estas regiones. Estas organizaciones están conectadas a otras fuera de la región que lideran los procesos de investigación, mientras que las firmas líderes locales funcionan como traductoras para el resto de la industria a través de la absorción, decodificación y difusión del conocimiento que proviene de fuera de la región.

Para categorizar a los sistemas regionales de innovación mediante el análisis de redes sociales, identificamos cuatro criterios: tamaño; proximidad; estructura, e influencia de la red y de sus nodos. Estas variables contribuyen a determinar los tipos de sistemas regionales: interactivos, globalistas o localistas. La tabla 1 muestra los criterios utilizados en esta investigación.

**Tabla 1. Criterios de sistematización de los sistemas regionales de innovación**

<b>Criterios</b>	<b>Redes interactivas</b>	<b>Redes globalistas</b>	<b>Redes localistas</b>
Tamaño	Muchos actores, pero de densidad baja	Número de actores mediano y de densidad baja	Pocos actores y de densidad media
Proximidad	Grado medio alto, cercanía geográfica alta, pero con contactos externos y heterofilia institucional	Grado medio, número de actores externos alto y relación con entidades académicas externas	Grado medio bajo, más nodos regionales y vinculados a una organización académica o de CTI local
Estructura	Poca fragmentación, principalmente bajo el modelo mundo-pequeño	Medianamente fragmentado y modelo núcleo-periferia	Muy fragmentado y modelo centro y distribución
Influencia	Centros e intermediarios principales son organizaciones académicas, la salida de estos centros e intermediarios debilita a la red	Centros e intermediarios poco importantes, y si desaparecen, el efecto no es tan relevante	Centros e intermediarios empresariales, y si desaparecen, el efecto agregado es bajo en la medida en que hay otros actores similares

Fuente: elaboración propia basado en Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015).

En el ámbito interregional, el objetivo es identificar si hay relaciones entre regiones que ameriten diseñar políticas para fortalecer los sistemas interregionales de innovación. Un sistema interregional de innovación está

determinado por los actores procedentes de regiones contiguas que juntan sus esfuerzos configurando redes de colaboración científica y tecnológica (Isaksen et al., 2018). Para este fin, se calcula el grado de integración de proyectos colaborativos entre regiones que comparten frontera y se identifican los pares de regiones que tienen una integración fuerte.



## Capítulo 3. Contexto, objetivos y metodología del estudio

En este capítulo se describe el contexto y se explica cuáles son los objetivos del estudio. Asimismo, se presentan las hipótesis de la investigación, la metodología aplicada, la base de datos utilizada y la población que se estudia.

### 3.1 Contexto

El contexto de la CTI en el Perú ha sido ampliamente revisado por múltiples autores (Sagasti y Málaga 2017; Sagasti, 2011; Villarán y Golup, 2010; Ísmodes y Manrique, 2016; Bazán, Sagasti y Cárdenas, 2013; UNCTAD y CEPAL, 2011). En general, los diagnósticos califican al ecosistema de CTI peruano como incipiente, con mucha debilidad institucional, pocos actores y escasas interacciones entre ellos, un financiamiento limitado y poco predecible, y poca o nula voluntad política para hacer de la CTI una prioridad nacional.

No obstante, entre 2007 y 2018 se ha avanzado en este campo de manera significativa, aunque las brechas siguen siendo profundas. En el ámbito económico, entre esos años el producto bruto interno (PBI) del país creció en 67%, pasando de 319.7 mil millones de soles en 2007 a 535.1 mil millones de soles en 2018.<sup>3</sup> Por el contrario, la inversión en investigación y desarrollo se ha mantenido relativamente baja. Según el Banco Mundial, el Perú pasó de invertir en ese rubro de 0.08% del PBI en 2011 a 0.12% del PBI en 2018, mientras que el promedio en América Latina y el Caribe es de 0.7% del PBI.<sup>4</sup> Asimismo, mientras que en América Latina y el Caribe hay 1.5 investigadores por cada mil pobladores económicamente activos, en el Perú solo hay 0.2 por cada mil (RICYT, 2018).

Según el Foro Económico Mundial, que considera las capacidades de innovación como uno de los 12 pilares que utiliza para medir y comparar la competitividad de los países, aún estamos rezagados en innovación con respecto a la mayoría de los países. El Perú se encuentra en el ranking 65 de

---

<sup>3</sup> En soles de 2007, según la web del BCRP 2020, cuadros de la nota semanal.

<sup>4</sup> World Development Indicators: <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS> (revisado en noviembre 2020).

competitividad de 141 países medidos, pero en el componente de capacidad de innovación, el Perú retrocede hasta el puesto 90 (Schwab, 2019, p. 458).

Una de las políticas utilizadas en el Perú para revertir esta situación ha sido la de financiar la innovación. En el año 2006, se aprobó un préstamo con el BID para invertir en investigación, desarrollo tecnológico e innovación.<sup>5</sup> Este préstamo implicó la creación de un fondo denominado Programa de Ciencia y Tecnología (más conocido como Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología FINCyT), que se gestionó a través de la Unidad Coordinadora del Programa FINCyT, al inicio adscrita al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) y luego, a partir del 2014, al Ministerio de la Producción (Produce), cambiándole el nombre a “Innovate Perú”.

El fondo inicial consistió en USD25 millones provenientes del préstamo del BID y USD11 millones de contrapartida del Estado peruano (FINCyT 1). Sin embargo, la capacidad del FINCyT permitió gestionar otros fondos que el Estado peruano fue creando para complementar este esfuerzo inicial. Así, se le asignó en el 2008 la gestión del Fondo de Investigación y Desarrollo para la Competitividad (Fidecom), que reunió S/200 millones (que ese año equivalían a unos USD75 millones).<sup>6</sup> En el 2013 se inició un segundo programa financiado a través del BID por USD100 millones, que consistió en USD 35 millones de préstamo por parte del BID y USD65 millones de contraparte por el gobierno peruano (FINCyT 2).<sup>7</sup> En paralelo, en el 2013 se creó el Fondo Marco para la Innovación, Ciencia y Tecnología (Fomitec), por un monto inicial de S/400 millones (equivalente a USD140 millones ese año),<sup>8</sup> los cuales fueron gestionados entre FINCyT/InnovatePerú y el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt).

---

<sup>5</sup> Contrato de préstamo 1663/OC-PE con el BID.

<sup>6</sup> Ley 29152, Ley que establece la implementación y el funcionamiento del Fondo de Investigación y Desarrollo de la Competitividad – Fidecom.

<sup>7</sup> Contrato de préstamo 2693/OC-PE con el BID.

<sup>8</sup> En la vigésima cuarta disposición complementaria final de la Ley 29951, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2013, se autoriza al Ministerio de Economía y Finanzas a conformar un grupo de trabajo con el Ministerio de la Producción y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concytec) para el diseño e implementación de instrumentos económicos y financieros que busquen incentivar el desarrollo de la CTI para la competitividad, a través del emprendimiento tecnológico. Para ello se crea el Fondo Marco para la Innovación, Ciencia y Tecnología (Fomitec).

El objetivo general del FINCyT 1 fue “[...] el mejoramiento de los niveles de competitividad del país, a través del fortalecimiento de las capacidades de investigación y de innovación tecnológica” (Navarro et al., 2015, p. 2). Uno de sus objetivos específicos fue el de “promover las investigaciones en ciencia y tecnología, de forma que contribuyan sustancialmente a la mejora de la competitividad empresarial, a través del fomento de la vinculación y cooperación entre los sectores científico/universitario y productivo” (Navarro et al., 2015, p. 2). Este objetivo se resalta en la evaluación del proyecto que realizó InnovosGroup cuando señala que el proyecto “contribuyó a mejorar la calidad del gasto público en investigación y desarrollo mediante el uso de mecanismos competitivos de asignación y la articulación entre el sector privado y el científico-universitario” (Navarro et al., 2015, p. 5). Al respecto, la evaluación del proyecto destaca que cerca de la mitad de los proyectos fueron implementados por al menos dos entidades asociadas, lo cual llevó a que el FINCyT obtuviera el primer lugar en la categoría Colaboración Público-Privada del Premio a las Buenas Prácticas en Gestión Pública 2012, otorgado por la organización Ciudadanos al Día (InnovosGroup 2013). Este objetivo no ha estado de manera explícita en los otros programas o fondos.

Tomando como base estas políticas y los avances registrados, el problema de investigación busca resolver si este instrumento de política ha permitido crear redes de colaboración para la generación y utilización del conocimiento y si estas redes están contribuyendo a crear capacidades al respecto sostenidas en el tiempo.

En paralelo, se considera que el Perú es un país heterogéneo (INEI, 1998) y, si bien es un Estado unitario, busca ser un país descentralizado (artículo 43 de la Constitución Política del Perú). En contraste, la realidad muestra que la concentración en la capital del país es abrumadora. Solo en términos de la población, Lima reúne más de un tercio de los ciudadanos que viven en el país. La octava política de Estado del Acuerdo Nacional (2002), “Descentralización política, económica, administrativa para propiciar el desarrollo integral, armónico

y sostenido del Perú”, pone énfasis en eliminar el centralismo del país y propiciar el crecimiento de las economías locales y regionales.

El Acuerdo Nacional señala, en otra de sus políticas, que el Perú se compromete a invertir en el “desarrollo de la ciencia y tecnología”, lo cual es necesario para desarrollar recursos humanos y para mejorar la gestión de los recursos naturales y la competitividad de las empresas. Ambas políticas, que proponen un esquema político y económico descentralista y basado en el desarrollo de la ciencia y tecnología, son coherentes y complementarias, pero no necesariamente se conciben de manera integral. En la práctica, el mejor desempeño en CTI se concentra en pocas regiones. Bernal (2018) plantea una caracterización de las regiones según el desarrollo de sus capacidades en ciencia y tecnología, para lo cual utiliza ocho dimensiones de análisis: condiciones del mercado; desarrollo institucional; estructura productiva; internacionalización de la economía; educación; ciencia y tecnología; vinculación oferta-demanda de tecnología; e innovación. Luego de realizar un estudio de clústeres, clasifica a las regiones peruanas en siete grupos, según las dimensiones analizadas.<sup>9</sup> Por lo tanto, muestra que esta heterogeneidad tiene componentes claramente identificables que influyen en el grado de desarrollo de cada región.

Distintos indicadores revelan la inequidad que hay en el país. Si se observa la inversión en el Censo de Investigación y Desarrollo (I+D) realizado en 2016, se ve que cerca del 80% del gasto en investigación y desarrollo se ejecuta en solo cinco regiones: Lima (54.7%); Callao (14.3%); Arequipa (4.3%); Piura (4.1%) y Amazonas (3.5%) (Concytec, 2017). De manera similar, de los fondos administrados por Innóvate Perú (el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad, antes FINCyT), entre 2007 y 2017, cerca del

---

<sup>9</sup> Grupo I: Amazonas, Loreto, San Martín y Ucayali.

Grupo II: Áncash, Cusco, Ica y Pasco.

Grupo III: Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Madre de Dios, Puno y Tumbes.

Grupo IV: Arequipa.

Grupo V: Cajamarca, Junín, Lambayeque, La Libertad y Piura.

Grupo VI: Lima.

Grupo VII: Moquegua y Tacna.

65% fueron concedidos a través de concursos a organizaciones ubicadas en Lima; con las siguientes ocho regiones se asignó el 90% de los fondos.<sup>10</sup>

Por lo tanto, esta investigación, además de explicar el papel que desempeñan las redes de colaboración en la generación y utilización del conocimiento, busca averiguar el rol que cumplen las redes de colaboración de los proyectos de I+D+i en el desarrollo de capacidades en CTI en el contexto de la descentralización. Para este propósito se utiliza el enfoque de sistemas regionales de innovación (SRI), en particular tipo redes, que incluye la participación del Estado a través de financiamiento para promover colaboraciones entre los actores de estos sistemas (Cooke, 1992). Asimismo, se usa el análisis de redes sociales como una herramienta metodológica para caracterizar la composición de las redes y su evolución en el tiempo, empleando una base de datos de proyectos que han recibido financiamiento del Estado a través de Innóvate Perú entre los años 2007 y 2018. De manera más específica, se explica el efecto del apoyo a proyectos de innovación sobre la formación de redes de colaboración de las entidades que han desarrollado proyectos de I+D+i.

Entender el papel que cumplen las redes de colaboración en I+D+i tanto en la evolución de los SRI, como en el proceso de descentralización del país, puede dar luces para mejorar los instrumentos de política que las promueve.

## **3.2 Objetivos de la investigación e hipótesis**

### ***3.2.1 Objetivo de la investigación***

La investigación tiene cuatro objetivos. El primero es identificar a los actores más relevantes del sistema nacional de innovación y comprobar el papel de las entidades académicas y de infraestructura científico-tecnológica en el funcionamiento de la red. El segundo, medir en qué medida las relaciones entre actores tienden a repetirse en el tiempo. El tercero, analizar las relaciones interregionales en el país. Finalmente, el cuarto consiste en proponer una

---

<sup>10</sup> Base de datos de Innóvate Perú.

caracterización y análisis de los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva del análisis de redes sociales.

### **3.2.2 Hipótesis**

Se proponen cuatro hipótesis que son analizadas en esta investigación. La primera es que las entidades académicas son las más importantes para la generación y difusión del conocimiento. Por lo tanto, cumplen un papel central en las redes de colaboración con empresas y otros actores.

La segunda hipótesis es que las colaboraciones para la generación o adaptación de conocimiento entre actores se basan en experiencias de confianza. Por lo tanto, se espera que una interacción entre actores se repita en el futuro cuando ha sido positiva.

La tercera hipótesis es que las relaciones entre regiones están determinadas principalmente por su proximidad geográfica, en especial dada entre regiones fronterizas. Por lo tanto, se espera que las redes de colaboración entre regiones fronterizas sean significativas.

Finalmente, la cuarta hipótesis es que las regiones han desarrollado capacidades de CTI heterogéneas, por lo que se requiere una caracterización para diferenciar las políticas y sus instrumentos de política que atiendan la diversidad de necesidades y potencialidades.

### **3.3 Metodología**

La metodología aplicada incluye la sistematización de la información, el análisis de redes sociales y el método de correlación de procedimiento de asignación cuadrática. Estos métodos se explican a continuación.

### 3.3.1 Sistematización de la información

La sistematización de la base de datos se realizó de la siguiente manera. Primero se analizó la información de los proyectos de innovación financiados por Innóvate Perú entre 2007 y 2018. Para cada actor, que conforma un nodo dentro de la red, se le incluyó los atributos de ubicación, determinados por la región a la que pertenece o el país, en caso de ser una organización extranjera, y por el tipo de organización que representa. Luego, se codificaron las relaciones dentro de cada proyecto y se armaron pares de relaciones entre actores. Cada par de articulación representa un vínculo que es considerado bidireccional.

Los actores han sido dividido en cinco categorías: *empresas*, que son todos los actores que están inscritos como empresas o personas naturales que se dedican a la producción de bienes y servicios; *academia*, que incluye a todas las universidades y centros de investigación que se dedican a la generación, adaptación, recopilación, sistematización y uso de conocimiento y tecnología; *asociaciones civiles*, que comprende a las asociaciones de productores, gremios, organismos no gubernamentales (ONG) y asociaciones que no tienen fines de lucro y que promueven la articulación de actores; *entidades de CTI*, las cuales incluyen a todas las entidades públicas o privadas que proveen infraestructura y equipamiento para la generación y uso de CTI, entre las cuales se encuentran los institutos públicos de investigación, los centros de innovación productiva y transferencia tecnológica (CITE) y los laboratorios; y el *gobierno*, que incluye a algún nivel de gobierno (ministerio, gobierno regional o local) que participa del proyecto. En la tabla 2 se presentan los diferentes atributos para cada categoría.

**Tabla 2. Perú. Atributos de los nodos/actores utilizados**

Atributos	Categoría	Descripción
Ubicación	Región en el Perú	Amazonas; Áncash; Arequipa; Ayacucho; Callao; Cajamarca; Cusco; Huancavelica; Huánuco; Ica; La Libertad; Lambayeque; Lima; Loreto; Pasco; Piura; Puno; Tacna; Tumbes; Ucayali.
	País extranjero	Alemania; Brasil; Colombia; España; Estados Unidos; México.

<b>Tipo de organización</b>	Empresa	Empresas o personas naturales que se dedican a la producción de bienes y servicios.
	Asociación civil	Asociaciones de productores, gremios, ONG y asociaciones que como organización no tienen fines de lucro y promueven la articulación de actores.
	Academia	Universidades y centros de investigación que se dedican a la generación, adaptación, recopilación, sistematización y uso de conocimiento y tecnología.
	CTI	Entidades públicas o privadas que proveen infraestructura y equipamiento para la generación y uso de CTI, entre las cuales se encuentran los institutos públicos de investigación, los CITE y los laboratorios.
	Gobierno	Organización gubernamental que determina políticas o financia instrumentos de CTI.

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.2 Análisis de redes sociales**

El análisis de redes sociales es un método mixto de análisis. Comprende un análisis cuantitativo sociométrico, y otro cualitativo, referido al análisis de sociogramas (diagramas de redes). Se utilizan técnicas cuantitativas como insumo para generar las visualizaciones cualitativas de la información (Teddy y Tashakkori, 2009). Para este estudio se utiliza el análisis de redes sociales como herramienta metodológica para caracterizar la composición de las redes y su evolución en el tiempo empleando una base de datos de proyectos que han recibido financiamiento del Estado a través de Innóvate Perú entre los años 2007 y 2018. Además, se usó el programa Gephi para visualización de redes (Bastian, Heymann y Jacomy, 2009), la cual además distingue por colores los atributos y conexiones de los actores, así como el programa Ucinet para analizar relaciones entre redes (Borgatti, Everett y Freeman, 2002).

Gephi permite calcular las mediciones de las relaciones según la conexión de los actores, tomando en cuenta sus atributos, el tamaño de las redes y la estructura de estas. Asimismo, permite hacer una visualización gráfica de las redes con bastante claridad, aun si la dimensión de la red es grande. Por su lado, Ucinet ha sido utilizado principalmente para realizar la adecuación que permita

transformar la lista de nodos y aristas en matrices, comparar matrices y definir si las matrices están correlacionadas o no.

### **3.3.3 Método de correlación de procedimiento de asignación cuadrática**

El análisis relacional de las variables en redes utiliza procedimientos estadísticos específicos, entre los cuales se encuentran los modelos de gravedad, los modelos de gráficos aleatorios exponenciales, los modelos estocásticos orientados al actor y los procedimientos de asignación cuadrática (QAP, por sus siglas en inglés) (Tsouri, 1917). El QAP es utilizado por este estudio para analizar información empírica.

El método de correlación de procedimiento de asignación cuadrática (correlación QAP) permite averiguar si hay correlación o similitud entre matrices adyacentes y entre matrices adyacentes y sus atributos. El cálculo se realiza mediante el programa Ucinet, el cual permite aplicar el método de correlación de Pearson para determinar las celdas que corresponden entre las dos matrices cuadradas que se comparan. Luego, calcula el coeficiente de correlación entre las celdas equivalentes de dos matrices observadas (A y B). Después se compara si dos actores se relacionan en la matriz A y si también se relacionan en la matriz B. Posteriormente, las columnas y filas van permutando miles de veces y se crean matrices ficticias y cada vez se calcula un nuevo coeficiente de correlación. Estos coeficientes de correlación de las matrices ficticias se comparan con el coeficiente de correlación obtenido tras relacionar las matrices observadas. Si pocas veces ( $<0.05$ ) la correlación entre las matrices ficticias es mayor o igual, eso significa que la correlación entre las dos matrices observadas no ocurre por casualidad y, en consecuencia, que hay relación significativa (correlación) entre ellas. Por lo tanto, si la significación es menor a 0.05 entre dos redes, esto indica que esas dos redes se correlacionan (son similares).

