

# Colaboración e Invención en Uruguay: Análisis de Redes de Propietarios de Patentes en el periodo 1970-2018

María Sol Elola Sosa

Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de la República

Montevideo – Uruguay

Febrero de 2025

# Colaboración e Invención en Uruguay: Análisis de Redes de Propietarios de Patentes en el periodo 1970-2018

María Sol Elola Sosa

Tesis de Maestría presentada al Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de la República, como parte de los requisitos para la obtención del título de Magíster en Economía.

Director de tesis:

Pablo Galaso

Director académico:

Pablo Galaso

Montevideo – Uruguay

Febrero de 2025

## **Página de aprobación**

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo Final:

Título:

Colaboración e Invención en Uruguay: Análisis de Redes de Propietarios de Patentes en el periodo 1970-2018

Autora:

María Sol Elola Sosa

Tutor:

Pablo Galaso

Posgrado:

Maestría en Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración

Puntaje

---

Tribunal

---

---

---

Fecha:

## Agradecimientos

A mi familia, pareja y amigos, por su apoyo incondicional a lo largo de este camino. A mis docentes y compañeros de la Maestría en Economía FCEA-UdelaR, por lo que me han enseñado y ayudado en cada etapa. A mi director académico y tutor Pablo Galaso, por su disposición y sus consejos, por alentarme y por todo el conocimiento que me ha compartido.

# Colaboración e Invención en Uruguay: Análisis de Redes de Propietarios de Patentes en el periodo 1970-2018

María Sol Elola Sosa

## Resumen

Este estudio analiza la red de propietarios de patentes en Uruguay entre 1970 y 2018, con el objetivo de comprender sus principales características, patrones de colaboración y evolución a lo largo del tiempo, contribuyendo así al entendimiento de los procesos de innovación del país. A través de un enfoque de análisis de redes, se examinan aspectos como el nivel de cohesión, centralidad y homofilia presente la red, así como el rol que desempeñan los distintos actores. Además, se analiza la evolución de estas dinámicas antes y después del inicio de funcionamiento de la ANII en 2007. Los resultados muestran una red fragmentada, con un componente gigante y una alta presencia de nodos aislados. Se identifica a UDELAR, institución pública y nacional, como un actor fundamental en la conectividad de la red, y también se destacan algunas empresas privadas productivas por su alto nivel de patentamiento, pero baja conectividad en la red. El aislamiento de los actores limita la difusión de conocimientos, restringiendo el potencial innovador del país. Además, la red exhibe una tendencia hacia la homofilia, una propensión de los actores a vincularse con otros de características similares, lo que reduce la diversidad en las colaboraciones. Se resalta la necesidad de políticas que fomenten conexiones entre los actores desconectados y fortalezcan la colaboración público-privada, académico-productiva y transnacional. En conclusión, el trabajo contribuye al entendimiento del sistema nacional de innovación desde la perspectiva de análisis de redes, identificando desafíos y oportunidades para mejorar su eficiencia y desarrollo.

Palabras clave: colaboración; innovación; análisis de redes; redes de propietarios de patentes.

Clasificación JEL: D85, O31, O34.

# Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco teórico.....</b>	<b>4</b>
2.1    Conceptos básicos.....	4
2.2    Antecedentes.....	6
<b>3. Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis .....</b>	<b>11</b>
<b>4. Evidencia empírica: datos y metodología.....</b>	<b>15</b>
4.1    Datos.....	15
4.2    Metodología para la construcción de la red y el contraste de hipótesis.....	19
<b>5. Resultados.....</b>	<b>31</b>
<b>6. Conclusiones y consideraciones finales.....</b>	<b>45</b>