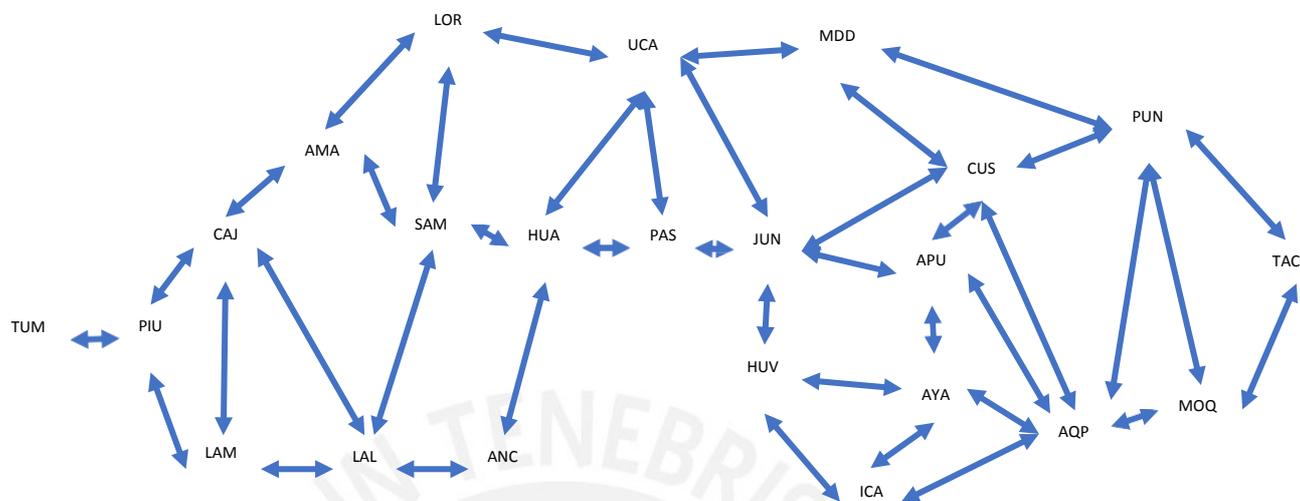
El valor de correlación de Pearson indica la fuerza y dirección de la correlación. Cuanto más alejado de 0 sea el valor, más fuerte es la asociación, correlación o similitud. El signo señala la dirección: si es un signo negativo, eso indica que, al aumentar los valores en la red, disminuyen los valores de la otra

red. Si la correlación es positiva entre dos redes, eso significa que son similares. Si la correlación es positiva entre una red y un atributo, eso indica que las relaciones se producen entre actores con similar atributo (homofilia). Si la correlación es negativa entre dos redes, eso significa que una matriz es la inversa de la otra. Por lo contrario, si la correlación es negativa entre una red y un atributo, eso demuestra que las relaciones ocurren entre actores de diferente atributo (heterofilia).

El método de correlación QAP se ha aplicado en los siguientes casos:

- **Análisis comparativo entre regiones que comparten frontera.** Se realizó para comprobar si hay un sistema interregional con relaciones significativas y, por lo tanto, si hay una red interregional o si los vínculos aún son débiles o inexistentes. Para el análisis de redes interregionales se ha considerado las relaciones entre regiones que comparten fronteras. Las conexiones entre regiones se estiman identificando el número total de aristas que conectan una región con otra. Para este propósito se han realizado dos análisis. El primero consiste en el mapa de todas las regiones del país y el número de aristas existentes entre regiones. El segundo consiste en identificar la correlación de Pearson por cada par de regiones para saber el grado de asociación entre ambas regiones. Las regiones consideradas excluyen a los países extranjeros, Lima y Callao, porque el fin es identificar las relaciones regionales como contrapeso de la centralización del país. Sin embargo, no todas las regiones tienen vínculos con las regiones vecinas. Por lo tanto, se grafican las relaciones existentes tomando en cuenta que solo se enmarca el análisis entre regiones que comparten frontera. El mapa de relaciones que se visualizan en la figura 8 es el espacio de análisis posible sabiendo que son las regiones donde al menos hay un actor que ha recibido fondos de Innóvate Perú para proyectos de innovación entre 2007 y 2018.

**Figura 8. Perú. Relaciones potenciales entre regiones fronterizas**



Fuente: elaboración propia.

- **Análisis intertemporal de las redes a escala nacional.** Se determinaron dos momentos y se los comparó para ver si hay una relación entre enlaces en un periodo 1 y cómo esto ha influido en los posibles enlaces en un periodo 2. El periodo 1 está dado por las relaciones que se han establecido entre 2007 y 2012, mientras que el periodo 2 está determinado por las relaciones que se han entablado entre 2013 y 2018. Este análisis, considerado un análisis dinámico, permite identificar si las relaciones iniciales influyen o no en relaciones futuras.

### 3.4 Caracterización de las regiones en función del tipo de redes

Un aspecto central para el análisis de las redes de colaboración en los sistemas de innovación es su papel en el territorio. En el Perú, las regiones han desarrollado de manera heterogénea sus capacidades de movilizar recursos e invertir en CTI. Esto determina situaciones muy distintas también en la composición de sus redes al interior de cada región. Se utiliza la clasificación de Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015), donde se determina si se trata de redes

interactivas, globalistas o localistas. Para este proceso, se han definido cuatro dimensiones de análisis para cada región: tamaño, proximidad, estructura e influencia.

En el caso del tamaño, se consideran las variables de número de nodos, el porcentaje de los nodos de la región entre el total de nodos de la red y la densidad. Para el caso de la proximidad, se mide el grado medio de la red, la homofilia geográfica y la heterofilia por tipo de organización. Tanto para medir la homofilia como la heterofilia se utiliza el índice E-I propuesto por Krackhardt y Stern (1988), en el cual se calcula la división de la diferencia de los vínculos externos menos los vínculos internos y el total de vínculos. Mientras que los resultados positivos implican heterofilia, los resultados negativos señalan la existencia de homofilia.

La estructura se mide a través del número total de componentes, el número de componentes con 10 o más actores,<sup>11</sup> el tamaño del componente más largo, el componente más largo como porcentaje del total de actores, el número de componentes aislados, el tipo de estructura de red en conjunto y la estructura de red del componente más largo. Estas dos últimas categorías pueden ser centro-periferia, centro y distribución o mundo-pequeño. Finalmente, la influencia se mide a través del tipo de organización, la ubicación (dentro o fuera de la región) y una apreciación de cuál sería el efecto si el nodo desaparece, aplicado a los tres tipos de centralidad que determinan influencia: centro, centralidad de intermediación y centralidad de vector propio.

Asimismo, para comprobar la relevancia del nodo influyente, se aplica un procedimiento de simulación de eventos para determinar el impacto que tiene en

---

<sup>11</sup> Este indicador permite identificar las comunidades (aglomerados) grandes dentro de una red. Para nuestro caso de análisis, se considera grande cuando son más de 10 nodos. Para la determinación de este punto crítico se identificaron los nodos dominantes en la red para constituir una comunidad grande. Para ello se generó un reporte ego net en Ucinet (Borgatti, Everett y Johnson, 2013). Se determinó la proporción del tamaño de cada ego net conformada con respecto al tamaño de la red total y con estos valores se elaboró una curva de variaciones en la que el punto de inflexión representa que la variación de la proporción del tamaño del ego net con respecto al tamaño de la red es mínima o inexistente. En el análisis de conglomerados, este método es conocido como método del codo. Así, se identificó que el punto de inflexión para el conjunto de redes regionales analizadas en este estudio se encuentra entre nueve y 11 nodos, por lo que se decidió utilizar 10 como valor de referencia.

la estructura extraer el nodo influyente que se está analizando. El resultado puede ser que el componente principal de la red se fragmente (se parta en dos o más el componente, cuando es el único nodo influyente); se debilite (no se parta el componente, pero la distancia entre los nodos es más larga); un efecto marginal (no varía el número de componentes, hay varios nodos influyentes); o que no haya ningún impacto (en redes pequeñas donde todos los nodos tienen un valor de influencia similar).

Los resultados se organizarán para caracterizar las regiones y asignar si se acercan a los tipos de redes propuestos: interactivas, globalistas y localistas. Para este fin, se realiza un estudio de aglomerados del conjunto de redes regionales analizadas, para lo cual se utiliza el método de K-medias. K-medias es un método de aglomeración que divide M puntos entre N dimensiones en K grupos de datos-clústeres (Hartigan y Wong, 1979; De la Garza, Morales y Gonzales, 2013). Este método reúne los datos con características semejantes en un mismo grupo, separados de los que no comparten características. Para identificar estas diferencias, K-medias utiliza la distancia entre los datos en busca de maximizar la distancia entre los grupos y minimizar la distancia intragrupal (Bora y Gupta, 2014).

### **3.5 Base de datos**

La base de datos se ha construido con la información solicitada a Innóvate Perú, del Ministerio de la Producción (Produce). El estudio se acota a los proyectos que han sido financiados en la categoría de innovación, lo cual incluye los siguientes concursos:

- Innovaciones tecnológicas de alto impacto
- Proyectos de innovación para microempresas (PIMEN)
- Proyectos de innovación productiva de empresas asociadas (PIPEA)
- Proyectos de innovación productiva de empresas individuales (PIPEI)

- Proyectos de innovación tecnológica en empresas asociadas (PITEA)
- Proyectos de innovación tecnológica de empresas individuales (PITEI)
- Proyectos de innovación empresarial – individual
- Proyectos de innovación empresarial – validación
- Proyecto de Fomento a la Tecnología para el Desarrollo (RAMP)
- Validación de la innovación para microempresas
- Validación y empaquetamiento de innovaciones

Estos concursos se han llevado a cabo entre los años 2007 y 2018.

La base de datos registra los actores que han participado en los concursos, tanto el proponente principal como sus colaboradores, cuando los ha habido. Reconoce el nombre de las organizaciones, que se ha codificado para su procesamiento y para mantener la confidencialidad asegurada a la institución a la hora de solicitar los datos; la ubicación geográfica de cada organización a escala regional y de país; el nombre del proyecto financiado; el año en el que se ingresó el proyecto, y su fecha de inicio y fin.

Como parte de la sistematización de la base de datos, se han incorporado datos sobre el tipo de organización al que se refiere, usando las siguientes categorías: empresa; academia; organización de CTI; sociedad civil o gobierno (ver sección 3.3.1 y tabla 2).

### **3.6 Características de la población a analizar**

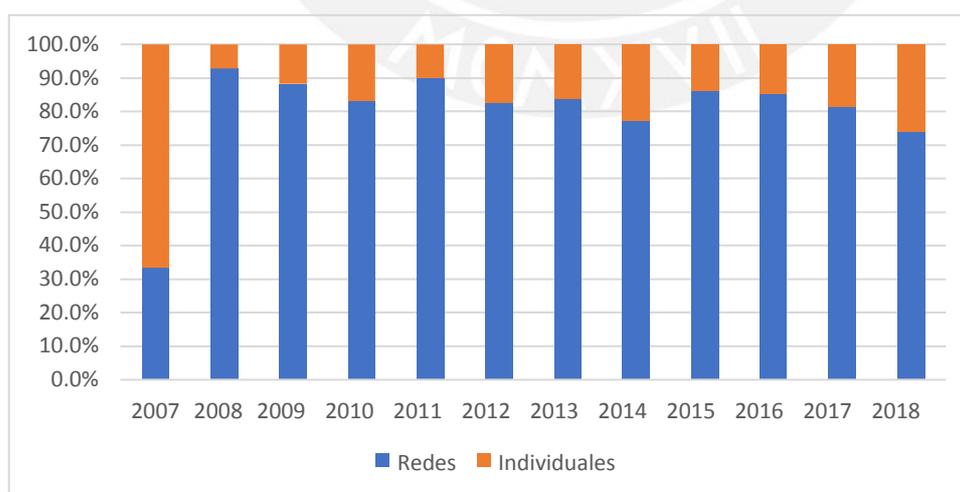
La observación se realiza a 1305 actores y 1134 proyectos de investigación. Los actores han sido 1295 peruanos y 10 extranjeros. Según el papel que cumplen, 79.2% son empresas, 12.5% son asociaciones civiles, 6.5% son entidades académicas, 1.3% son organizaciones de CTI y 0.5% son gubernamentales. La tabla 3 presenta la estructura de los proyectos analizados en función del número de actores participantes por cada proyecto y el año del proyecto.

**Tabla 3. Perú. Estructura de los proyectos de innovación analizados**

Número de colaboradores por proyecto	Año del proyecto												
	2007-2018	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Individuales	198	2	2	2	16	4	31	11	38	24	24	20	24
Proyectos de 2 colaboradores	663	0	15	2	33	11	89	37	89	131	122	74	60
de 3	113	0	5	5	20	3	11	6	13	18	14	10	8
de 4	123	1	3	7	19	20	34	8	26	1	1	3	0
de 5	34	0	3	1	7	2	12	6	2	0	0	1	0
de 6	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
Total proyectos	1134	3	28	17	95	40	179	68	168	174	161	109	92
Total proyectos colaborativos	936	1	26	15	79	36	148	57	130	150	137	89	68

Fuente: Innóvate Perú; elaboración propia.

Los proyectos están conformados por 936 proyectos colaborativos (82.5%) y 198 proyectos individuales (17.5%) (véase la figura 9). De los proyectos colaborativos, 608 se realizan en el ámbito de una región, en 320 al menos un actor de la red se encuentra en una región distinta y en nueve al menos un actor es considerado internacional.

**Figura 9. Perú. Distribución de los proyectos según si son de redes o individuales**

Fuente: Innóvate Perú; elaboración propia.

En total, 10 entidades extranjeras de seis países distintos han participado en los proyectos analizados, de las cuales cinco son empresas, tres son academias, hay una asociación civil y una CTI. A escala nacional, 649 entidades se ubican en Lima, de las cuales el 88.8% son empresas, 5.4% son asociaciones civiles, 4.6% pertenecen a la academia, 0.8% a entidades de CTI y 0.5% son instancias de gobierno que participan de los proyectos de innovación. En las regiones, 70% son empresas, 19.7% son asociaciones civiles, 8.1% son entidades de la academia, 1.7% son instituciones de CTI y 0.6% son organizaciones de gobierno. La tabla 4 muestra la distribución de los actores por región y la figura 10 su distribución por tipo de organización.

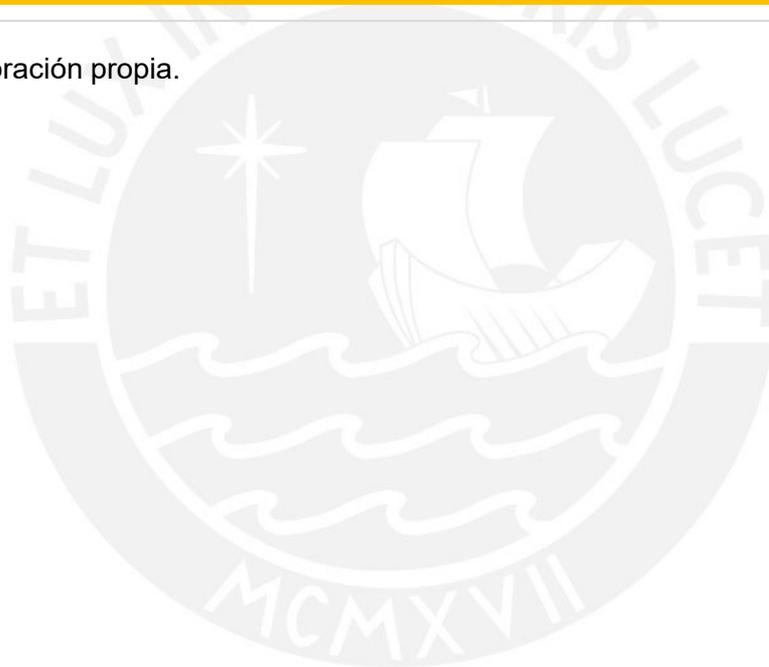
**Tabla 4. Perú. Distribución geográfica de los actores**

Departamento	Número de actores (nodos)	% de participación
Lima	649	49.73
Arequipa	102	7.82
San Martín	68	5.21
Junín	61	4.67
Piura	59	4.52
Lambayeque	41	3.14
Loreto	39	2.99
Ucayali	35	2.68
Madre de Dios	35	2.68
La Libertad	31	2.38
Callao	28	2.15
Tacna	25	1.92
Amazonas	20	1.53
Cajamarca	20	1.53
Cusco	16	1.23
Huánuco	14	1.08
Tumbes	11	0.84
Ica	11	0.84
Puno	10	0.77
Pasco	8	0.61
Áncash	5	0.38
Huancavelica	4	0.31
Ayacucho	3	0.23
España	3	0.23
México	2	0.16
Estados Unidos	2	0.16
Brasil	1	0.08
Colombia	1	0.08
Alemania	1	0.08
<b>TOTAL</b>	<b>1305</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia.

**Figura 10. Perú. Actores según su función en el sistema**

Fuente: elaboración propia.



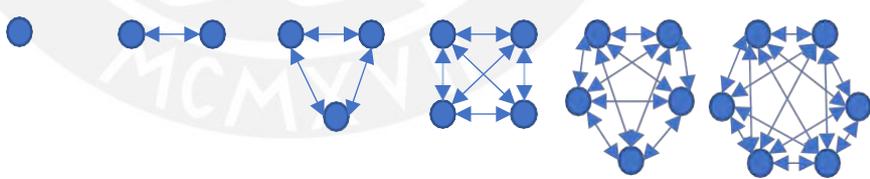
## Capítulo 4. Resultados del análisis de redes sociales

Los resultados del análisis de los sistemas regionales de innovación se presentan en tres niveles: agregado (en el ámbito nacional), interregional y regional. En el nivel agregado se muestra el comportamiento de todos los elementos en el ámbito nacional, incluyendo los actores externos. El análisis interregional toma en cuenta las relaciones entre las regiones asumiendo cada región como una unidad. El análisis regional muestra el comportamiento y estructura de las redes para cada región.

### 4.1 Caracterización de la red social de los proyectos de innovación en el ámbito nacional

El análisis de todos los proyectos de innovación apoyados por Innóvate Perú entre 2007 y 2018 muestra que 1305 actores han participado de manera agregada en 1134 proyectos de innovación, de los cuales 936 han sido colaborativos y 196 individuales. Del total de proyectos colaborativos, en 665 participaron dos actores, en 114 tres actores, en 122 cuatro actores, en 34 cinco actores, y en tres proyectos seis actores (véase la tabla 5).

**Tabla 5. Perú. Datos observados**



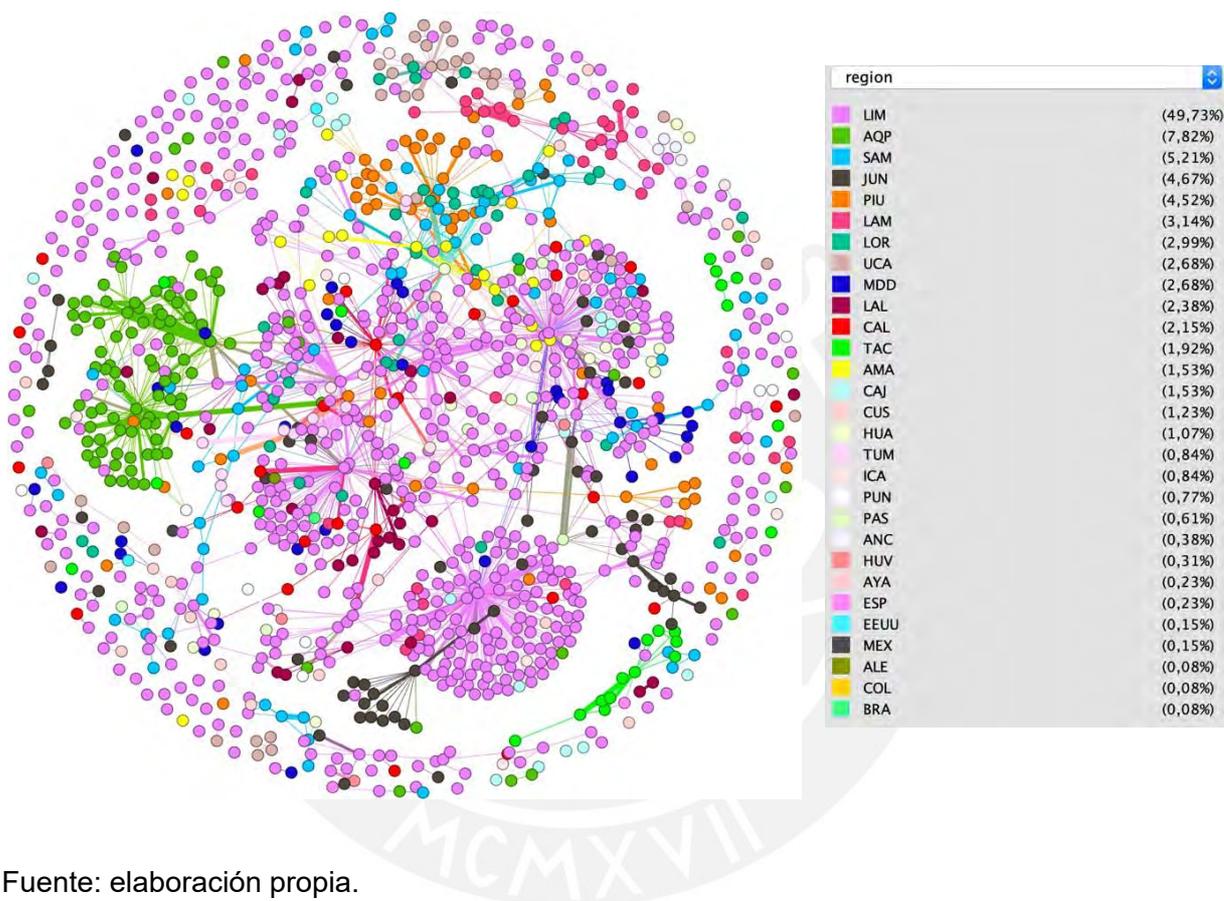
	1	2	3	4	5	6
Número de actores por proyecto	1	2	3	4	5	6
Número de aristas por proyecto	0	1	3	6	10	14
Grado por proyecto	0	2	6	12	20	28
Número de proyectos	196	665	114	122	34	3
Aristas totales	0	665	342	732	340	42

Fuente: elaboración propia.

La participación de los actores en cada proyecto ha formado un total de 2124 conexiones entre pares de actores o nodos que forman 2001 aristas. Este

despliegue de actores y relaciones se puede observar en la figura 11, donde las líneas que vinculan a los nodos son los vínculos creados como consecuencia de los proyectos donde han participado dos actores de manera conjunta. El ancho más grueso de estas líneas muestra un número mayor de interacciones.

**Figura 11. Perú. Actores y vínculos de los proyectos de innovación, por localización**



Fuente: elaboración propia.

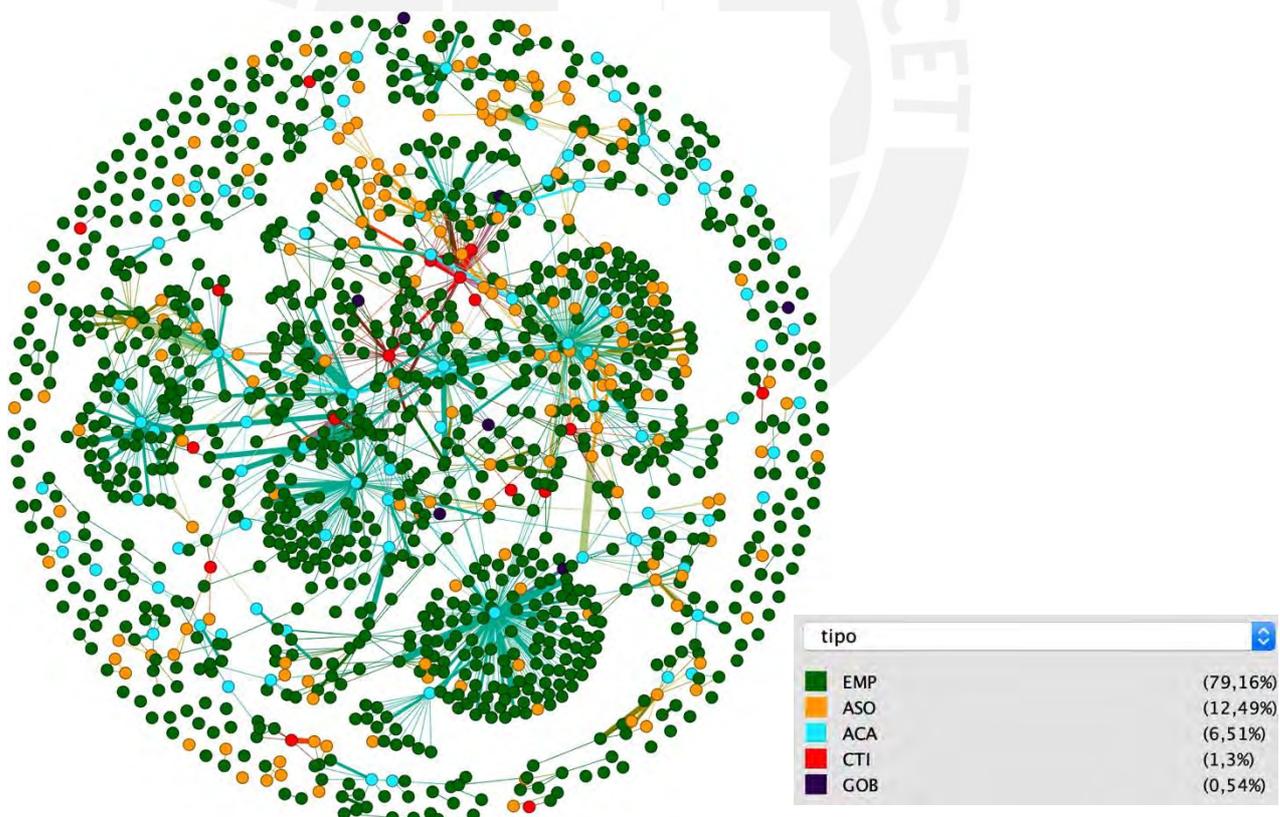
La red conformada por el acumulado de proyectos entre 2007 y 2018 está compuesta por 222 componentes, de los cuales 206 son componentes aislados o conectados débilmente. De estos, 158 son elementos independientes, 64 componentes tienen más de un nodo, solo cinco tienen más de 10 nodos y el componente más grande está compuesto por 839 nodos.

La presencia de casi la mitad de los actores de la región Lima se ve en los colores de la red. Sin embargo, se observa que al menos dos regiones más empiezan a generar redes regionales importantes: Arequipa y San Martín. El

resto de las regiones o tienen pocos actores y su presencia se diluye o los actores están más cerca de regiones que no son las suyas.

Estas interacciones muestran que algunos actores tienen más vínculos que otros, pero eso no necesariamente implica una mayor relevancia. La figura 12 muestra el papel que desempeñan las organizaciones académicas, las cuales articulan muchas de las relaciones entre subredes. La desaparición de uno de estos actores fragmentaría en muchas partes la red principal. Otros actores que cumplen un papel intermediador entre redes son aquellos que dan soporte con infraestructura de CTI, que vinculan componentes que, sin su presencia, no estarían relacionados. Este papel de intermediación permite que el componente sea más grande y que no haya tantos componentes independientes.

**Figura 12. Perú. Actores y vínculos de los proyectos de innovación, por tipo de organización**



Fuente: elaboración propia.

Los 158 nodos independientes representan los actores que no han tenido ningún proyecto conjunto con otros. Por otro lado, 38 actores que han tenido proyectos independientes también han mantenido vínculos con otros actores en otros proyectos.

Hay 1628 vínculos únicos entre dos actores. Asimismo, hay 170 relaciones que tienen dos proyectos, 32 con tres proyectos, nueve con cuatro, dos con cinco, y dos con seis vínculos a lo largo de todo el horizonte temporal analizado. Esta red se representa por una matriz de adyacencia cuadrada de 1305 x 1305 nodos.

El análisis de redes sociales en el ámbito nacional sugiere que se ha ido configurando una red nacional de colaboraciones como consecuencia del apoyo que el gobierno brinda para el desarrollo de proyectos de innovación. Esta red de colaboración facilitaría generar y transmitir conocimiento e innovación. Los resultados indican que hay una creciente comunidad de actores que colaboran entre sí en varias regiones del país y con algunos nexos internacionales.

## **4.2 Tamaño, influencia y proximidad de los nodos**

Las mediciones de tamaño e influencia de los nodos permiten identificar el papel que cumplen los actores en la red, mientras que los análisis de proximidad geográfica y por tipo de organización describen las características comunes o distintas entre nodos que se vinculan en una red. El tamaño permite identificar qué tan fuertes son los lazos de un nodo con la red a la cual pertenece; la influencia permite identificar la capacidad de transmitir el conocimiento a otros nodos de la red; y la proximidad permite saber cuáles son las preferencias, según las características similares o complementarias que comparten los nodos en una red.

### **4.2.1 Tamaño de los nodos**

El análisis de las relaciones entre los actores en la red muestra que algunos de ellos tienen una presencia mucho más relevante que otros. Por

ejemplo, el actor con mayor número de interacciones tiene un grado de 148 y un grado ponderado de 177, lo que significa que es la organización con más conexiones con otros actores. Este actor es una institución académica y se ubica en Lima. De los 20 actores con más conexiones, 14 son instituciones académicas, tres son organizaciones de CTI, dos son asociaciones civiles y una es una empresa. En cuanto a ubicación, nueve se sitúan en Lima, cuatro en Arequipa y uno en cada una de las regiones de Huánuco, Callao, Ucayali, Junín, La Libertad y Tumbes (véase la tabla 6).

**Tabla 6. Perú. Actores con mayor número de conexiones**

Nodo	Región	Tipo de organización	Grado
A1008	LIMA	Academia	148
A1228	LIMA	Academia	124
A1245	LIMA	Academia	72
A1251	LIMA	Academia	54
A1211	AREQUIPA	Academia	42
A723	HUÁNUCO	CTI	39
A1232	LIMA	Academia	38
A735	CALLAO	CTI	37
A1209	AREQUIPA	Academia	29
A1241	UCAYALI	Academia	25
A720	AREQUIPA	Asociación civil	23
A1235	AREQUIPA	Academia	22
A1220	PIURA	Academia	17
A1214	LIMA	Academia	16
A729	LIMA	CTI	15
A1215	JUNÍN	Academia	15
A1239	LA LIBERTAD	Academia	15
A567	LIMA	Asociación civil	14
A1240	TUMBES	Academia	14
A18	LIMA	Empresa	13

Fuente: elaboración propia.

Las colaboraciones para crear innovaciones manifiestan una red fragmentada en 222 comunidades, de las cuales 206 son componentes aislados o conectados débilmente. Esto sugiere que hay espacio para seguir construyendo vínculos entre actores y para lograr una red más cohesionada.

La densidad agregada es de 0.002, lo cual representa un potencial aún muy grande para continuar estableciendo lazos entre actores y entre los

componentes de la red (véase la sección 2.2.1). El grado medio de la red nacional es de 3.067. La distancia más larga de un nodo al más lejano es de 12 pasos, la longitud media de camino es de 4.61 y el coeficiente de agrupamiento, que está dado por la proporción entre los enlaces conectados con sus vecinos dividida entre el número de enlaces posibles, es de 0.763.

#### 4.2.2 Influencia de los nodos

La influencia mide cuánto un actor está conectado con otros actores para transmitir información. Los actores más influyentes pueden medirse por su condición de centro (*hub*) cuando son cercanos a varios otros actores, por su número de conexiones con comunidades fuertes (“centralidad de intermediación”), o por su relación con otros actores influyentes (“centralidad de vector propio”) (véase el marco conceptual en la sección 2.2.4).

Entre los primeros 20 centros más influyentes, el análisis muestra a tres organizaciones académicas como las primeras, seguidas por 16 empresas y una asociación civil. Gran parte de estas organizaciones se encuentran en Lima (15 de ellas) y el resto en Lambayeque (dos), Puno, Junín y Madre de Dios (una en cada región) (véase la tabla 7).

**Tabla 7. Perú. Centros (*hubs*) por tipo de actor y ubicación**

Actor	Región	Tipo de organización	Condición de Centro
A1008	LIMA	Academia	0.649977
A1228	LIMA	Academia	0.182508
A1232	LIMA	Academia	0.100655
A18	LIMA	Empresa	0.095523
A358	PUNO	Empresa	0.085256
A477	JUNÍN	Empresa	0.0761
A1301	LIMA	Empresa	0.0761
A54	LIMA	Empresa	0.071572
A434	LAMBAYEQUE	Empresa	0.071572
A684	LIMA	Empresa	0.071572
A816	LAMBAYEQUE	Empresa	0.071572
A1176	LIMA	Empresa	0.071572
A509	LIMA	Empresa	0.071121
A192	MADRE DE DIOS	Asociación civil	0.070031
A855	LIMA	Empresa	0.068715
A448	LIMA	Empresa	0.067855

A1188	LIMA	Empresa	0.067855
A133	LIMA	Empresa	0.067394
A679	LIMA	Empresa	0.067394
A294	LIMA	Empresa	0.066743

Fuente: elaboración propia.

La centralidad de intermediación permite identificar a los actores más relevantes en el análisis de los proyectos colaborativos de innovación, que ayudan a unir comunidades de investigación e innovación. Entre las 20 principales organizaciones que tienen mayor centralidad de intermediación se encuentran 13 entidades académicas, tres de CTI, tres asociaciones civiles y una empresarial. En la mayoría de los casos provienen de Lima (nueve de las 20), seguidos de cuatro de Arequipa, dos de Piura, y una por cada una de las regiones del Callao, Huánuco, Pasco, La Libertad y Junín (véase la tabla 8).

**Tabla 8. Perú. Intermediarios por tipo de actor y ubicación**

Actor	Región	Tipo de organización	Centralidad de intermediación
A1228	LIMA	Academia	159,333.74
A1008	LIMA	Academia	121,644.85
A735	CALLAO	CTI	77,951.96
A1232	LIMA	Academia	64,671.06
A1209	AREQUIPA	Academia	64,656.48
A1245	LIMA	Academia	63,865.53
A1251	LIMA	Academia	58,002.26
A723	HUÁNUCO	CTI	46,223.43
A1211	AREQUIPA	Academia	26,547.69
A1235	AREQUIPA	Academia	22,389.46
A1229	PASCO	Academia	22,366.49
A1220	PIURA	Academia	19,571.95
A1214	LIMA	Academia	18,559.56
A720	AREQUIPA	Asociación civil	15,137.28
A144	PIURA	Asociación civil	12,555.80
A254	LIMA	Empresa	12,252.38
A1239	LA LIBERTAD	Academia	11,785.88
A298	LIMA	Asociación civil	11,172.60
A1215	JUNÍN	Academia	10,803.00
A729	LIMA	CTI	10,506.82

Fuente: elaboración propia.

La centralidad de vector propio permite identificar a los actores influyentes que están conectados con otros actores también influyentes. Este tipo de

vínculos contribuye a la difusión del conocimiento. Los resultados muestran que los dos actores principales se distancian del resto y que ambos son organizaciones académicas que se ubican en Lima. Sin embargo, entre los 20 primeros encontramos una mayoría de organizaciones empresariales (nueve), siete académicas, dos de CTI y dos asociaciones civiles (véase la tabla 9).

**Tabla 9. Perú. Vector central por tipo de actor y ubicación**

Actor	Región	Tipo de organización	Centralidad de vector propio
A1008	LIMA	Academia	1.000
A1228	LIMA	Academia	0.830
A1245	LIMA	Academia	0.329
A723	HUÁNUCO	CTI	0.283
A1232	LIMA	Academia	0.279
A1251	LIMA	Academia	0.266
A735	CALLAO	CTI	0.213
A477	JUNÍN	Empresa	0.163
A1301	LIMA	Empresa	0.163
A192	MADRE DE DIOS	Asociación civil	0.163
A550	LIMA	Empresa	0.159
A18	LIMA	Empresa	0.146
A53	SAN MARTIN	Empresa	0.138
A1209	AREQUIPA	Academia	0.134
A629	LIMA	Empresa	0.134
A974	UCAYALI	Empresa	0.132
A1102	CALLAO	Empresa	0.132
A174	AMAZONAS	Asociación civil	0.127
A358	PUNO	Empresa	0.126
A1214	LIMA	Academia	0.126

Fuente: elaboración propia.

El resultado del análisis sugiere que los actores más influyentes en la red del sistema nacional de innovación son organizaciones académicas ubicadas sobre todo en la ciudad de Lima. Cuando se aplica el análisis de centros (*hubs*) y la centralidad de vector propio a las organizaciones académicas, les sigue un grupo importante de empresas en las tablas de las 20 más importantes, mientras que las organizaciones académicas son la mayoría cuando se aplica la centralidad de intermediación.

### 4.2.3 Homofilia geográfica y heterofilia organizacional

La proximidad permite caracterizar el comportamiento de los actores (véase la sección 2.2.2). El análisis de la *homofilia* se utiliza para determinar si un actor prefiere articularse con otro que pertenece a su misma región (proximidad geográfica) o a su mismo tipo de organización (proximidad organizacional). Cuando se vincula con organizaciones con un atributo similar (que se encuentran en una misma región o que son de la misma clase) se lo denomina homofilia; cuando prefiere relacionarse con organizaciones con atributos distintos, se lo llama heterofilia.

El cálculo de la homofilia por actor en cada región es en promedio -0.3, donde -1 es 100% homofilico y 1 es 100% heterofilico. Por lo tanto, podemos decir que los actores prefieren, en su mayoría, colaborar con actores de su misma región. Este comportamiento cambia según la región. Por ejemplo, en el caso de Arequipa, Lima y Tacna las relaciones son preferiblemente entre actores de la misma región, por lo que son relaciones de homofilia. Por el contrario, en Ica, Huancavelica, Pasco, Loreto y Madre de Dios, los actores prefieren en su mayoría compartir con actores de fuera de la región (véase la tabla 10). Estos resultados mixtos sugieren que en algunas regiones prevalecen las preferencias por actores de la misma región, mientras que en otras predominan las preferencias por actores que no pertenecen a la región.

**Tabla 10. Perú. Homofilia por la ubicación geográfica de los nodos**

Región	Mín. del índice	Máx. del índice	Promedio del index	Desvest. del índice	Resultado
AQP	- 1.00	1.00	- 0.79	0.50	
LIM	- 1.00	1.00	- 0.61	0.65	
TAC	- 1.00	1.00	- 0.52	0.83	
LAM	- 1.00	1.00	- 0.39	0.80	
UCA	- 1.00	1.00	- 0.36	0.72	Homofilia
AYA	- 1.00	1.00	- 0.33	0.94	
AMA	- 1.00	1.00	- 0.22	0.72	
ANC	- 0.50	1.00	- 0.20	0.60	
PIU	- 1.00	1.00	- 0.19	0.91	
SAM	- 1.00	1.00	- 0.10	0.80	

CAJ	-	1.00	1.00	- 0.10	0.77
TUM	-	1.00	0.75	- 0.08	0.62
LAL	-	1.00	1.00	- 0.03	0.80
HUA	-	1.00	1.00	- 0.02	0.82
JUN	-	1.00	1.00	0.04	0.86
CUS	-	1.00	1.00	0.14	0.99
PUN	-	1.00	1.00	0.28	0.79
MDD	-	1.00	1.00	0.41	0.82
LOR	-	1.00	1.00	0.42	0.73
PAS		0.33	1.00	0.85	0.26
CAL		-	1.00	0.92	0.24
ALE		1.00	1.00	1.00	- Heterofilia
Brasil		1.00	1.00	1.00	-
COL		1.00	1.00	1.00	-
EEUU		1.00	1.00	1.00	-
ESP		1.00	1.00	1.00	-
HUV		1.00	1.00	1.00	-
ICA		1.00	1.00	1.00	-
MEX		1.00	1.00	1.00	-
Total general	-	1.00	1.00	- 0.34	0.82

Fuente: elaboración propia utilizando el programa Ucinet.