# 1. Introducción

La innovación es un proceso que depende en gran medida de la colaboración entre los actores que producen y aplican nuevos conocimientos. Chesbrough (2003) destaca que la innovación no ocurre en aislamiento, sino a través de la colaboración e intercambio. En este contexto, un análisis respecto a las redes de propietarios de patentes constituye una herramienta valiosa para contribuir al entendimiento de los procesos de innovación del país. Este trabajo analiza la red de propietarios de patentes en Uruguay entre 1970 y 2018, con el objetivo de identificar sus principales características, patrones de colaboración y cambios en su estructura a lo largo del tiempo. El estudio se enfoca en preguntas respecto al nivel de conectividad de la red y su estructura, así como la relación entre diferentes tipos de actores -residentes y no residentes, públicos y privados, y académicos y productivos-. Estas son dinámicas fundamentales para comprender cómo se generan y aplican los conocimientos tecnológicos en un entorno de innovación. Además profundiza en la evolución de estas dinámicas en el tiempo, con el fin de observar a la red antes y después del inicio de funcionamiento de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) en 2007. La ANII tiene como objetivo fomentar la investigación e innovación en el país, brindando apoyo a proyectos y participando en la formulación de políticas y estrategias. En virtud de lo anterior, la relevancia de esta investigación radica en que los procesos de innovación son, por naturaleza, procesos interactivos (Powell, 1990), donde los actores implicados intercambian conocimientos a través de la colaboración. Por ello, para comprender en profundidad la innovación, es fundamental analizar cómo son los patrones de colaboración de los actores, y es precisamente lo que se propone abordar en este trabajo. A su vez, el presente documento contribuye al conocimiento de un área poco explorada en Uruguay, al ser de los primeros

estudios en analizar los datos de patentes registradas en el país en el período 1970-2018, y ser el primero en hacerlo con una perspectiva de análisis de redes. De esta forma, este trabajo aporta a la literatura nacional sobre innovación y sistemas nacionales de innovación específicamente. Todo esto se desarrolla en un contexto donde se destaca, en estudios de Uruguay y la región, la necesidad de implementar una gama más variada de indicadores para evaluar la producción y difusión de conocimiento (Arellano-Rojas et al., 2022; Vasen y Sierra, 2022), necesidad a la que este trabajo contribuye al incorporar una perspectiva de análisis de redes.

Una red, desde la perspectiva del análisis de redes, es un conjunto de actores vinculados o no entre sí por algún tipo de relación. En el caso de las redes de propietarios de patentes, los actores son los propietarios de patentes, y las relaciones se establecen o no según si han colaborado entre sí en el proceso de patentamiento. Este tipo de red permite aproximarse empíricamente al sistema de innovación. La estrategia empírica del trabajo apunta a construir la red de propietarios de patentes de Uruguay para el período 1970-2018 y analizar los elementos de la red y los patrones de colaboración que exhibe. Los datos utilizados en el estudio se obtienen de los registros oficiales de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales correspondientes al período 1970-2018 presentados en la Dirección Nacional de Propiedad Industrial (DNPI) del Ministerio de Industria, Energía y Minería del Uruguay. Por razones prácticas, de ahora en adelante nos referiremos de manera global a estos registros como patentes. La información fue facilitada tras un acuerdo de colaboración entre DNPI y el Instituto de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República, que permite su uso con fines de investigación.

Hasta el momento sólo un estudio ha trabajado con estos datos con fines de investigación, el trabajo de Bianchi et al. (2023). Ese estudio recopila, sistematiza y analiza la

información de las patentes registradas en Uruguay del período 1970-2018, y se consolida como un recurso valioso en sí mismo y para futuras investigaciones. En este contexto, el presente trabajo lo toma como un antecedente y referencia clave, y propone contribuir utilizando una perspectiva de análisis de redes, un enfoque no abordado en el trabajo anterior. El análisis de la red de propietarios de patentes nos permite, entre otras cosas, comprender qué tipos de colaboraciones facilitan los procesos de innovación, detectar actores que operan de forma más aislada, y a aquellos que desempeñan un rol central en la generación y difusión del conocimiento. Lo anterior aporta información útil para el diseño de políticas de innovación, que fomenten la colaboración y fortalezcan los vínculos en el sistema de innovación.

En resumen, el estudio se propone contribuir a la literatura de sistemas de innovación en Uruguay, no sólo mediante el desarrollo de un análisis empírico, cuyos resultados pueden colaborar como insumos en la formulación de estrategias para impulsar la colaboración e innovación en Uruguay, sino también a través del uso de metodologías de análisis de redes, práctica novedosa en la literatura nacional de patentes. En las siguientes secciones se presenta el marco teórico, que incluye conceptos básicos y antecedentes, las preguntas de investigación e hipótesis que guían al estudio, la estrategia empírica, con información de los datos y la metodología empleada, los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones y consideraciones finales.

## **2. Marco teórico**

Esta sección se estructura en dos partes. En primer lugar definimos conceptos básicos relacionados con la propiedad intelectual, redes y sistemas de innovación. En segundo lugar, para proporcionar el contexto necesario, hacemos una revisión a la literatura de interés en un apartado de antecedentes.

### **2.1 Conceptos básicos**

Lundvall fue de los primeros autores en introducir el concepto de sistema de innovación, entendido como el conjunto de elementos e interacciones que participan en los procesos de innovación (Lundvall, 1985). En línea con lo anterior, se comprende como sistema nacional de innovación al conjunto de relaciones y elementos que participan en la producción, uso y difusión de nuevos conocimientos, localizados dentro de una nación (Lundvall, 1992). El presente trabajo enfatiza la importancia de integrar una perspectiva de análisis de redes en los estudios de sistemas nacionales de innovación, considerando la naturaleza intrínseca de la conexión y el relacionamiento que hay detrás de las innovaciones. No obstante, es importante aclarar que esta investigación no estudia al sistema de innovación uruguayo en su totalidad, sino a lo correspondiente al universo de las patentes registradas. Las patentes se destacan como un indicador clave de la capacidad innovadora de un país y un motor esencial del crecimiento económico (OMPI, 2021), sin embargo, presentan sus limitaciones como indicadores representativos de la innovación: no todas las innovaciones son patentadas, ni todas las patentes se traducen en innovaciones aplicadas (Cohen et al., 2000). Este punto constituye una de las limitaciones del trabajo, abordadas en la sección de Conclusiones y consideraciones finales.

El análisis de redes es una herramienta que permite estudiar empíricamente los procesos de innovación. Lo que propone esta herramienta es la comprensión de la información desde una perspectiva de estructuras y dinámicas de relaciones entre entidades que procede a ordenar en una red, y posteriormente analizar. Como se menciona en la introducción, una red desde la perspectiva del análisis de redes se compone por un conjunto de actores denominados nodos, que pueden representar a individuos, organizaciones o países entre otros, que a su vez presentan o no lazos entre sí según si registran algún tipo de relación, como puede ser la colaboración en una invención, vínculos comerciales, o de amistad o parentesco, por ejemplo (Barnes, 1954).

Antes de avanzar a un concepto fundamental en esta investigación como es el de red de propietarios de patentes, es conveniente establecer previamente las definiciones de patente y propietario de patente. La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), define a una patente como un derecho exclusivo concedido a un propietario respecto a una invención (OMPI, 2025). Este propietario decidirá con este derecho sobre el uso que podrán hacer terceros con esta invención. Por otra parte, también debe hacer pública la información técnica de la invención. Las patentes presentan una clasificación según el sector tecnológico al que pertenecen. Más adelante, en la sección de Datos, ahondaremos más sobre este punto.

El propietario de una patente puede ser una persona, una empresa o una organización. La diferencia entre un propietario y un inventor radica en que el propietario es el titular legal de la patente, mientras que el inventor puede haber contribuido al desarrollo de la invención pero no necesariamente posee derechos exclusivos sobre ella.

Las patentes son un insumo importante en estudios de dinámicas de innovación, considerando que son una representación de conocimientos innovadores y de una forma de relacionamiento entre actores. Se define como redes de innovación a las estructuras y

relaciones entre actores, que surgen a raíz de la colaboración y difusión de procesos de innovación (Freeman, 1991). Dentro de las redes de innovación se encuentran las redes de propietarios de patentes, que utilizan datos de patentes para su conformación. Sus nodos representan a los propietarios de las patentes y los vínculos las relaciones de colaboración entre ellos. La colaboración entre dos propietarios se registra al participar en conjunto en una misma patente (son co-propietarios de la patente), o también cuando dos propietarios trabajan con un mismo inventor en dos patentes diferentes (Galaso y Kovarik, 2021; Graf y Henning, 2009). Es sobre este tipo de red que estaremos desarrollando nuestro análisis.

Finalmente, una parte central de este trabajo está en analizar los patrones de colaboración en las redes de propietarios de patentes de Uruguay. Al referirnos a patrones, aludimos a factores o aspectos que caracterizan a la colaboración, o rasgos típicos de la red. Para ejemplificar, un patrón de colaboración a estudiar puede ser la tendencia a actuar o no de forma fragmentada de los actores de la red, analizar si se registran actores en la red que no presentan vínculos, y la incidencia de estos casos sobre el total de actores de la red y sus patentes. Otro aspecto relevante a analizar es la presencia de homofilia en la red. La homofilia es la tendencia de los nodos similares a conectarse entre sí. En otras palabras, indica la propensión de los actores con características o atributos compartidos a estar más conectados entre ellos, en comparación con actores que poseen diferencias en esas características (McPherson et al., 2001). En la sección de Estrategia empírica ahondaremos más sobre las técnicas y elementos involucrados en el estudio de patrones de la red.