En el caso de la heterofilia por tipo de organización, los resultados muestran que el índice promedio es de 0.35, con lo cual se considera que las relaciones son principalmente heterofílicas (véase la tabla 11). Por lo tanto, se puede afirmar que los actores buscan generalmente una mayor diversificación de sus colaboradores considerando el tipo de organización y prefiriendo a aquellos que pueden complementar los conocimientos, infraestructura o equipamiento con el que puedan contar. A pesar de que la mayoría de actores que acceden a los fondos que promueven la innovación son empresas, ellas intentan articularse con organizaciones académicas, asociaciones civiles y entidades de CTI.

En las diadas que conforman la red, el 63% de los actores se vinculan con actores de otro tipo de organización. En 48% de las diadas al menos una de las organizaciones ha sido académica, mientras que solo en el 8% de las diadas al menos una de las organizaciones es de CTI. Cabe destacar que las primeras son generadoras de conocimiento y las segundas son reconocidas por su papel

de apoyo para la difusión y absorción de innovaciones. Este resultado va en la línea del objetivo de política de generar vínculos entre organizaciones académicas y productivas. Asimismo, sugiere que aún hay mucho espacio para incrementar la participación de las entidades de infraestructura de CTI a través de políticas públicas explícitas para este fin.

**Tabla 11. Perú. Heterofilia por tipo de organización**

Ubicación	Mín. del índice	Máx. del índice	Promedio del índice	Desvest. del índice	Resultado
COL	1	1	1	-	
MDD	-1	1	0.79	0.51	
SAM	-1	1	0.75	0.43	
CAJ	-0.33	1	0.57	0.55	
LOR	-0.33	1	0.56	0.52	
CAL	-1	1	0.55	0.66	
HUA	-1	1	0.54	0.76	
TAC	-1	1	0.54	0.56	
AMA	-1	1	0.51	0.57	
PUN	-1	1	0.51	0.82	
MEX	0	1	0.5	0.71	
LAM	-1	1	0.43	0.58	
PAS	-0.5	1	0.42	0.63	Heterofilia
JUN	-1	1	0.41	0.68	
UCA	-1	1	0.39	0.71	
ICA	-1	1	0.38	0.72	
AQP	-1	1	0.34	0.68	
AYA	-1	1	0.33	1.15	
CUS	-1	1	0.3	0.84	
LIM	-1	1	0.26	0.77	
PIU	-1	1	0.26	0.79	
TUM	-0.75	1	0.24	0.72	
LAL	-1	1	0.19	0.81	
ANC	-0.5	1	0.1	0.82	
Brasil	0	0	0	-	
ESP	-1	1	0	1	
HUV	-1	-0.33	-0.67	0.38	
ALE	-1	-1	-1	-	Homofilia
EEUU	-1	-1	-1	-	
Total general	-1	1	0.35	0.73	

Fuente: elaboración propia utilizando el programa Ucinet.

Los resultados sugieren que la red de colaboración que se ha configurado en el ámbito nacional se caracteriza porque los actores más relevantes, en cuanto a tamaño e influencia, son los actores académicos y que se ubican principalmente en Lima, la capital del país. Además, los resultados indican que las organizaciones suelen vincularse con organizaciones de su misma región, lo cual contribuye a fortalecer los sistemas regionales de innovación, y con organizaciones de distinta naturaleza, lo que favorece la complementariedad entre actores con capacidades distintas.

### **4.3 Análisis dinámico**

Se realizó un análisis dinámico de la evolución de las relaciones entre las diadas. Para eso, se aplicó una correlación QAP intertemporal, comparando las etapas 2007-2012 y 2013-2018. Si la relación es positiva y significativa, se deduce que las relaciones del 2013-2018 se explican por las relaciones anteriores, mientras que si es negativa, eso sugiere que las relaciones del segundo periodo no dependen de las del primer periodo.

Los resultados muestran que hay una correlación positiva y significativa ( $p$  value  $<0.05$ ) entre las matrices adyacentes de ambos periodos analizados. Sin embargo, el valor observado es relativamente bajo (0.1856). Por lo tanto, se considera que hay una correlación estadísticamente significativa, pero la vinculación entre ambas es débil (los coeficientes se encuentran entre 0.1 y 0.3) (véase la tabla 12).

Los resultados muestran que las relaciones iniciales influyen en las relaciones futuras. La interpretación en la práctica nos llevaría a sostener que las relaciones de confianza perduran en el tiempo, probablemente porque la relación inicial fue satisfactoria para ambos actores. Las relaciones que se mantienen indicarían que se da un proceso de colaboración continua en investigación y desarrollo entre organizaciones que se complementan; que hay actores que ayudan a acceder al financiamiento con mayor éxito que otros y que son contactados con mayor frecuencia; o que alguna organización concentra la

especialización en ciertas áreas de investigación de interés para los demás actores.

**Tabla 12. Perú. Resultados del análisis dinámico entre proyectos del 2007-2012 y 2013-2018**

Data Matrices:	C:\...\DIN07-12-Matched C:\...\DIN13-18-Matched								
# of Permutations:	5000								
Random seed:	28496								
Method:	Fast: no missing values allowed								
Parallel:	YES								
QAP results for C:\...\DIN13-18-Matched * C:\...\DIN07-12-Matched (5000 permutations)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Obs Value	Significa	Average	Std Dev	Minimum	Maximum	Prop >= O	Prop <= O	N Obs
Pearson Correlation	0.1856	0.0002	0.0000	0.0017	-0.0009	0.0149	0.0002	1.0000	5000
<b>4</b> QAP Co			1	2					
	DIN07	DIN13							
1 DIN07-12-Matched	1.000	0.186							
2 DIN13-18-Matched	0.186	1.000							
<b>4</b> QA			1	2					
	DIN07	DIN13							
1 DIN07-12-Matched	0.000	0.000							
2 DIN13-18-Matched	0.000	0.000							
QAP statistics saved as datafile QAP Correlatio-----									
Running time: 00:00:46									
Output generated: 22 Nov. 20 16:59:57									
Ucinet 6.716©pyright (c) 2002-19 Analytic Technologies									

Fuente: elaboración propia.

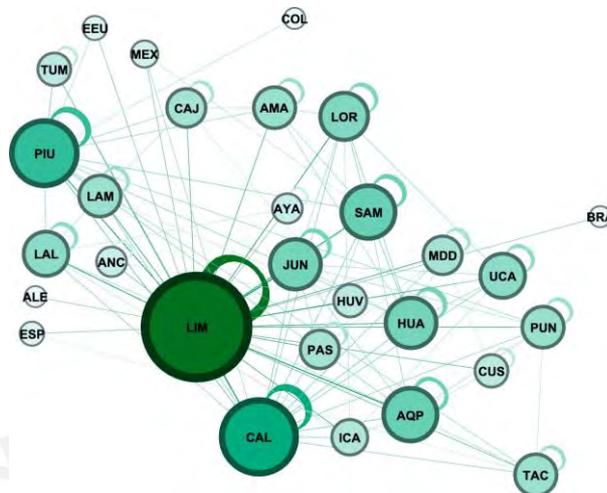
Por lo tanto, si bien las relaciones se basan en un proceso continuo de colaboración, aun estas relaciones de confianza se consideran débiles. Una posible explicación es el corto periodo de existencia de los incentivos públicos para la innovación en el país.

#### 4.4 Análisis interregional de redes de colaboración

Los flujos de colaboración entre las organizaciones provenientes de regiones fronterizas permiten configurar un espacio de análisis para la política pública en CTI. Para este análisis se utilizó a las regiones como un conjunto de

actores que conforman un nuevo nodo, con el peso dado por la equivalencia a la suma de los nodos que lo conforman (véase la figura 13).

**Figura 13. Perú. Relaciones por ubicación**



Fuente: elaboración propia.

Esta red es de un solo componente y cada nodo tiene un tamaño distinto, definido por el número de actores pertenecientes a cada localización (región o país para los nodos extranjeros) y por el grado de cada nodo. De los 29 nodos analizados, Lima, la capital, es la que tiene un mayor número de vínculos y se relaciona con todos los actores (véase la figura 13.). El Callao cuenta con 19 vínculos; Piura con 16; San Martín y Arequipa con 12; Loreto y Junín con 11; Huánuco con 10; La Libertad y Ucayali con 9; Amazonas, Ica, Puno, Tacna y Lambayeque con 8; Cajamarca, Huancavelica, Madre de Dios y Pasco con 7; Tumbes y Cusco con 5; Áncash y Ayacucho con 4; México con 3; Estados Unidos y España con 2; y Alemania, Brasil y Colombia con 1.

El análisis de redes sociales mostró que, en tamaño e influencia (centralidad de intermediación y centralidad de vector propio), Lima, Piura y Callao son los que cumplen mejor ese papel, seguidos por San Martín, Arequipa y Junín (véase la tabla 13).

**Tabla 13. Perú. Resultados del análisis de redes sociales seleccionados (top 10)**

Ranking	Grado		Grado medio		Intermediación		Centro ( <i>hub</i> )		Centralidad de vector propio	
	Región	Valor	Región	Valor	Región	Valor	Región	Valor	Región	Valor
1	LIM	29	LIM	2294	LIM	202.6	LIM	0.44	LIM	1.00
2	CAL	19	AQP	477	PIU	44.9	CAL	0.36	CAL	0.82
3	PIU	16	SAM	199	CAL	32.9	PIU	0.28	PIU	0.64
4	SAM	12	PIU	182	ARQ	8.1	SAM	0.25	SAM	0.58
5	AQP	12	JUN	173	SAM	6.6	ARQ	0.25	AQP	0.56
6	JUN	11	UCA	152	LOR	4.2	JUN	0.24	JUN	0.54
7	LOR	11	LOR	149	LAL	4.1	LOR	0.23	LOR	0.51
8	HUA	10	LAM	141	JUN	3.3	HUA	0.22	HUA	0.51
9	UCA	9	CAL	134	UCA	2.8	UCA	0.18	UCA	0.42
10	LAL	9	TUM	112	TAC	2.5	PUN	0.18	LAL	0.41

Fuente: elaboración propia.

Para enfocarnos en el proceso de regionalización en el Perú, se realizó una estimación agregada entre los vínculos de cada región con el resto de las regiones, sin considerar Lima, Callao y los actores extranjeros (véase la tabla 14 y la figura 13). Esta focalización del análisis se efectúa para segregar el comportamiento descentralizado en el país. En el Perú hay 41 fronteras entre cada par de regiones que limitan entre sí. Sin embargo, según nuestra observación, solo en 18 par de regiones fronterizas hay proyectos colaborativos de CTI.

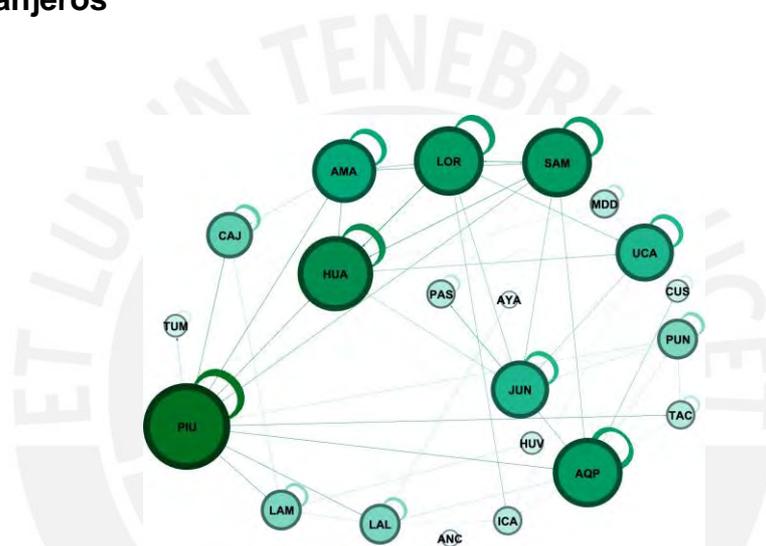
**Tabla 14. Perú. Matriz de relaciones entre regiones, excluyendo Lima, Callao y países extranjeros**

	AMA	ANC	AQP	AYA	CAJ	CUS	HUA	HUV	ICA	JUN	LAL	LAM	LOR	MDD	PAS	PIU	PUN	SAM	TAC	TUM	UCA
AMA	25	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0
ANC	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AQP	0	0	196	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
AYA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAJ	2	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
CUS	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HUA	2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	8	0	0	2
HUV	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ICA	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
JUN	0	0	0	0	0	0	1	0	0	42	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1
LAL	0	0	1	1	0	0	0	0	0	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAM	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	53	0	0	0	1	0	0	0	0	0
LOR	1	0	0	0	0	0	15	0	1	1	0	0	16	0	0	0	0	5	0	0	6
MDD	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0

PAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
PIU	2	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	49	0	0	1	13	0
PUN	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0
SAM	4	0	1	0	0	0	7	0	0	1	0	0	9	0	0	4	0	58	0	0	0
TAC	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0
TUM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	27	0
UCA	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	46

Fuente: elaboración propia.

**Figura 14. Perú. Relaciones por ubicación, sin considerar Lima, Callao ni países extranjeros**



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se determinó la correlación entre regiones fronterizas utilizando el procedimiento de QAP (véase la figura 15) solo para los 18 pares de regiones que comparten frontera. La tabla 4.10 muestra los resultados de las correlaciones, según los cuales en cinco relaciones entre regiones fronterizas hay correlación perfecta, en una hay una colaboración fuerte, en dos, moderada, en ocho, débil, y en dos no se puede afirmar que exista correlación o similitud.

Los resultados sugieren que las colaboraciones para la innovación entre actores de regiones fronterizas contribuyen a configurar sistemas interregionales de innovación. Se han encontrado seis sistemas integrados fuertemente (con correlación perfecta o fuerte), compuestos por las regiones Pasco y Junín, Ucayali y Junín, Cusco y Arequipa, Arequipa y Puno, Arequipa e Ica, y Cusco y



espacios con sistemas integrados débilmente: Piura y Cajamarca; Cajamarca y Lambayeque; Cajamarca y Amazonas; Amazonas y Loreto; Amazonas y San Martín; Loreto y San Martín, Loreto y Ucayali; y Huánuco y Ucayali. Si bien hay un vínculo entre cada par de regiones, existe el potencial de que se configuren corredores de innovación interregionales con más de dos regiones en cada corredor.

En la Figura 15 las regiones en color gris representan regiones que no conforman un potencial sistema conectado con las regiones contiguas, con excepción de Lima y Callao que no han sido tomadas en cuenta para el análisis. Las regiones coloradas con el mismo color implica que las relaciones entre regiones fronterizas es significativo para la integración que puede ampliarse con otras regiones con las que también una región intermedia puede contar con una relación significativa. Las regiones de dos colores tienen vínculo con dos potenciales grupos de región. Cuando esto ocurre, no necesariamente las dos macro regiones se unen en una sola, porque las relaciones entre otras regiones también fronterizas es inexistente o no significativa. Esto se puede ver estadísticamente en la tabla 15.

**Tabla 15. Perú. Resumen de resultados de análisis de correlación entre redes interregionales fronterizas**

Tipo de sistema	Correlación de Pearson	Similitud (p-value < 0.05)	No se puede afirmar que son similares (p-value =>0.05)
Sistema integrado fuertemente	Perfecta (1)	PAS-JUN UCA-JUN CUS-AQP AQP-PUN AQP-ICA	PUN-TAC
	Fuerte (0.7-0.9)	CUS-MDD	
Sistema semi-integrado	Moderada (0.4-0.6)	TUM-PIU SAM-HUA	
Sistema integrado débilmente	Débil (0.1-0.3)	PIU-CAJ CAJ-LAM CAJ-AMA AMA-LOR AMA-SAM LOR-SAM LOR-UCA	

---

Fuente: elaboración propia.

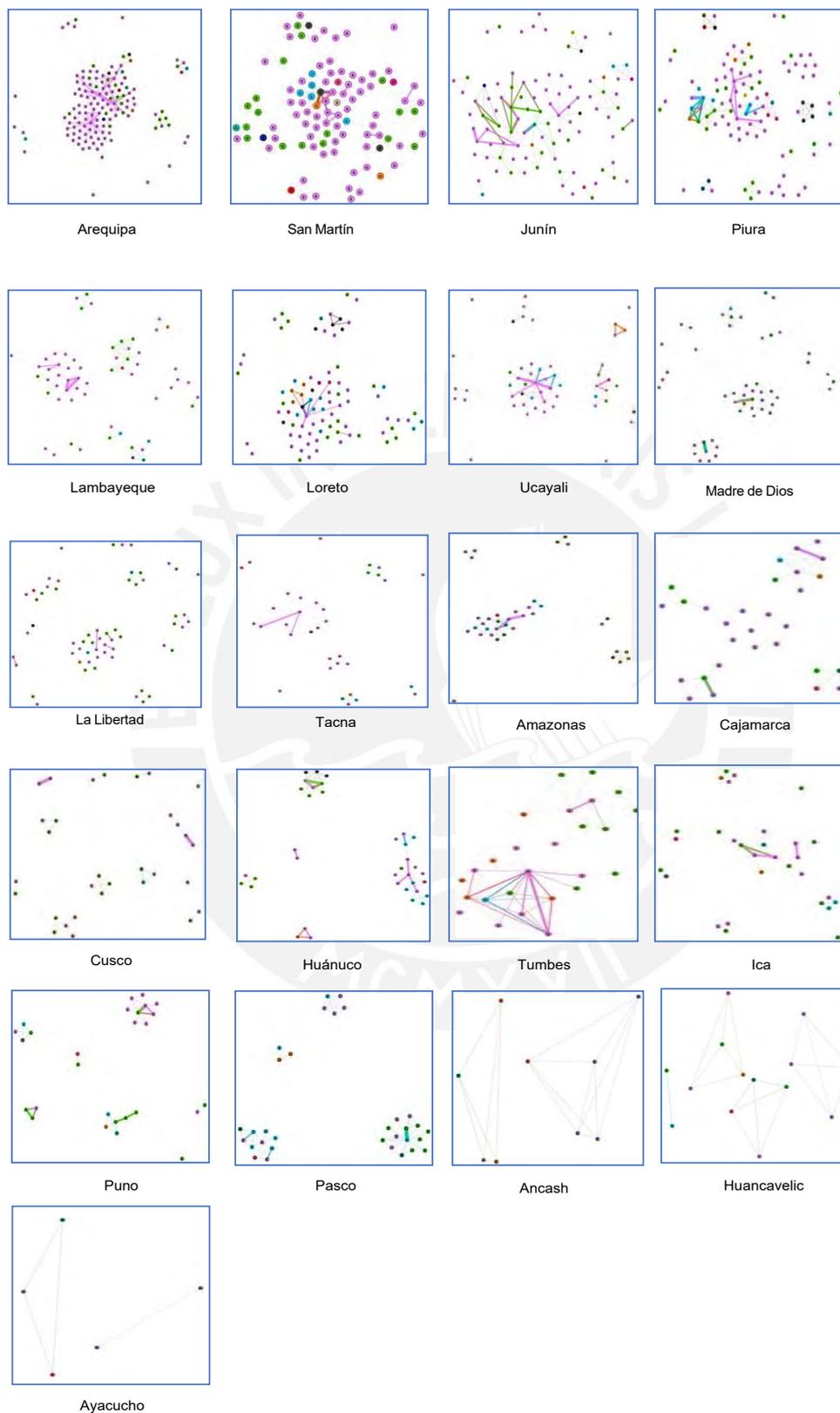
#### 4.5 Análisis intrarregional de los sistemas regionales de innovación

Para analizar los sistemas regionales de innovación, hemos empleado cuatro criterios: el tamaño de la red, la estructura de la red, la proximidad entre actores, y la influencia de los integrantes de las redes. El propósito de este análisis es contribuir a la clasificación de los sistemas regionales de innovación del Perú siguiendo lo propuesto por Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015): redes interactivas, redes globalistas y redes localistas.