## **2.2 Antecedentes**

La innovación es por naturaleza un proceso interactivo: suele encontrarse entre los centros de investigación, empresas, proveedores, clientes y más actores, y no dentro de uno de ellos en particular (Powell, 1990). La cooperación en estos procesos no se origina únicamente

para disminuir riesgos y costos, sino también para acceder a nuevas fuentes de conocimiento y aprovechar sinergias (Kogut, 1989; Hagedoorn, 1993; Eisenhardt y Schoonhoven, 1996; Mowery et al., 1998).

Teece (1992) argumenta que la colaboración es fundamental para competir en niveles tecnológicos complejos. Este intercambio de conocimientos puede organizarse a través de acuerdos. Un elemento clave en la organización de un mercado es un contrato entre las partes que se apoye en derechos de propiedad: aquí es donde aparecen las patentes. Las patentes son elementos fundamentales en la promoción de la innovación y el desarrollo económico, ampliamente respaldados en la literatura económica y de propiedad intelectual. Estas otorgan a los propietarios derechos exclusivos, incentivando a la inversión en investigación y desarrollo al ofrecer la posibilidad de proteger y comercializar innovaciones. Además, las patentes fomentan la difusión del conocimiento al exigir que los detalles de las invenciones se hagan públicos, facilitando el acceso a la información técnica y promoviendo la colaboración (Hall y Helmers, 2009; Mazzoleni y Nelson, 2007).

A través de este vínculo entre la innovación, patentes, colaboración y el desarrollo económico, surge la necesidad de analizar en profundidad estos procesos interactivos con una perspectiva de redes. A nivel internacional, un trabajo clave respecto a análisis de redes y patentes es el estudio de Graf (2018). En él encontramos un aporte significativo tanto en lo referido al marco teórico de esta temática, como también en su metodología. El trabajo hace recorrido por la literatura de innovación, señalando la importancia de considerar al análisis de redes sociales dentro la lista de abordajes para temáticas de sistemas de innovación. También se detiene a definir los diferentes tipos de redes que conforman al concepto de redes de innovación, y se enfoca particularmente en las redes de inventores y redes de propietarios de patentes. En lo metodológico, el estudio se presenta como un recurso de tipo manual para

analizar temáticas de sistemas de innovación desde la perspectiva del análisis de redes, con un ejemplo a través de una red de propietarios.

Graf (2018) señala al menos dos enfoques para abordar las redes de innovación: uno se centra en medir el rendimiento de los actores según su posición en la red, y el otro en considerar a la red en su totalidad, analizando su estructura y rendimiento en términos de resultados de innovación, entre otros aspectos. En ambos abordajes se construyen las redes de interés y son acompañadas por estadísticas propias del análisis de redes. En resumen, este trabajo logra dos objetivos clave: en primer lugar, demuestra el valor que agrega una perspectiva de análisis de redes en temáticas de innovación, especialmente sistemas nacionales de innovación, y en segundo lugar, proporciona una aplicación práctica de esta metodología mediante un ejemplo de estudio comparativo.

Otro trabajo a resaltar es el estudio de Graf y Henning (2009), que analiza las diferencias entre sistemas regionales de innovación de cuatro regiones de Alemania, aplicando métodos de análisis de redes y utilizando datos de patentes. En el trabajo se construyen y comparan las redes de propietarios de patentes para cuatro regiones del este de Alemania, y los autores concluyen que las organizaciones de investigación públicas con fuertes conexiones dentro de la red desempeñan un papel crucial en el rendimiento innovador de su región.