Se analizaron 21 regiones: Arequipa (AQP); Amazonas (AMA); Áncash (ANC); Ayacucho (AYA); Cajamarca (CAJ); Cusco (CUS); Huancavelica (HUV); Huánuco (HUA); Ica (ICA); Junín (JUN); La Libertad (LAL); Lambayeque (LAM); Loreto (LOR); Madre de Dios (MDD); Pasco (PAS); Piura (PIU); Puno (PUN); San Martín (SAM); Tacna (TAC); Tumbes (TUM) y Ucayali (UCA). Estas regiones tienen tamaño, estructura y composiciones diferentes. No se incluyó a Lima y Callao porque ambas regiones, que conforman un área metropolitana continua, tienen un peso muy alto en las relaciones con otras regiones por el alto grado de centralización del país y el foco del análisis es el potencial de otras regiones de producción de conocimiento e innovaciones alternativas a la capital.

La figura 16 muestra las 21 regiones analizadas. En términos generales, 10 regiones tienen más de 50 nodos y la mayoría de las regiones tienen nodos que están vinculados con nodos de su misma región. Las estructuras internas de cada red regional, por lo general, incluyen al menos un componente con más de 10 nodos articulados, y las organizaciones académicas y de CTI son las más influyentes.

**Figura 16. Perú. Visualización de las redes regionales de colaboración de proyectos de innovación 2007-2018 (Innovate Perú)**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.5.1 Tamaño de las redes**

Las 21 redes regionales analizadas son de distinto tamaño, tomando en consideración tres variables: (i) número total de nodos que intervienen en la red (nodos que son de la región y los nodos que, siendo de otra región, tienen al menos un vínculo con un nodo de la región); (ii) número de aristas que conforman la red regional (articulación entre los nodos para cada red); y (iii) la densidad de la red (número de vínculos que tiene un nodo con el resto de nodos, con respecto a todos los vínculos posibles).

El tamaño de las redes varía desde cinco nodos, en Ayacucho, hasta 137 nodos, en Arequipa. El promedio de todas las redes regionales analizadas es 55 nodos, la mediana 36 y la moda 60 nodos.

En promedio, un 52% de los nodos pertenece a las mismas regiones y el resto a otras regiones. Esto varía según la región, siendo Pasco la que tiene más nodos externos (25%) y Tacna la de mayor número de nodos provenientes de la misma región (74%).

Es de esperar que las redes más grandes tengan una densidad menor, porque a mayor número de nodos las posibles conexiones aumentan. Arequipa es la región con mayor número de nodos y menor densidad, mientras que Ancash es la de mayor densidad y la segunda con menor número de nodos, después de Ayacucho.

A pesar de que Ayacucho tiene menor número de nodos, estos están más conectados. El promedio de densidad de las redes regionales es 0.11, un resultado relativamente alto, lo que indica que, en general, hay pocos actores en las regiones, pero están relativamente conectados entre ellos de manera directa. La tabla 16 muestra los resultados por región; está organizada desde la región con más nodos hasta la de menos.

**Tabla 16. Perú. Tamaño de las redes regionales de innovación**

REGIÓN	NÚMERO DE NODOS	NÚMERO DE ARISTAS	% NODOS REGIONALES/TOTAL	DENSIDAD
Arequipa	173	234	58%	0.02
San Martín	101	137	67%	0.03
Junín	99	137	62%	0.03
Piura	107	162	55%	0.03
Lambayeque	60	86	68%	0.05
Loreto	87	143	46%	0.04
Ucayali	54	73	65%	0.05
Madre de Dios	51	52	69%	0.04
La Libertad	60	84	52%	0.05
Tacna	34	41	74%	0.08
Amazonas	36	64	58%	0.10
Cajamarca	29	40	69%	0.09
Cusco	31	25	52%	0.06
Huánuco	36	62	39%	0.10
Tumbes	26	58	42%	0.18
Ica	31	42	35%	0.10
Puno	27	41	37%	0.12
Pasco	32	51	25%	0.10
Áncash	9	16	67%	0.44
Huancavelica	14	19	29%	0.22
Ayacucho	5	4	60%	0.40

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5.2 Proximidad**

La proximidad, como se indicó en la sección 2.2.2., se define tomando en cuenta tres variables. La primera se refiere a la proximidad de contacto y se mide a través del grado medio, que es la distancia promedio de un nodo a los otros que conforman el componente en el que se encuentra. La segunda variable se refiere al vínculo entre nodos que pertenecen a la misma región (homofilia geográfica). Por otro lado, el índice de heterofilia organizacional representa en qué medida dos nodos relacionados pertenecen a distintos tipos de organización. La heterofilia organizacional sugiere la complementariedad que buscan los actores para vincularse con actores que les convienen para sus propósitos de innovación.

El grado medio promedio de las regiones es 3.1, el menor valor, 1.6, y el mayor, 5.5. En general, los actores de una región se vinculan con actores de la misma región, lo que permite consolidar sistemas regionales de innovación que

combinan un componente grande interno y algunos actores externos. En 13 de las 21 regiones analizadas predomina la homofilia geográfica, y en el resto, la heterofilia geográfica. En promedio, más actores prefieren vincularse con actores de su misma región.

Por otra parte, los resultados muestran que en 20 de las 21 regiones analizadas, los actores prefieren los vínculos con actores de un tipo de organización distinto a sí mismos (heterofilia organizacional). En regiones como San Martín y Madre de Dios se observa de manera mucho más clara las relaciones heterofílicas, mientras que Huancavelica es la única región del país donde se presenta la homofilia por tipo de organización (véase la tabla 17).

**Tabla 17. Perú. Proximidad de los nodos a escala regional**

REGIÓN	Grado medio	Índice de homofilia (<0) geográfica	Índice de heterofilia (>0) por tipo de organización
Arequipa	5.547	-0.79	0.34
San Martín	2.733	-0.10	0.75
Junín	2.808	0.04	0.41
Piura	3.084	-0.19	0.26
Lambayeque	2.933	-0.39	0.43
Loreto	3.333	0.42	0.56
Ucayali	2.889	-0.36	0.39
Madre de Dios	2.118	0.41	0.79
La Libertad	2.9	-0.03	0.19
Tacna	2.765	-0.52	0.54
Amazonas	3.611	-0.22	0.51
Cajamarca	2.621	-0.10	0.57
Cusco	1.742	0.14	0.3
Huánuco	3	-0.02	0.54
Tumbes	4.462	-0.08	0.24
Ica	2.903	1.00	0.38
Puno	3.111	0.28	0.51
Pasco	3.25	0.85	0.42
Áncash	3.556	-0.20	0.1
Huancavelica	2.857	1.00	-0.67
Ayacucho	1.6	-0.33	0.33

Fuente: elaboración propia.

Este resultado demuestra la importancia que ha tenido promover las alianzas, pues ellas contribuyen a crear redes de colaboración para cohesionar los sistemas de innovación, sean estos nacionales, interregionales o regionales. En los casos donde hay poca heterofilia organizacional, esto podría explicarse por la limitada presencia de organizaciones que realizan actividades de CTI.

#### 4.5.3 Estructura

Para analizar la estructura de las redes regionales, tomamos en cuenta el número total de componentes; el número de componentes con 10 nodos o más; el número de elementos aislados de la red; el tamaño del componente más largo; el tipo de red, y el tipo de red del componente principal.

Las regiones estudiadas tienen un total de componentes que varía entre 18 (San Martín) y dos (Tumbes, Ancash y Ayacucho). En promedio, tienen 9.5 componentes. Por otro lado, 13 regiones tienen un solo componente con 10 o más nodos, tres tienen dos componentes con 10 o más nodos, y seis no tienen ningún componente con más de 10 nodos.

Además, siete regiones no tienen ningún componente aislado, cuatro tienen uno, otras cuatro tienen dos, y el resto tiene hasta siete componentes aislados. No hay muchos nodos aislados, en general, pero su presencia influye en la densidad de la red.

**Tabla 18. Perú. Composición de la estructura de redes regionales**

REGIÓN	Total de componentes	Número de componentes con 10 o más actores	Tamaño del componente más largo	Red principal como % del total de actores	Componentes aislados
Arequipa	14	1	110	63.60%	7
San Martín	18	1	44	43.60%	1
Junín	15	1	57	57.60%	2
Piura	17	2	48	44.90%	2
Lambayeque	12	2	22	36.70%	2
Loreto	9	1	54	62.10%	0
Ucayali	11	1	26	48.10%	5

Madre de Dios	11	1	19	37.30%	2
La Libertad	11	1	23	38.30%	2
Callao	13	2	56	49.60%	4
Tacna	15	1	13	38.20%	3
Amazonas	6	1	22	61.10%	1
Cajamarca	11	0	8	27.60%	6
Cusco	12	0	5	16.10%	2
Huánuco	5	1	18	50.00%	0
Tumbes	2	1	17	65.40%	0
Ica	8	1	13	41.90%	1
Puno	7	0	9	33.30%	1
Pasco	4	1	14	43.80%	0
Áncash	2	0	5	55.60%	0
Huancavelica	4	0	4	28.60%	0
Ayacucho	2	0	3	60.00%	0

Fuente: elaboración propia.

La composición del componente principal de los gráficos de las redes regionales, como se mencionó en la sección 2.2.3, puede ser la siguiente: mundo-pequeño, centro-periferia o centro y distribución (*hub and spoke*).

Las redes del tipo mundo-pequeño tienen un alto coeficiente de aglomeración y una baja longitud media de camino (Karyotis y Khouzani, 2016). La mayoría de las regiones del Perú tiene un alto coeficiente de aglomeración, salvo Madre de Dios, y la longitud media de camino se encuentra entre 1 y 3.6; se la considera baja porque no supera los seis grados (Watts, Dodds y Newman, 2002) (véase la tabla 19).

Cuando las redes del tipo núcleo-periferia presentan una correlación superior a 0.67 se la considera significativa, cuando se encuentra entre 0.33 y 0.67, es moderada, y cuando es de menos de 0.33, es baja (Borgatti y Everett, 1999). En el caso de 12 regiones es moderada y en el resto es baja (véase la tabla 19).

Las redes del tipo centro y distribución se caracterizan porque se unen a otras comunidades a través de un solo nodo. Para identificar estas redes se consideró 1 cuando cumplían con la existencia de comunidades unidas a través de actores que están vinculados con otras comunidades y no hay otros caminos

para conectarlos, y 0 cuando no tenían estas características. Como resultado, 14 regiones tienen características cercanas a las de las redes del tipo centro y distribución (véase la tabla 19). Esto indica que las redes regionales pueden tener más de una estructura, una incluyendo todos los componentes y otra observando al componente principal.

El número de actores y la estructura de la red describen las posibilidades de transmisión de conocimiento y uso de capacidades compartidas entre los actores en un sistema regional de innovación. En el modelo de mundo-pequeño, la información fluye más rápido; en los modelos núcleo-periferia, un grupo reducido de la red tiene un mejor acceso a la información y la capacidad de diseminarla; en los modelos centro-distribución, los actores intermediarios son quienes dinamizan el flujo de la información.

**Tabla 19. Perú. Tipo de redes por región**

REGIÓN	Mundo-pequeño: coef. de <i>clustering</i>	Mundo-pequeño: longitud media de camino	Núcleo-periferia	Centro y distribución
Arequipa	0.774	2.998	0.2535	1
San Martín	0.761	3.615	0.3109	0
Junín	0.819	3.485	0.2643	1
Piura	0.83	3.264	0.3199	0
Lambayeque	0.837	2.265	0.4153	1
Loreto	0.851	2.395	0.3543	1
Ucayali	0.813	1.837	0.3601	1
Madre de Dios	0.584	2.181	0.2861	1
La Libertad	0.854	2.143	0.262	1
Tacna	0.816	1.689	0.4271	1
Amazonas	0.806	2.431	0.4033	0
Cajamarca	0.861	1.412	0.3978	1
Cusco	0.811	1.273	0.2949	0
Huánuco	0.841	2.276	0.3767	1
Tumbes	0.771	1.779	0.5485	1
Ica	0.844	1.927	0.4018	1
Puno	0.871	1.387	0.3741	1
Pasco	0.919	1.691	0.3694	1
Áncash	1	1	0.2219	0
Huancavelica	1	1	0.2942	0
Ayacucho	1	1	0.3333	0

Fuente: elaboración propia.

Todas las regiones pueden considerarse como modelos de mundo-pequeño, principalmente por el escaso número de actores y porque la conexión entre ellos, si no son elementos aislados, es relativamente corta (menos de cuatro pasos). Hay nueve regiones que son a la vez centro y distribución y núcleo-periferia moderadamente: Cajamarca; Ica; Huánuco; Lambayeque; Loreto; Pasco; Puno; Ucayali y Tumbes. Esto indicaría que en estas regiones hay un grupo pequeño de actores con conexiones cercanas entre ellos y que estos grupos se conectan con otros actores a través de unos pocos actores intermediarios. Por lo tanto, coexisten dos dinámicas: la de un grupo de actores que colaboran entre varios directamente, y la de otro grupo de actores menos conectados y que participan en menor medida de las colaboraciones.

#### **4.5.4 Influencia**

Los actores más influyentes en una red son los centros (*hubs*), los intermediarios y los vector propio (véase la sección 2.2.4). Los resultados por región muestran las características de los nodos que tienen mayor valor para cada una de las estimaciones (centro, intermediario y vector propio), tomando en cuenta el número total de nodos influyentes (más del 70% del valor promedio para las estimaciones de centros, intermediarios y vector propio), el tipo de organización, la región de origen y el efecto sobre la red si desaparece el nodo más influyente (véase la tabla 20).

A mayor número de centros, intermediarios y vectores propios, se reduce la vulnerabilidad de la red (ante la posibilidad de que desaparezca el nodo más influyente), pero al mismo tiempo disminuye la influencia del actor más influyente dentro de la red. Los resultados muestran que las regiones tienen entre uno y 12 centros y vectores propios, mientras que en intermediarios la variación es entre cero y tres nodos influyentes por región. En promedio, hay cuatro nodos considerados centros por región, tres vectores propios y un nodo considerado intermediario. En 11 regiones, los nodos que cumplen el papel de centro y vector propio pertenecen a la misma región. En el caso de Cusco, Ancash, Cajamarca y Puno, dos nodos, uno de la región y otro de fuera de la región, comparten la mayor valoración de centro, y en Cusco, Puno, Ancash y Ayacucho, comparten

el vector propio dos nodos de regiones distintas. En nueve regiones, los centros y vectores propios son externos a la región. En el caso de los intermediarios, en 15 regiones los nodos intermediarios pertenecen a la misma región, en cuatro forman parte de otra región, y tres regiones no tienen intermediarios.

En 11 regiones, el principal centro es una organización académica, en tres regiones es una organización de CTI, en tres regiones el centro principal lo comparten dos nodos, uno empresarial y otro académico, y en una región, uno académico y una asociación civil. En una región el centro principal es una empresa y en otra región es una asociación civil. Estos resultados resaltan el papel de las organizaciones académicas en la formación de redes de colaboración para la innovación.

De manera similar, se observa que en el caso de la estimación de los nodos intermediarios, en 14 regiones las principales intermediarias son organizaciones académicas, y en una región, una organización académica y una empresa. En dos casos son organizaciones de CTI, y en otros dos son asociaciones civiles.

En el caso de vector central, en 12 regiones los nodos líderes son organizaciones académicas, y en dos regiones se comparte este liderazgo entre una organización académica y una empresa. En cuatro regiones son organizaciones de CTI, en una es una asociación civil, y en otra es una empresa.

Para medir la fragilidad del sistema, se hizo una simulación que consistió en retirar el nodo de mayor influencia, sea este un centro, un intermediario o un vector propio. Si se elimina el centro principal, en 11 regiones el efecto sería grande y la red se fragmentaría; en tres casos se debilitaría; en otras tres regiones el efecto sería menor, y en cinco regiones no habría mayor impacto. En el caso de los intermediarios, en 15 regiones se fragmentaría la red, en dos se debilitaría y en otras dos el efecto sería menor. En el caso del vector propio, 11 regiones tendrían un efecto grande y se fragmentaría la red, en tres la red se debilitaría y en cuatro sería un efecto negativo muy limitado. Para acabar, en cuatro regiones no habría ningún impacto (véase la tabla 20).

Los actores más influyentes son, a la vez, quienes articulan diversas comunidades dentro de los sistemas de innovación. Su eventual ausencia podría representar la ruptura entre comunidades que no tienen un contacto directo entre sí. Estos articuladores son por lo general entidades académicas.

A partir de estos resultados se puede proponer a la política pública incluir otros mecanismos de apoyo (no solo financieros) para las entidades que son influyentes o para las que se quiere que lo sean. Por ejemplo, promover alianzas estratégicas con entidades extranjeras similares con mayor trayectoria; fomentar pasantías para que los gestores conozcan esas experiencias; atraer a expertos para fortalecer sus capacidades, o realizar un intercambio entre organizaciones influyentes de distintas regiones para lograr aprendizajes entre pares.



Tabla 20. Perú. Actores más influyentes de las redes regionales

Región	Nº.	Centros (Hubs)			Nº.	Intermediario			Nº.	Vector propio		
		Tipo	Ubicación	Efecto si desaparece		Tipo	Ubicación	Efecto si desaparece		Tipo	Ubicación	Efecto si desaparece
Arequipa	1	Academia	Arequipa	Debilita	1	Academia	Arequipa	Debilita	1	Academia	Arequipa	Debilita
San Martín	2	CTI	San Martín	Fragmenta	2	Academia	San Martín	Fragmenta	2	CTI	San Martín	Fragmenta
Junín	3	Academia	Lima	Debilita	1	Academia	Pasco	Fragmenta	3	Academia	Lima	Debilita
Piura	5	Academia	Lima	Debilita	2	Academia	Piura	Fragmenta	5	Academia	Lima	Debilita
Lambayeque	6	Academia	Lima	Marginal	1	Asociación Civil	Lambayeque	Fragmenta	6	Academia	Lima	Marginal
Loreto	1	CTI	Loreto	Fragmenta	1	CTI	Loreto	Fragmenta	1	CTI	Loreto	Fragmenta
Ucayali	1	Academia	Ucayali	Fragmenta	1	Academia	Ucayali	Fragmenta	1	Academia	Ucayali	Fragmenta
Madre de Dios	2	Academia	Lima	Fragmenta	2	Academia	Madre de Dios	Fragmenta	2	Academia	Lima	Fragmenta
La Libertad	1	Academia	La Libertad	Fragmenta	1	Academia	La Libertad	Fragmenta	1	Academia	La Libertad	Fragmenta
Tacna	1	Asociación civil	Tacna	Fragmenta	1	Asociación civil	Tacna	Fragmenta	3	Asociación civil	Tacna	Fragmenta
Amazonas	3	Academia	Amazonas	Marginal	2	Academia	Amazonas	Debilita	2	Academia	Amazonas	Marginal
Cajamarca	5	Asociación civil y academia	Cajamarca	Sin impacto	1	Academia	Cajamarca	Marginal	5	Academia	Cajamarca	Marginal
Cusco	4	Empresas y academia	Cusco y Lima	Sin impacto	1	Academia	Cusco	Marginal	4	Empresas y academia	Cusco y Lima	Sin impacto
Huánuco	6	CTI	Huánuco	Marginal	1	Academia	Huánuco	Fragmenta	6	CTI	Huánuco	Marginal
Tumbes	5	Academia	Tumbes	Fragmenta	1	Academia	Tumbes	Fragmenta	5	Academia	Tumbes	Fragmenta
Ica	3	Academia	Lima	Fragmenta	1	Academia	Lima	Fragmenta	3	Academia	Lima	Fragmenta
Puno	3	Empresas y academia	Puno y Lima	Marginal solo 1, fragmenta los 2	3	Empresas y academia	Puno y Lima	Marginal solo 1, Fragmenta los 2	3	Empresas y academia	Puno y Lima	Marginal solo 1, Fragmenta los 2
Pasco	1	Academia	Pasco	Fragmenta	1	Academia	Pasco	Fragmenta	1	Academia	Pasco	Fragmenta
Áncash	5	Empresas y academia	Áncash y Lima	Sin impacto	0	No corresponde	No corresponde	No corresponde	5	Empresas y academia	Áncash y Lima	Sin impacto
Huancavelica	12	indistinto	indistinto	Sin impacto	0	No corresponde	No corresponde	No corresponde	12	indistinto	indistinto	Sin impacto
Ayacucho	3	Empresas	Ayacucho, Lima y La Libertad	Sin impacto	0	No corresponde	No corresponde	No corresponde	3	Empresas	Ayacucho, Lima y La Libertad	Sin impacto

Fuente: elaboración propia.

## 4.6 Caracterización de los sistemas regionales de innovación

El análisis de tamaño, proximidad, estructura e influencia permite incluir a las regiones en las categorías de sistemas regionales de innovación con redes interactivas, globalistas o localistas. Para probar estos resultados se sometieron los cálculos, previamente normalizados, a un análisis de conglomerados de K-medias en el programa SPSS.

### 4.6.1 Resultados del análisis estadístico

Las variables utilizadas fueron las establecidas en la tabla 21 para cada categoría de análisis: tamaño, proximidad, estructura e influencia. Los resultados del análisis Anova indican que las variables con significancia estadística para la dimensión referente al tamaño son el número de nodos, el número de aristas y la densidad.

**Tabla 21. Lista de variables por dimensión de análisis**

Dimensión	Variable
Tamaño	<b>Número de nodos</b> <b>Número de aristas</b> <b>Densidad</b>
Proximidad	Grado medio Índice de proximidad geográfica Índice de proximidad por tipo de organización
Estructura	<b>Número total de componentes</b> <b>Número de componentes con más de 10 nodos</b> <b>Número de nodos del componente más largo</b> Porcentaje del número de nodos del componente más largo del total de nodos de la red <b>Número de elementos aislados</b> Coeficiente de <i>clustering</i> <b>Longitud media de camino</b> <b>Correlación núcleo-periferia</b> <b>Modelo centro y distribución</b>
Influencia	Número de nodos centro <b>Tipo de organización del centro principal</b> Ubicación del centro principal (1 interno; 0 externo) <b>Número de nodos centralidad de intermediación</b> Tipo de organización del nodo centralidad de intermediación principal Ubicación del nodo centralidad de intermediación principal (1 interno; 0 externo) Número de centralidades vector propio <b>Tipo de organización de la centralidad vector propio principal</b> Ubicación de la centralidad vector propio principal (1 interno; 0 externo)

Fuente: elaboración propia.

Nota: en negritas las variables que resultan significativas.

Con respecto a la estructura, las variables que cuentan con significancia estadística son el número de componentes, el número de componentes con más de 10 nodos, el tamaño del componente más largo y el número de componentes aislados. Para el caso de la dimensión influencia, las variables con significancia estadística fueron la estructura de núcleo-periferia, la estructura centro y distribución (*hub and spoke*), el tipo de organización del centro (*hub*) principal, el número de organizaciones con centralidad de intermediación alta, y el tipo de organización del principal vector propio. En el caso de la dimensión de proximidad, ninguna de las variables utilizadas tuvo una significancia estadística alta (véase la tabla 22).

**Tabla 22. Análisis Anova para la significancia de las variables utilizadas**

	Clúster		Error		F	Sig.
	Media cuadrática	gl	Media cuadrática	gl		
Número de nodos	6140.459	4	67.123	16	91.480	<b>0.000</b>
Número de aristas	16086.900	4	92.977	16	173.019	<b>0.000</b>
Densidad	0.039	4	0.007	16	5.755	<b>0.005</b>
Grado medio	0.376	4	0.473	16	0.795	0.546
El índice geográfico	0.295	4	0.212	16	1.392	0.281
El índice organizacional	0.181	4	0.063	16	2.882	0.057
Total de componentes	65.098	4	15.672	16	4.154	<b>0.017</b>
Número de componentes con 10 o más actores	1.066	4	0.186	16	5.741	<b>0.005</b>
Tamaño del componente más largo	3135.355	4	17.858	16	175.575	<b>0.000</b>
Red principal como % del total de actores	0.039	4	0.018	16	2.135	0.124
Componentes aislados	9.959	4	2.623	16	3.797	<b>0.024</b>
Coefficiente de <i>clustering</i> (mundo-pequeño)	0.016	4	0.007	16	2.457	0.088
Longitud media de camino (mundo-pequeño)	2.566	4	0.135	16	19.067	<b>0.000</b>
Núcleo-periferia	0.013	4	0.004	16	3.439	<b>0.033</b>
Centro y distribución	0.694	4	0.118	16	5.882	<b>0.004</b>

Número de centros	9.066	4	6.311	16	1.437	0.267
Tipo de centro principal	5.488	4	1.063	16	5.165	<b>0.007</b>
Ubicación centro (1 si es de la misma región; 0 si es externa)	0.078	4	0.248	16	0.316	0.863
Número de intermediación	1.150	4	0.373	16	3.080	<b>0.046</b>
Tipo de intermediario (CI) principal	2.577	4	1.719	16	1.500	0.249
Ubicación CI (1 si es de la misma región; 0 si es externa)	0.355	4	0.149	16	2.379	0.095
Número de vector propio	8.955	4	6.089	16	1.471	0.257
Tipo de VP principal	5.361	4	0.910	16	5.893	<b>0.004</b>
Ubicación del VP (1 si es de la misma región; 0 si es externa)	0.078	4	0.248	16	0.316	0.863

Fuente: elaboración propia.

El análisis de conglomerados, que busca agrupar elementos homogéneos y diferenciar los grupos, identifica cinco categorías. La primera está conformada solo por Arequipa; la segunda, por el conglomerado compuesto por Cusco, Áncash, Huancavelica y Ayacucho; la tercera, por Madre de Dios, Tacna, Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Tumbes, Ica, Puno y Pasco; la cuarta, por San Martín, Junín, Piura y Loreto; y la quinta, por Lambayeque, La Libertad y Ucayali (véase la tabla 23 ).

Arequipa se encuentra distante de otras regiones en cuanto a sus capacidades, por lo que se decidió no agruparla con otras y mantenerla como una categoría individual, aunque no representa un aglomerado, mientras que las demás regiones encontraron regiones con avances similares en lo que respecta a la consolidación de sus sistemas regionales de innovación desde la perspectiva del análisis de redes sociales.

**Tabla 23. Perú. Resultados de la caracterización por aglomerados**

Región en análisis	Clúster	Distancia
Arequipa	1	0.000
Cusco	2	20.297
Áncash	2	6.876
Huancavelica	2	9.274
Ayacucho	2	16.422
Madre de Dios	3	18.561
Tacna	3	12.715
Amazonas	3	16.099
Cajamarca	3	14.625
Huánuco	3	13.538
Tumbes	3	12.997
Ica	3	8.977
Puno	3	13.390
Pasco	3	5.695
San Martín	4	11.201
Junín	4	10.117
Piura	4	19.886
Loreto	4	13.751
Lambayeque	5	7.770
Ucayali	5	9.867
La Libertad	5	4.735

Fuente: elaboración propia.

#### **4.6.2 Interpretación de los resultados**

El marco conceptual propone tres tipos de sistemas regionales de innovación vinculados al comportamiento de sus redes sociales, para lo cual hemos utilizado las variables de tamaño, proximidad, estructura e influencia para categorizarlas. Las redes interactivas (tipo I) cumplen las siguientes características: tienen un número de actores relativamente mayor que el resto de regiones, con un importante componente de actores de la misma región. La estructura es del tipo mundo-pequeño o centro-periferia, donde los actores más influyentes suelen ser académicos y de la misma región. Las redes globalistas

(tipo II) tienen una presencia fuerte de nodos de otras regiones y se relacionan principalmente con entidades académicas de otras regiones. Son redes medianamente fragmentadas y tienen, por lo general, modelos de red núcleo-periferia. Finalmente, las redes localistas (tipo III) están compuestas por pocos actores y la densidad suele ser media, la mayoría de los actores suelen ser de la misma región y tienen varios componentes no conectados o con un modelo centro y distribución.

Los resultados del análisis de estas variables, utilizando el método de aglomerados de K-medias, muestran cinco niveles de aglomeración. Por lo tanto, se propone una interpretación que amplíe las dimensiones de tres a cinco. A las tres dimensiones existentes: interactivas (tipo I), globalistas (tipo II) y localistas (tipo III), se le suman dos espacios de transición. Uno que describe a las que, aun siendo localistas, empiezan a tener rasgos o características de globalistas (tipo II+), y otro que representa a las que son principalmente globalistas, pero están en una transición y cumplen algunas de las características de interactivas (tipo III+).

Los aglomerados que se desprenden de esta nueva clasificación que incluye dos espacios de transición figuran en la tabla 24.

**Tabla 24. Perú. Aglomerados por tipo de red de los sistemas regionales de innovación (SRI)**

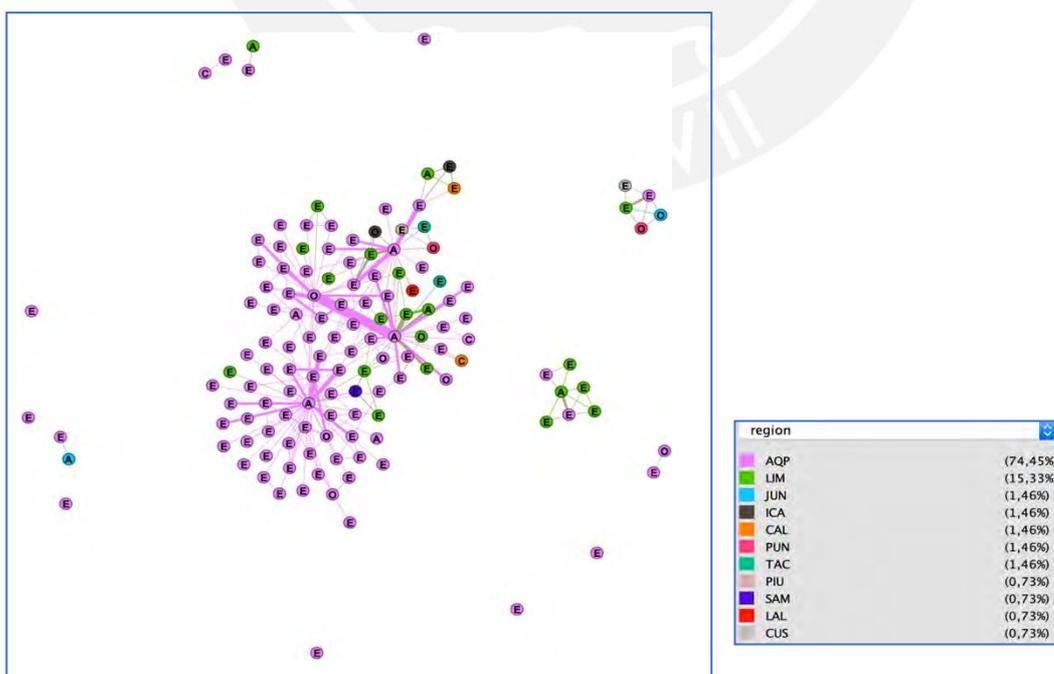
Tipo de red de los SRI	Región
Tipo I: Interactivas	Arequipa
Tipo II+: Transición de globalistas a interactivas	San Martín, Piura, Junín, Loreto
Tipo II: Globalistas	Lambayeque, Ucayali, La Libertad
Tipo III+: Transición de localistas a globalistas	Madre de Dios, Tacna, Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Tumbes, Ica, Puno y Pasco
Tipo III: Localistas	Huancavelica, Ayacucho, Áncash, Puno, Cusco

Fuente: elaboración propia.

*Arequipa* es, sin duda, la región más interactiva, no solo por el número de actores, sino también por la interacción que hay entre ellos. Quizás es la única que, al tener un número alto de nodos, tiene conexiones que permiten modelar una red de tipo mundo-pequeño, aunque cuando se observa el componente central se aprecia la estructura de un modelo centro y distribución. Esto revelaría el papel que desempeñan algunos actores que influyen en las conexiones de las redes, aunque si bien articulan varias conexiones, no son los únicos nodos influyentes.

Hay una elevada complementariedad entre las relaciones de las empresas con organizaciones académicas, por lo que la ausencia de los centros, intermediarios y vectores propios debilitaría la red, pero no lograría fragmentarla. La presencia de entidades académicas de la misma región como influyentes trasmite la idea de un sistema regional de innovación, donde la generación de conocimiento estaría vinculada con el desarrollo de proyectos de innovación por parte de las empresas locales. Esto contribuye a consolidar la red existente hacia una mayor generación de innovaciones (véase la figura 17).

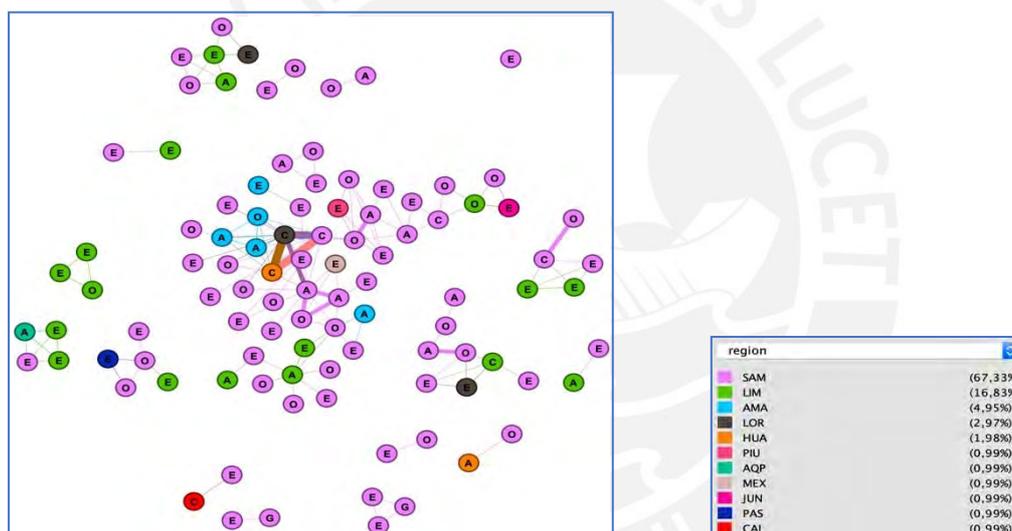
**Figura 17. Perú. Redes de colaboración de la región Arequipa 2007-2018 por tipo de organización y ubicación geográfica**



Fuente: elaboración propia.

*San Martín* es un ejemplo de red globalizada, pero que tiene el potencial de convertirse en una red interactiva. Tiene una importante presencia de actores académicos y de CTI, que ejercen influencia dentro de la red, pero que además son tanto de la región como de fuera de ella. Esto permite que el conocimiento local fluya hacia otras regiones e incluso hacia redes extranjeras y viceversa. La participación de empresas se combina con la de organizaciones sociales, que en muchos casos representan agrupaciones de empresarios. Esto sugiere una importante presencia de empresas pequeñas o microempresas.

**Figura 18. Perú. Redes de colaboración de la región San Martín 2007-2018 por tipo de organización y ubicación geográfica**

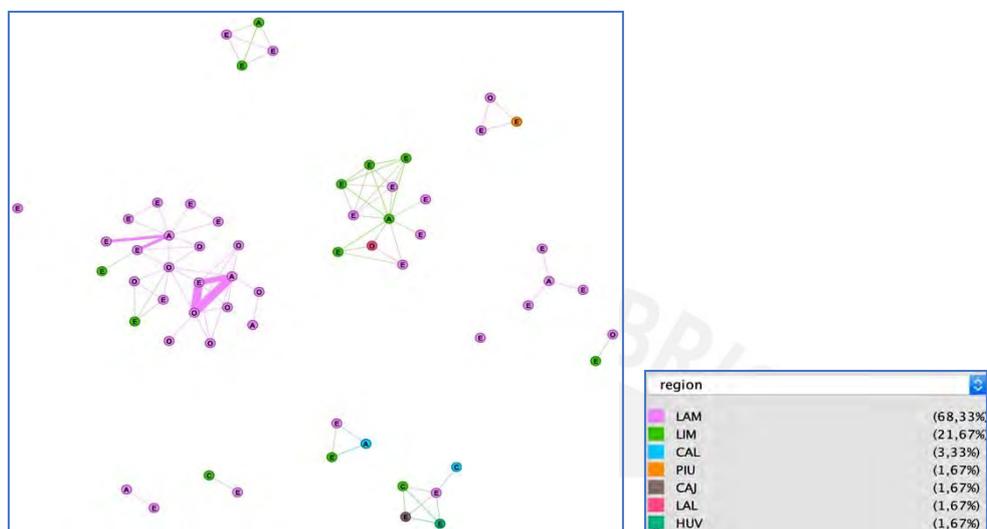


Fuente: elaboración propia.

*Lambayeque* representa lo que puede considerarse una red globalista. Si bien el componente principal está conformado principalmente por actores de la misma región, tiene un segundo componente grande, que cumple las características de una red globalizada. El nodo más influyente es académico, y está ubicado en una región distinta, en Lima, donde por lo general hay un conjunto de capacidades más avanzadas que en el resto del país. Esta red interactúa con un conjunto de empresas de la región, en algunos casos de manera aislada de otros actores de la misma región, por lo que aún hay un

potencial de fortalecimiento de los vínculos locales que requieren más esfuerzos para configurar redes internas.

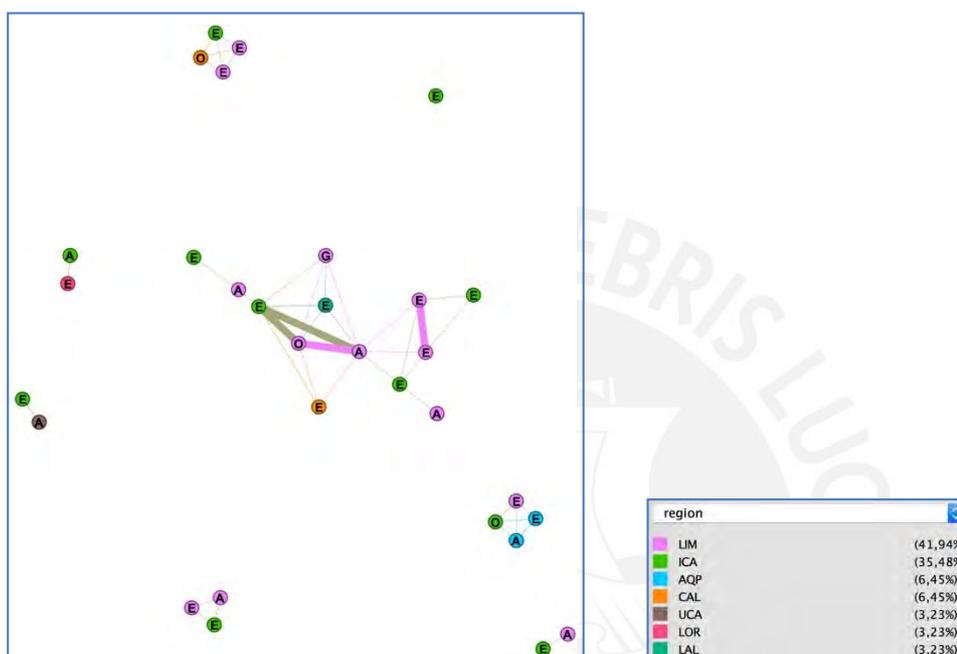
**Figura 19. Perú. Redes de colaboración de la región Lambayeque 2007-2018 por tipo de organización y ubicación geográfica**



Fuente: elaboración propia.