Más allá de estas investigaciones, la literatura también comprende estudios que han capturado hechos estilizados dentro de lo que es la investigación de redes de patentes. Por ejemplo, las redes de patentes suelen estar poco conectadas, es decir presentan una proporción significativa de nodos sin vínculos con otros actores (Andersson et al., 2019; Bianchi et al., 2023; Galaso y Kovarik, 2021; Breschi y Lenzi, 2016; Fleming et al., 2007). Junto a lo anterior, también es importante recordar que dado que estas redes surgen de procesos de colaboración, será habitual encontrarnos con estructuras de *cliques* (Wasserman y Faust,

1994). Se entiende por *clique* a un conjunto de nodos que se encuentran todos conectados entre sí. En las redes de patentes, estas estructuras reflejan equipos de colaboración que han trabajado, en ocasiones, en una única patente. Es fundamental complementar la representación visual de la red con estadísticos e indicadores propios del análisis de redes, ya que una misma estructura puede representar interacciones con distintos niveles de complejidad.

A nivel regional, la dinámica actual de patentamiento presenta desafíos. Uruguay se destaca dentro de los países de América Latina con mayores niveles de patentamiento en términos per cápita (CEPAL, 2016), pero su tasa de patentamiento es relativamente baja cuando comparamos con los líderes en la temática en un contexto global. Lo anterior respalda la visión instalada para América Latina, que sostiene que las iniciativas destinadas a la comercialización y valoración económica del conocimiento son comparativamente escasas, principalmente en relación con otros indicadores de actividad científica y tecnológica, como publicaciones académicas (Bianchi y Guarga, 2018). Esto se alinea también con la idea de que los agentes económicos de estos países tienden a favorecer la protección del conocimiento a través de métodos como el mantenimiento de secretos industriales, en lugar de recurrir al proceso de patentamiento (Crespi y Zuniga, 2012).

En este contexto, una investigación fundamental para el caso de Uruguay es el trabajo sobre innovación y propiedad intelectual realizado por Bianchi et al. (2023). Este estudio es el único hasta el momento en emplear los registros oficiales de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales proporcionados por DNPI con fines de investigación. El trabajo recopila, sistematiza y analiza información relativa a las patentes registradas en Uruguay del período 1970-2018. Sus resultados proporcionan evidencia empírica sobre los procesos de invención e innovación en Uruguay. Las tendencias observadas en las patentes registradas se encuentran alineadas con lo identificado en el período en patentes internacionales, destacándose un

notable aumento en el número de patentes durante la década de 1990, vinculado a la expansión global de los sistemas de protección de la propiedad intelectual y las nuevas agendas multilaterales de comercio. Por otro lado, el trabajo subraya la fuerte presencia de los agentes no residentes en el proceso de patentamiento y el aporte significativo de los centros públicos de investigación entre los actores residentes.

La presente investigación viene a aportar a la literatura nacional y regional sobre el tema, empleando para ello una perspectiva de análisis de redes sociales. Con este enfoque, esperamos hallar nuevas evidencias empíricas sobre las dinámicas de colaboración y la caracterización de los principales actores en el sistema de innovación uruguayo.

### 3. Preguntas de investigación, objetivos e hipótesis

La pregunta principal de este estudio es: ¿cuáles son los patrones de colaboración de la red de propietarios de patentes de Uruguay en el período 1970-2018? Responder a esta pregunta nos proporcionará una visión general de la estructura y dinámica de la red, y constituye el núcleo central de nuestra investigación. A partir de aquí, se puede profundizar en cuestiones como: ¿los agentes actúan principalmente de forma aislada? ¿Vemos colaboración público-privada? ¿Y entre residentes y no residentes? ¿Sus vínculos están bien distribuidos entre los actores o se concentran en pocos nodos? El objetivo detrás de estas preguntas es analizar y describir los patrones de colaboración en la red, con el fin de comprender la estructura y la dinámica, en términos de los actores y sus relaciones.

Las redes de innovación suelen tener una estructura de tipo *scale free*, caracterizadas por presentar unos pequeños grupos de nodos con un grado muy alto (nodos *hub*), mientras que la mayoría de los nodos presentan relativamente pocas conexiones (Barabási, 2009). Otro hecho estilizado en las redes de innovación es la presencia de *clusters*, o sea conjuntos de nodos altamente conectados entre sí, estructuras propicias para la colaboración y el intercambio de conocimientos (Fleming et al., 2007; Schilling y Phelps, 2007). Sin embargo, y sin que esto implique una contradicción, las redes de patentes suelen presentar un alto grado de fragmentación (Owen-Smith y Powell, 2004; Goyal et al., 2006): por una parte observamos estructuras altamente conectadas (estructuras densas) o fuertemente dependientes de algunos nodos centrales, y por otra, un conjunto significativo de nodos que operan de forma aislada. En los sistemas de innovación más débiles, además de estas características, también se suma una escasa colaboración de tipo público-privada (Mowery et al., 1998; Intarakumnerd et al., 2002), lo que dificulta el desarrollo de innovaciones (Lundvall et al., 2002).