*Ica* es un ejemplo de red localista que transita hacia una globalista. Si bien la conexión con elementos externos a la región es importante, el papel de una organización académica de la misma región ha facilitado la articulación entre empresas de fuera de la región con empresas y organizaciones civiles locales. Estas organizaciones locales son, en muchos casos, asociaciones de pequeños o microproductores, pero que tienen poca capacidad de innovación individualizada. Asimismo, se nota que el gobierno tiene una participación activa, pero tenue, en el componente principal, y la organización académica es importante para mantener el vínculo entre componentes (estructura centro y distribución).

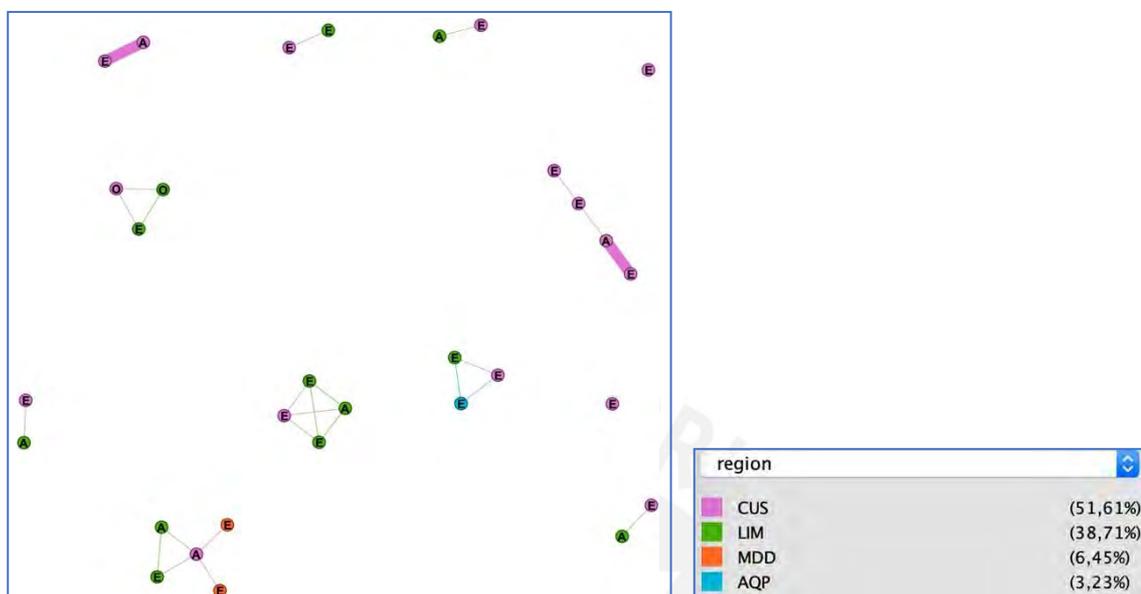
**Figura 20. Perú. Redes de colaboración de la región Ica 2007-2018 por tipo de organización y ubicación geográfica**



Fuente: elaboración propia.

*Cusco* es un caso de red localista. Tiene 12 componentes y ninguno tiene más de 10 actores. Es una red incipiente, muy fragmentada y con una participación importante de las organizaciones académicas (véase la figura 21). En los casos de Áncash y Ayacucho, las redes no logran tener más de 10 actores en total. Estas redes están en un grado de desarrollo muy precario y las participaciones en redes de colaboración son reducidas.

**Figura 21. Perú. Redes de colaboración de la región Cusco 2007-2018 por tipo de organización y ubicación geográfica**

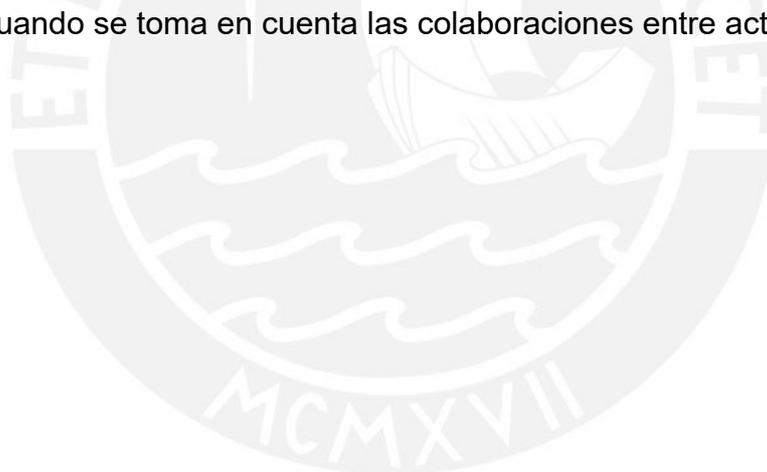


Fuente: elaboración propia.

Los casos analizados permiten graficar los conceptos propuestos y ampliar la propuesta conceptual inicial. Arequipa, con un núcleo grande y algunas comunidades y actores aislados, es la que tiene el sistema regional de innovación más avanzado, por lo cual se le considera interactiva. San Martín es una región sumamente dinámica, pero que aún no logra integrar distintas comunidades que pueden colaborar entre ellas, y está a medio camino entre una región globalista y una interactiva. Lambayeque es el ejemplo de una región globalista, con un componente grande donde los actores externos a la región desempeñan un papel importante en el flujo del conocimiento. En el caso de Ica, la fragmentación de comunidades y la falta de conexiones con elementos externos a la región sugiere que está en una transición entre una región localista y una globalista. Finalmente, Cusco, en donde hay escasas comunidades con conexiones a otros nodos de la propia región, y los pocos que hay están aislados, parece estar en una etapa localista, principalmente por los pocos actores que realizan actividades de CTI y por la limitada vinculación de estos actores con otros.

Estos resultados sugieren que la subdivisión en redes interactivas, globalistas y locales (Stuck, Broekel y Revilla Diez, 2015) debe ampliarse para contextos como el peruano, donde las características aún no son tan determinantes para emplear solo tres categorías. Esta ampliación contribuirá no solo a diferenciar mejor cada uno de los sistemas regionales de innovación, sino a pensar en instrumentos de política que se ajusten a los distintos desafíos que enfrentan las regiones.

Asimismo, en contraste con lo propuesto por Bernal (2018) quien plantea una subdivisión de siete grupos de regiones por las características de las variables de resultados de las regiones, no incluye mediciones sobre las colaboraciones entre actores de las regiones (véase el capítulo 3). En este caso no se incluye Lima, que es un grupo identificado por Bernal (2018), y coincide que Arequipa compone una de las categorías como actor único. En el resto de categorías, hay algunas coincidencias, pero en general muestra distintos resultados cuando se toma en cuenta las colaboraciones entre actores.



## Conclusiones

Las conclusiones de la tesis se enfocan en responder a sus objetivos, sus resultados, la contribución que hace a la literatura sobre el tema, así como los aspectos novedosos que propone, sus implicancias para la política pública y las oportunidades para futuras investigaciones.

### **a. Respuesta a los objetivos de la tesis**

La metodología de análisis de redes sociales aplicada a la interpretación del comportamiento de sistemas de innovación ha mostrado su utilidad para explicar, a través de gráficos y estimaciones de valores, las redes de colaboración que generan, adquieren, adaptan y transfieren conocimientos, tecnologías e innovaciones. Permite, además, determinar el papel que desempeñan los diversos tipos de actores en estas redes, identificar el tipo de organización que representan –empresarial, académica, de infraestructura de CTI o asociación civil–, y localizarlos en diferentes ámbitos territoriales. La tesis utiliza esta metodología para analizar el comportamiento de las redes de colaboración científica y tecnológica que han surgido en los ámbitos nacional, interregional y regional como consecuencia de la implementación del programa FINCyT/Innovate Perú.

Las hipótesis han sido contrastadas aplicando el enfoque metodológico de Análisis de Redes Sociales, con los siguientes resultados:

1. La evidencia permite afirmar que **las entidades académicas son las más relevantes en el sistema nacional de innovación**, principalmente por la amplitud e intensidad de sus conexiones con los otros tipos de actores que participan en el sistema. No obstante, es preciso reconocer que en algunas regiones este papel protagónico lo tienen empresas o entidades de CTI, lo que lleva a pensar que sería apropiado diferenciar los instrumentos de política para adecuarlos a los distintos tipos de sistemas de innovación regionales. En regiones donde las universidades cumplen un papel articulador en el sistema, los instrumentos deberían orientarse a

fortalecerlas, mientras que en otros casos sería conveniente apoyar a una empresa líder o a un CITE.

2. Las colaboraciones para la generación o adaptación de conocimiento entre actores se basan en experiencias de confianza, por lo cual **las relaciones iniciales influyen en las relaciones futuras**. Se evidencia la existencia de relaciones de confianza que perduran en el tiempo, probablemente porque la relación inicial fue satisfactoria para ambos actores. Las relaciones que se mantienen indicarían que se da un proceso de colaboración continua en investigación y desarrollo entre organizaciones que se complementan; que hay actores que ayudan a acceder al financiamiento con mayor éxito que otros y que son contactados con mayor frecuencia; o que alguna organización concentra la especialización en ciertas áreas de investigación de interés para los demás actores. Sin embargo, estas relaciones de confianza son débiles, lo que podría explicarse por el corto periodo de existencia de los incentivos públicos para la innovación en el país. Por lo tanto, quedaría aún espacio para evaluar en el futuro si esas relaciones se mantienen cuando no existan fondos públicos que las incentiven.
3. **La proximidad geográfica es un factor relevante para potenciar las oportunidades de innovación**. Esto sugiere que los sistemas interregionales de innovación, podrían configurar un espacio adicional de análisis para las políticas de CTI en el Perú, que en la actualidad no se toma en cuenta. En la tesis se identificaron seis pares de regiones fronterizas con fuertes vínculos de colaboración entre los actores de ambos lados de la frontera. Estos pares están conformados por las regiones Pasco y Junín, Ucayali y Junín, Cusco y Arequipa, Arequipa y Puno, Arequipa e Ica, y Cusco y Madre de Dios, y permitirían configurar espacios más amplios en donde se generen vínculos fuertes. Una recomendación de política es que estos pares de regiones podrían usarse como punto de partida para configurar macrorregiones sustentadas en las experiencias de colaboración en la generación, uso y transferencia de conocimiento, tecnologías e innovaciones.

4. **Las regiones han desarrollado capacidades de CTI heterogéneas**, por lo que se requiere una caracterización para diferenciar las políticas y sus instrumentos de política que atiendan la diversidad de necesidades y potencialidades. Los resultados de la investigación ponen de manifiesto que el sistema nacional de innovación se encuentra muy centralizado, principalmente debido al número y a la influencia de los actores que se encuentran en Lima. Cuando se examina el comportamiento de las redes sin considerar Lima y Callao, queda clara la heterogeneidad de los sistemas de innovación en el resto del territorio nacional.

**b. Contribución a la literatura y los aspectos novedosos que propone**

La evidencia muestra que, en el Perú, los sistemas regionales de innovación son heterogéneos y que solo unos pocos han logrado crear capacidades de CTI significativas. La tipología inicial de tres categorías (interactivas, globalistas y localistas) presentada por Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015) fue insuficiente para caracterizar a estos sistemas. Es posible apreciar características de transición entre estas categorías, por lo que se propuso ampliar la tipología sugerida por otros autores para determinar mejor el grado de desarrollo de los sistemas regionales de innovación. A las tres dimensiones existentes: interactivas (tipo I), globalistas (tipo II) y localistas (tipo III), se añadieron dos categorías de transición. Una describe a las que, aun siendo localistas, empiezan a tener rasgos o características de globalistas (tipo III+), y otra a las que son principalmente globalistas, pero están en una transición y tienen algunas características de las redes interactivas (tipo II+).

Salvo las regiones tipo I y II+, la mayoría de las regiones tienen redes muy pequeñas, con pocos actores y escasos vínculos entre ellos. Estos resultados hacen necesario contar con una mayor diversidad de instrumentos que atiendan las distintas necesidades y demandas regionales. Las regiones más avanzadas, denominadas interactivas, requieren instrumentos que impulsen la innovación, no solo en el ámbito de las ideas, sino también para el escalamiento y comercialización. Por otra parte, las redes globalistas requieren aprovechar sus conexiones externas para fortalecer sus capacidades internas.

Aquellas regiones que están transitando entre sistemas globalistas e interactivos requieren apoyo para seguir creando y para poder consolidar redes internas, unir comunidades que en la actualidad no se comunican y fortalecer las interacciones con las organizaciones externas que podrían contribuir al desarrollo regional e interregional.

Las regiones localistas aún necesitan instrumentos para desarrollar las capacidades locales y, especialmente, para fortalecer los vínculos entre empresas, organizaciones académicas y agencias que proveen infraestructura de CTI. Aquellas que transitan entre localistas y globalistas, requieren de medidas para cohesionar las relaciones, tanto al interior como hacia el exterior, para así aprovechar las conexiones actuales y potenciarlas hasta alcanzar un sistema regional de innovación más integrado.

Asimismo, en contraste con la propuesta de Bernal (2018) que propone siete categorías, basadas en ocho dimensiones de análisis para caracterizar a los sistemas regionales de innovación (condiciones del mercado; desarrollo institucional; estructura productiva; internacionalización de la economía; educación; ciencia y tecnología; vinculación oferta-demanda de tecnología), esta tesis propone cinco categorías que responden al grado de vinculación entre los actores. Considerando, que Bernal (2018) no toma en cuenta esta última dimensión, la propuesta inicial de Stuck, Broekel y Revilla Diez (2015) es un mejor referente para elaborar una clasificación de los sistemas regionales de innovación. Sin embargo, quedaría abierta la posibilidad de realizar estudios futuros combinando ambos criterios.

### ***c. Implicancias para la política pública***

Esta es la primera investigación de este tipo que emplea y analiza la base de datos de proyectos financiados por el Estado peruano a través del FInCyT/Innovate Perú en todo el territorio nacional. Se han analizado 1134 proyectos que apoyan la innovación, 936 de los cuales involucraron a dos o más actores. Estas cifras sugieren que el FInCyT/InnovatePerú ha tenido éxito en

promover vinculaciones entre las entidades académicas y de CTI con el sector productivo y las organizaciones de la sociedad civil, que fue uno de los objetivos que se plantearon inicialmente en este programa. Una de las consecuencias de haber promovido una mayor vinculación entre actores con los instrumentos de política del FINCyT/Innovate Perú ha sido generar confianza para trabajar en colaboración, que es uno de los principales desafíos que enfrenta el país, destacado en varios estudios (OCDE, 2010; UNCTAD, 2010; Ísmodes, 2006; Villarán y Golup, 2010).

Los resultados muestran que el análisis de redes sociales puede ser muy útil para el diseño, seguimiento y evaluación de políticas públicas en CTI. En el diseño, podría contribuir a identificar instrumentos de política para mejorar la vinculación entre organizaciones complementarias, o entre territorios con objetivos comunes de generación, uso o diseminación de conocimiento científico y tecnológico para mejorar los sistemas productivos y de servicios.

En las tareas de seguimiento, ayudaría a mapear las relaciones entre actores en el territorio y a proponer los ajustes necesarios para hacer más efectivos los instrumentos de política (territoriales, sectoriales o misiones particulares). En las actividades de evaluación, esta metodología permitiría determinar qué tan efectivas son las políticas para articular a los diversos actores, y examinar el desempeño de los conjuntos de actores en los sectores y en el despliegue de capacidades territoriales.

Los resultados indican que sería posible formar cuatro espacios de integración regional:

- Un primer espacio asociaría a las regiones del sur del país, con Arequipa como región impulsora. Sus relaciones con Cusco, Puno e Ica configuran a Arequipa como una centralidad para promover la innovación en el sur del Perú. Este grupo inicial podría considerar a Madre de Dios y a Tacna como regiones complementarias, ya que, si bien no tienen contacto directo con Arequipa, las relaciones entre Cusco y Madre de Dios y entre Puno y Tacna permitirían articularlas con un alcance más amplio. Recordemos que Madre

de Dios tiene frontera con Brasil, Puno con Bolivia y Brasil, y Tacna con Chile. Por lo tanto, su importancia como espacios de flujo comercial hacia la exportación puede ser significativa y debería tomarse también en cuenta.

- Un segundo grupo estaría conformado por regiones amazónicas, donde San Martín es un nodo especialmente relevante por su ubicación y por su fuerte relación con otras regiones. Este espacio de integración podría incluir de manera directa a Amazonas, Loreto y Huánuco y, de manera indirecta, a Ucayali y Cajamarca.
- Un tercer grupo de regiones que podría fortalecerse mediante políticas públicas es el liderado por la región Junín, que está articulada directamente con Pasco y Ucayali. Si bien habría razones geográficas y productivas para incluir a Huánuco en este grupo, en la actualidad no hay una relación lo suficientemente fuerte para hacerlo, aunque esto podría promoverse y concretarse en el futuro.
- El cuarto grupo se ubica en el norte del país. En este grupo de regiones Piura sería la principal, tanto por su ubicación geográfica, como por el número de conexiones con el resto de regiones limítrofes. En este grupo se vincularía de manera directa a Tumbes, Cajamarca y Lambayeque y, de manera indirecta, a La Libertad y Amazonas.

Esta propuesta podría incluir a regiones que se articularían con uno u otro sistema interregional. Por ejemplo, Cajamarca y Amazonas están en el segundo grupo (amazónicas) y también en el cuarto (norte). Asimismo, Huánuco podría estar tanto en el segundo grupo (amazónicas) como en el tercero (centro). Estos sistemas ampliados surgirían aprovechando oportunidades, complementando capacidades y satisfaciendo necesidades. Por lo tanto, sería necesario adoptar políticas públicas que promuevan la articulación y que respondan a necesidades y demandas efectivas, y al mismo tiempo evitar crear barreras o rigideces que dificulten concretar estas posibilidades de asociación.

#### ***d. Oportunidades para futuras investigaciones***

La aplicación del enfoque metodológico de Análisis de Redes Sociales a los sistemas de innovación no se limita a los aplicados en este estudio y tiene

muchas más aplicaciones que pueden explorarse en estudios futuros. A pesar de las limitaciones que tiene este enfoque, que explica, sobre todo, los patrones de conexión entre actores y no sus comportamientos en el marco de las estructuras de relaciones que establecen entre sí, puede contribuir a entender las relaciones entre actores en territorios específicos o en respuesta a un estímulo desde una política pública determinada. Asimismo, podría extenderse el análisis a las consecuencias de diversos estímulos desde políticas o programas distintos, que confluyen en actores y territorios comunes, como de manera comparativa entre realidades distintas; por ejemplo, analizando el comportamiento de los sistemas regionales de innovación en países con similar nivel de desarrollo, casos en que sus sistemas de innovación tienen comportamientos, incentivos o conexiones similares.

La metodología de análisis de redes sociales y las bases de datos utilizados por primera vez en este estudio, ofrecen oportunidades para continuar explorando muchos otros aspectos que podrían influir en el diseño e implementación de políticas públicas. Entre otros temas, se podría analizar el comportamiento de los agentes en sectores así como el papel que desempeñan los demás actores. Asimismo, se podría ampliar el análisis para darle un enfoque dinámico, lo que permitiría apreciar y caracterizar las transiciones a lo largo del tiempo.