En el caso de Uruguay, en Bianchi et al. (2023) los autores encuentran que la distribución del número de patentes por cada propietario muestra una gran concentración: existe un escaso número de actores que presentan un nivel muy elevado de patentamiento, mientras que la gran mayoría de actores patenta un número muy reducido de veces. Lo anterior está en línea con la literatura en otros países y sus datos de patentes (Andersson et al., 2019; OMPI, 2019). Asimismo, el país exhibe un alto nivel de financiamiento de actividades de investigación y desarrollo por parte del sector público, representando más del 75% del total (Portal Prisma, 2022). Considerando lo anterior, se plantean las siguientes hipótesis:

*H1a: La red de propietarios de patentes en Uruguay durante el período 1970-2018 se caracteriza por estar fragmentada (conectividad general baja). A su vez, presenta una estructura de tipo scale free en la que unos pocos nodos actúan como hubs, concentrando la mayoría de los vínculos, y una tendencia significativa hacia la formación de clusters, con una presencia de triángulos superior a lo esperado en estructuras aleatorias, y de igual forma con estructuras de triada abierta.*

*H1b: Esperamos encontrar poca colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva.*

En segundo lugar, nos preguntamos, ¿cuáles son los actores más centrales de la red? Con esta pregunta buscamos identificar si hay uno, o un conjunto reducido de nodos que destacan significativamente por su centralidad en comparación al resto, si vemos una centralidad mayor en actores públicos o privados, y si hay coincidencia entre los actores con mayor centralidad y los que más patentes concentran.

La centralidad es una propiedad de los nodos que refleja su prominencia o importancia relativa en la red, esto es, la posición estratégica que ocupa el nodo en la red, factor de suma importancia en el flujo de conocimiento (Powell et al., 1996). A su vez, en el contexto de

sistemas de innovación, es común encontrar que las universidades y grandes empresas del sector privado ocupen un rol central, dada su capacidad de generar conocimiento técnico (Breschi y Lissoni, 2001). Estudios como el de Graf y Henning (2009) respecto a redes de innovación, destacan a los centros de investigación por su centralidad y el rol de facilitadores de conexiones entre actores de distintas características. A partir de esta evidencia, planteamos la siguiente hipótesis:

*H2: En la red de propietarios de patentes de Uruguay, la Universidad de la República (UDELAR) y un reducido grupo de empresas privadas destacan como los nodos de mayor centralidad, ocupando roles claves en el flujo de conocimiento.*

Finalmente, buscamos responder a la pregunta: ¿han cambiado los patrones de colaboración a lo largo del tiempo? Para ello, nos proponemos explorar la evolución de la red a lo largo del período 1970-2018. Específicamente, esta investigación está interesada en comprender cómo ha evolucionado este patrón antes y después de 2007, año del comienzo de funcionamiento de la ANII. La ANII tiene como objetivo fomentar la investigación e innovación en Uruguay, brindando apoyo a proyectos (vía financiamiento y otros recursos) y participando en la formulación de políticas y estrategias. El objetivo de esta pregunta es investigar sobre la evolución de los patrones de colaboración a lo largo del período 1970-2018, con un enfoque especial en comprender los cambios antes y después del inicio del funcionamiento de la ANII en 2007.

En relación con la conectividad, se puede esperar que después del surgimiento de la ANII, se incremente la colaboración entre actores implicados en los procesos de innovación. De igual forma, podríamos esperar la aparición de nuevos *hubs*, lo que contribuye también a una desconcentración en la distribución de vínculos en la red. Por otra parte, podemos prever un incremento en la colaboración entre actores de distintas características, considerando la

importancia de la diversidad en los procesos de innovación y los objetivos de la ANII. Dado este contexto, nuestras hipótesis son:

*H3a: A lo largo del tiempo, la red aumenta su conectividad y se observa una moderación en la estructura scale free.*

*H3b: La colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva incrementa a lo largo del periodo.*

*H3c: El peso relativo de UDELAR en la red disminuye con el tiempo, con el surgimiento de nuevos hubs tanto públicos como privados.*

Las preguntas planteadas y sus correspondientes hipótesis guiarán el análisis de la red de propietarios de patentes, proporcionando una visión integral de su estructura, centralidad y evolución.