## Referencias bibliográficas

- Ackoff, R. (1970). A concept of corporate planning. *Long Range Planning*, vol. 3, issue 1, septiembre, 2-8.
- Acuerdo Nacional (2002). Políticas de Estado del Acuerdo Nacional. Lima: Acuerdo Nacional. Recuperado de <https://acuerdonacional.pe/politicas-de-estado-del-acuerdo-nacional/acta-de-suscripcion-del-an-22-de-julio-del-2002/>
- Alcalde, G. (2015). Reingeniería de la conducción política de la descentralización. Documento de política. Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).
- Arocena, R. y Sutz, J. (2000). Looking at national systems of innovation from the South. *Industry and Innovation*, 7(1), 55-75.
- Asheim, B. e Isaksen, A. (1997). Location, agglomeration, and innovation: Towards regional innovation systems in Norway. *European Planning Studies*, 5:3, 299-330. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09654319708720402>
- Asheim, B. y Gertler, M. (2005). The geography of innovation: Regional innovation systems. En Fagerberg, J., Mowery, D. C. y Nelson, R. R. (Eds.), *The Oxford handbook of innovation*. Nueva York: Oxford University Press. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0011>
- Barabási, A-L. (2014). Degree correlation. *Network Science* [Internet]. Recuperado de <http://barabasi.com/f/620.pdf>
- Barcellos, L., De La Vega, I. y Gil-Lafuente, A. (2021). The quintuple helix of innovation model and the SDGs: Latin-American countries' case and its forgotten effects. *Mathematics*, 9(4), 416. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/math9040416>

- Bathelt, H. y Henn, S. (2017). National and regional innovation systems. En Bathelt, H., Cohendet, P., Henn, S. y Simon, L., *The Elgar Companion to innovation and knowledge creation*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Bastian, M., Heymann, S. y Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.
- Bazán, M. (2015). *Estudio de los sistemas regionales de CTI, los consejos regionales de CTI (Corcytec) y el uso de los recursos del canon*. Documento de trabajo, con la colaboración de Romero, F. y la asistencia de Granados, A., Peralta, K. y Portilla, S. Lima: FORO Nacional Internacional.
- Bazán, M. (2022). Toward interregional innovation systems in Peru. Hacia los sistemas de innovación interregional en el Perú. Para sistemas interregionais de inovação no Peru. *Management Research*, 3 de mayo. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/MRJIAM-07-2021-1210>
- Bazán, M., Sagasti, F. y Cárdenas, R. (2013). Perú: Avances y desafíos de los sistemas de innovación para el desarrollo inclusivo. En Dutrenit, G. (Ed.), *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo: La experiencia latinoamericana*. México, D. F.: Latin American Network for Economics of Learning, Innovation, and Competence Building Systems (LALICS).
- Bavelas, A. (1948). Some mathematical properties of psychological space. Tesis. Boston: Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).
- Bernal, P. (2018). Taxonomía de los sistemas regionales de innovación en el Perú. Tesis para optar el grado de maestro en Políticas y Gestión de la Ciencia, Tecnología e Innovación. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Boglárka, Z. (2014). *Knowledge-intensive sectoral innovation systems of southern great plain region*. Tesis doctoral. Szeged: Universidad de Szeged.

- Bora, D. J. y Gupta, A. K. (2014). Effect of different distance measures on the performance of K-Means Algorithm: An experimental Study in Matlabs. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 5(2), 2501-2506.
- Borgatti, S. P. y Everett, M. G. (1999). Models of core/periphery structures. *Social Networks*, 21, 375-395.
- Borgatti, S. P., Everett M. G. y Freeman, L. C. (2002). *UCINET 6 for Windows, software for social network analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. y Johnson, J.C. (2013). *Analyzing social networks*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Caminota F., Durà, A. y Noferini, A. (2020). A territorial scale-based model for Euroregions and its implications for cross-border cooperation in maritime contexts. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, vol. 66/3, 513-540.
- Cappellano, F. y Kurowska-Pysz, J. (2020). The mission-oriented approach for (cross-border) regional development. *Sustainability*, 12, 5181; Doi:10.3390/su12125181
- Cappellano, F. y Makkonen, T. (2019), Cross-border regional innovation ecosystems: The role of non-profit organizations in cross-border cooperation at the US-Mexico border. *GeoJournal*, 85(6), 1515-1528; 10.1007/s10708-019-10038-w
- Capellano, F. y Rizzo, A. (2019). Economic drivers in cross-border regional systems. *Regional Studies, Regional Science*, vol. 6, núm. 1, 460-468.
- Cassiolato, J. y Lastres, H. (2000). Local systems of innovation in Mercosur countries. *Industry and Innovation*, 7:1, 33-53; Doi: 10.1080/713670250
- Chaminade, C. y Vang, J. (2008). Upgrading in Asian clusters: Rethinking the importance of interactive-learning. *Papers in Innovation Studies*, 2008/21, Lund University, CIRCLE – Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.

- Chaminade, C. Lundvall, B., Vang, J. y KJ, J. (2010). Innovation policies for development: Towards a systemic experimentation-based approach. *Papers in Innovation Studies, 2010/01*, Lund University, CIRCLE – Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.
- Coenen, L., Asheim, B., Bugge, M. y Herstad, S. (2013). Reconceptualising regional innovation systems: What does evolutionary economic geography bring to the policy table? *Papers in Innovation Studies, 2013/5*, Lund University, CIRCLE – Center for Innovation, Research and Competences in the Learning Economy.
- Concytec – Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (2017). *I Censo Nacional de Investigación y Desarrollo a Centros de Investigación 2016*. Lima: Concytec.
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum, vol. 23, núm. 3*, 365-382.
- Cooke, P., Gómez, M. y Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organizational dimensions. *Research Policy, 26*, 475-491.
- Crespi, G. y Castillo, R. (2020). Retos de la institucionalidad pública del sistema de ciencia, tecnología e innovación de Perú. Documento para discusión, núm. IDB-DP-752. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- De la Garza, J., B. Morales y B. Gonzales, (2013), Análisis estadístico multivariante, México, D.F.: McGraw-Hill,
- Doloreux, D. y Porto Gomez, I. (2017). A review of (almost ) 20 years of regional innovation systems research. *European Planning Studies, 25:3*, 371-387. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09654313.2016.1244516>
- Etzkowitz, H. (1993). Technology transfer: The second academic revolution. *Technology Access Report, 6*, 7-9.

- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (1995). The triple helix: University-industry-government relations: A laboratory for knowledge-based economic development. *EASST Review*, 14, 14-19.
- Euler, L. (1741). Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis. *Comment Acad Sci Petropolitanae*, 8: 128-140.
- Evangelista, R., Perani, G., Rapiti, F. y Archibugi, D. (1997). Nature and impact of innovation in manufacturing industry: Some evidence from the Italy innovation survey. *Research Policy*, vol. 26, issue 4-5, 521-536.
- Fernández de Lucio, I. y Castro, E. (1995). La nueva política de articulación del sistema de innovación en España. Ponencia presentada en el VI Seminario Latino-iberoamericano de Gestión Tecnológica, ALTEC, Concepción, Chile.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Londres: Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1995), The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24.
- Freeman, L. (1979), Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1 (1978/79), 215-239.
- Gallo, M. T., Garrido, R., Gonzales de Olarte, E. y del Pozo, J. M. (2015). *La cara amarga del crecimiento económico peruano: Persistencia de la desigualdad y divergencia territorial*. Madrid: Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Alcalá.
- Gaofeng, Y. (2019). "Cross-border collaboration strategies in academic entrepreneurship of New R&D Institutions: Insights from explorative case studies in China". *Science, Technology & Society*, 24:2, 288-315.
- Giuliani, E. (2007). "The selective nature of knowledge networks in clusters: evidence from the wine industry", in *Journal of Economic Geography*, 7 (2007), pp. 139-168.

- Granda, G., Ropert, M., Planas, L., Boero, M. y De Bustos, E. (2014). *Estudio sobre sistemas regionales de innovación: Lecciones de política*. Lima: Comisión Europea.
- Golub, B. y Jackson, M. (2012). How homophily affects the speed of learning and best-response dynamics. *The Quarterly Journal of Economics*, 127 (3), 1287-1338.
- Hartigan, J. A. y Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means clustering algorithm. *Journal of Royal Statistical Society*, vol. 28, núm. 1, Series C (Applied Statistics), 100-108.
- Iammarino, S. (2005). An evolutionary integrated view of regional systems of innovation: Concepts, measures and historical perspectives. *European Planning Studies*, 13(4), 497-519.
- INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática. (1998). *Perú. Estadísticas del medio ambiente, 1998*. Lima: INEI. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/BiblioINEIPub/BancoPub/Est/Lib0349/in dice.htm>
- INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020). *Panorama de la economía peruana 1950-2019-Base 2007*. Lima: INEI.
- InnovosGroup (2013). Evaluación final del Programa de Ciencia y Tecnología (FINCyT), contrato de préstamo 1663/OC-PE. Informe final. Lima: InnovosGroup, Consultora en Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Isaksen, A., Jakobsen, S., Njøs, R. y Normann, R. (2018). Regional industrial restructuring resulting from individual and system agency. *Innovationf The European Journal of Social Science Research*, vol. 31:1, 48-65; Doi: 10.1080/13511610.2018.1496322
- Ísmodes, E. (2006). *Países sin futuro: ¿Qué puede hacer la universidad?* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Ísmodes, E. y Manrique, K. (2016). Estudio de caracterización del sistema de innovación en el Perú. Informe preparado a pedido del Ministerio de la Producción, Lima.
- Jeannerat, H. y Crevoisier, O. (2016). Editorial: From “territorial innovation models” to “territorial knowledge dynamics”: On the learning value of a new concept in regional studies. *Regional Studies*, 50, 185-188. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00343404.2015.1105653>
- Karyotis, V. y Khouzani, M. (2016). *Malware diffusion models for modern complex networks: Theory and applications*. Burlington, MASS: Morgan Kaufmann.
- Knoke, D. y Yang, S. (2008). *Social network analysis*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Korhonen, J., Koskivaara, A., Makkonen, T., Yakusheva, N. y Malkamäki, A. (2020). Resilient cross-border regional innovation systems for sustainability? A systematic review of drivers and constraints. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 34:2, 202-221.
- Krackhardt, D. y Stern, R. (1988). Informal network and organizational crisis: An experimental simulation. *Social Psychology Quarterly*, vol. 51, núm. 2, 123-140.
- Kuz, A., Falco, M. y Giandini, R. (2016). Análisis de redes sociales: Un caso práctico. *Computación y Sistemas*, vol. 20, núm. 1, 89-106.
- Lastres, H., Cassiolato, J., Matos, M. y Szapiro, M. (2020). Innovación, territorio y desarrollo: Implicaciones analíticas y normativas del concepto de arranjos y sistemas productivos e innovativos locales. En Suárez, D., Erbes, A. y Barletta, F. (Comps.), *Teoría de la innovación: Evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje* (pp. 477-510). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento; Madrid: Ediciones Complutense.
- List, F. (1841). *The national system of political economy*. Londres: Longmans, Green, and Co.

- Llisterri J. J. y Pietrobelli, C., con la colaboración de Larsson M. (2011). *Los sistemas regionales de innovación de América Latina*. Washington, D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lluch, A., Salvaj, E. y Barbero, M. I. (2014). Corporate networks and business groups in Argentina in the Early 1970s. *Australian Economic History Review*, 54(2), 183-208.
- Lowe, C. U. (1982). The Triple Helix-NIH, Industry, and the Academic World. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 55, 239-246.
- Lundvall, B. (1992). *National system of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning*. Londres y Nueva York: Anthem Press
- Lundquist, K. J. y Tripl, M. (2009). Towards Transnational Innovation Spaces: A theoretical analysis and empirical comparison of the Öresund region and de Cetropo Area. SRE-Discussion 05, Institute for the Environment and Regional Development, Vienna University of Economics and Business.
- Lundquist, K. J. y Tripl, M. (2011). Distance, proximity, and types of cross-border innovation systems: A conceptual analysis. *Regional Studies*, 47(3), 450-460.
- Málaga-Sabogal, L. y Sagasti, F. (2021). Género, coautorías, e impacto: Las publicaciones de investigadores peruanos en biología (1994-2017)". *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 44, núm. 1.
- Málaga, L. y Romero, L. (2019). Género, coautorías, y visibilidad: El impacto en las carreras. Lima: FORO Nacional Internacional – Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).
- Malerba, F. y Mani, S. (2009). *Sectorial systems of innovation and production in developing countries: Actors, structures and evolution*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited.
- Malerba, F. (2002a). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.

- Malerba, F. (2002b). New challenges for sectoral systems of innovation in Europe. DRUID Summer Conference 2002 on Industrial Dynamics of the New an– Old Economy - who is embracing whom? Copenhagen, junio 6-8.
- Malerba, F. (2005). Sectoral systems: How and why innovation differs across sectors. En Fagerberg, J., Mowery, D. C. y Nelson, R. R. (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 380-406). Nueva York: Oxford University Press.
- Makkonen, T. y S. Rohde (2016). Cross-border regional innovation systems: Conceptual backgrounds, empirical evidence and policy implications. *European Planning Studies*, vol. 24, 1623-1642.
- Martínez Prince, R. (2020). Panorama de la colaboración científica en los artículos originales de la Revista Cubana de Ingeniería (2010- 2017): estudio métrico. *REDES*, vol. 31, núm.1, 73-81.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L. y Cook, J. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27: 415-444.
- Mitchell, J. (1969). *Social Networks in Urban Settings*. Manchester: Manchester University Press.
- Morales, L. (2011). Crecimiento económico y economía evolutiva: de Goodwin a Day. Una revisión metodológica. *Nueva Economía*, año XIX, núm. 33, abril, 9-54.
- Mytelka, L. (2010). Local systems of innovation in a globalized world economy. *Industry and Innovation*, 7:1, 15-32; Doi: 10.1080/713670244
- Navarro, J. C., Suaznábar, C., Arrunátegui, P., Okuma, A. y Torrico, B. (2015). Informe de conclusión de proyecto: Programa de Ciencia y Tecnología Perú. Washington, D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Nelson, R. R. (1993). *National innovation systems: A comparative analysis*. Nueva York/Oxford: Oxford University Press.

- Newman, M. (2010). *Networks: An introduction*. Oxford University Press.
- OECD – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2011). *OECD reviews of innovation policy: Peru*. París: OECD.
- O'Kelly, Morton E. (1998). A geographer's analysis of hub-and-spoke networks. *Journal of Transport Geography*, vol. 6, núm. 3, 171-186.
- Orjeda, G., Carranza, V., Marticorena, B., Roca, S., Sagasti, F. y Villarán, F. (2012). Nueva política e institucionalidad para dinamizar la CTI peruana. Informe final de la Comisión Consultiva para la Ciencia, Tecnología e Innovación creada por RS 038-2011-ED. Lima: Ministerio de Educación.
- Park, S-C. (2001). Globalization and local innovation system: The implementation of government policies to the formation of science parks in Japan. *AI & Society*, 15: 263-279.
- Phelps, N., Atienza, M. y Arias, M. (2017). An invitation to the dark side of economic geography. *Environment and Planning A*, 50(1), 236-244. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/0308518X17739007>
- RICYT – Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (2018). *Indicadores de ciencia y tecnología*. Buenos Aires: RICYT.
- Sábato J. A. y Botana N., (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, año 1, núm. 3, 15-36.
- Sábato, J. y Mackenzi, M. (1982). *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional*. México, D. F.: Nueva Imagen.
- Sagasti, F. (1972). *A systems approach to science and technology policy-making and planning*. Studies on Scientific and Technological Development, núm. 7. Washington, D. C.: Organización de los Estados Americanos (OEA).

- Sagasti, F. (1983). *La política científica y tecnológica en América Latina: Un estudio del enfoque de sistemas*. México, D. F.: El Colegio de México.
- Sagasti, F. (2011). *Ciencia, tecnología e innovación: Políticas para América Latina*. Lima: Fondo de Cultura Económica.
- Sagasti, F. y Málaga, L. (2017). *Un desafío pendiente: Políticas de ciencia, tecnología e innovación en el Perú del siglo XXI*. Lima: Fondo de Cultura Económica y Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sagasti, F., Kuramoto, J. y Bazán, M. (2003). *El sistema de innovación tecnológica en el Perú: Antecedentes, situación y perspectivas*. Lima: FORO Nacional Internacional.
- Schwab, K. (Ed.) (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra: Foro Económico Mundial.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. New Brunswick y Londres: Transaction Publisher.
- Scott, J. (1987). *Social network analysis: A handbook*. Londres: SAGE Publication.
- Sebastián, J. (2007). Conocimiento, cooperación y desarrollo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 3, núm. 8.
- Seclen, J. P. y Barrutia, J. (2019). *Gestión de la innovación empresarial: Conceptos, modelos y sistemas*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sheble, L., Brennan, K. y Wildemuth, B. (2016). Social network analysis. En Wildemuth, B. (Ed.), *Applications of social research methods to questions in information and library science*, 2da. ed. (pp. 339-350). ABC-CLIO.

- Stuck, J., Broekel, T. y Revilla Diez, J. (2015). Network structures in regional innovation systems. *European Planning Studies*, 24:3, 423-442. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1074984>
- Teddy, C. y Tashakkori, A. (2009). *Foundations of mixed methods research: Integrating quantitative and qualitative approaches in the social and behavioral sciences*. Los Ángeles, Londres, Nueva Delhi, Singapur y Washington, D. C.: SAGE Publications.
- Tödttling, F. y Tripl, M. (2018). Regional innovation policies for new path development-beyond neo-liberal and traditional systemic views. *European Planning Studies*, 26:9, 1779-1795. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1457140>
- Tripl, M. (2010). Developing cross-border regional innovation systems: Key factors and challenges. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 101(2), 150-160.
- Tripl M., Tödttling, F. y Lengauer, L. (2007). The Vienna software cluster: Local buzz without global pipelines? *SRE-Discussion Papers*, 2007/07, Institute for Multilevel Governance and Development, Department of Socioeconomics, Vienna University of Economics and Business.
- Tsouri, M. (1917). Knowledge networks in emerging ICT regional innovation systems: An explorative study of the knowledge networks of Trentino ICT innovation system. Tesis doctoral. Universidad de Trento.
- Tsujimoto, M., Kajiwaka, Y., Tomita, J. y Matsumoto, Y. (2018). A review of the ecosystem concept: Towards coherent ecosystem design. *Technological Forecasting & Social Change*, 136, 49-58.
- UNCTAD – Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2011). *Examen de las políticas de ciencia, tecnología e innovación: Perú*. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas.
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) y CEPAL (Comisión Económica para América Latina) (2011). *Examen de*

*las políticas de ciencia, tecnología e innovación: Perú*. Ginebra: Naciones Unidas.

- Uyarra, E. (2010). What is evolutionary about “regional systems of innovation”? Implications for regional policy. *Journal of Evolutionary Economics*, 20(1), 115-137. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s00191-009-0135-y>
- Van den Broek, J., Rutten, R. y Benneworth, P. (2020). Innovation and SMEs in Interreg policy: Too early to move beyond bike lanes? *Policy Studies*, vol. 41, issue 1, 1-22.
- Vega Centeno, M. (2003). *El desarrollo esquivo: Intentos y logros parciales de transformaciones económicas y tecnológicas en el Perú (1970-2000)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vega Centeno, M. (2014). *Del desarrollo esquivo al desarrollo sostenible: Ensayos sobre la innovación, el desarrollo, el crecimiento y la sostenibilidad*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Villarán, F. y Golup, R. (2010). *Emergencia de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en el Perú*. Lima: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Von Bertalanffy, L. (1976 [1968]). *Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Watts, D., Dodds, P. S. y Newman, M. E. J. (2002). Identity and search in social networks. *Science*, vol. 296, 1302-1305.
- Watts, D. J. y Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of “small-world” networks. *Nature*, 393, 440-442.
- Weber, K. M. y Truffer, B. (2017). Moving innovation systems research to the next level: Towards an integrative agenda”. *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1), 101-121.