## 4. Estrategia empírica: datos y metodología

### 4.1 Datos

En cuanto a los datos de la investigación, como se adelantó en la Introducción, se utilizan registros oficiales de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales de DNPI para el período 1970-2018. Las principales variables de estas bases de datos son:

- **Identificador de invención:** código único asignado a cada patente, modelo de utilidad y diseño industrial.
- **Clasificación Internacional de Patentes (CIP):** sistema de clasificación de la tecnología asociada a la invención. En la base tenemos el primer nivel de desagregación, que corresponde a ocho secciones.<sup>1</sup>
- **Año de solicitud del registro:** año en el que se presenta formalmente solicitud de registro para protección de la invención.
- **Nombre del inventor:** nombre de la persona o entidad responsable de la creación y/o desarrollo de la invención.
- **País de residencia del inventor:** país donde reside el inventor al momento de la solicitud registrada.
- **Nombre del propietario:** nombre de la persona o entidad poseedora de derechos exclusivos sobre la invención.
- **País de residencia del propietario:** país donde reside el propietario al momento de la solicitud registrada.

---

<sup>1</sup> La Clasificación Internacional de Patentes consta de ocho grandes secciones, que se van desagregando hasta llegar a decenas de miles de tecnologías posibles (OMPI, 2022). Las ocho secciones principales son: A - Necesidades Humanas; B - Transporte; C - Química; Metalurgia; D - Textiles, Papel; E - Construcciones Fijas; F - Ingeniería Mecánica, Iluminación, Calefacción, Armas, Explosivos; G - Física; H - Electricidad.

El foco del análisis estará en trabajar con registros que presenten al menos un actor (propietario o inventor) residente en Uruguay, considerando que nuestro interés está en analizar los procesos de colaboración asociados a los procesos de innovación que acontecen en el país. Con este objetivo en mira, para obtener nuestro conjunto de interés procedemos a excluir las patentes que no tengan participación de al menos un actor residente. Estos registros que excluimos son resultado de procesos de innovación que nacen y se desarrollan por fuera del país, y cuyo vínculo con Uruguay sucede porque los propietarios eligen proteger sus invenciones en el territorio con fines comerciales.

La información derivada de las patentes excluidas en este conjunto es valiosa para llevar a cabo un análisis destinado a comprender la inserción comercial y productiva del país, así como las dinámicas globales de la innovación. No obstante, no reflejan de manera apropiada las interacciones y colaboraciones asociadas a la innovación específica de Uruguay. Esta modalidad de excluir las patentes que no presentan al menos un actor residente en la zona, es ampliamente utilizada en la literatura de redes de patentes para análisis nacionales y regionales (Breschi y Lenzi, 2016; Fleming et al., 2007; Graf y Henning, 2009; Galaso y Kovarik, 2021; Andersson et al., 2019; Bianchi et al., 2023). No obstante, este filtro no implica que todos los propietarios analizados en esta selección de la base total serán únicamente actores residentes: el criterio de solo conservar las patentes que mantengan al menos un actor residente permite la entrada al análisis a propietarios no residentes si han participado en el registro de una patente junto con algún investigador o propietario residente. Como se verá más adelante, de esta forma podremos observar colaboraciones entre actores residentes y no residentes.

Con este primer filtro de datos, en línea a lo esperado, los registros se reducen significativamente. Partimos de aproximadamente 20 mil registros de patentes únicas y 6700

propietarios, de los cuales 24% opera de forma aislada. Tras la exclusión de aquellos registros que no presentan participación de al menos un actor residente, mantenemos un 19% de la muestra de patentes. Estos registros corresponden a aproximadamente unas 3700 patentes únicas, pertenecientes a 3107 propietarios, con el 80% de ellos representados por nodos aislados, es decir, propietarios de patentes que no colaboran con ningún otro actor de la red.

A su vez, dado que este estudio busca comprender las dinámicas principales de la red de propietarios de patentes, nos enfocaremos en un subconjunto más específico de actores. Para ello, seleccionamos a los propietarios que forman parte del componente principal, definido como el conjunto de nodos más grande en la red, donde todos los nodos están directa o indirectamente vinculados entre sí y desconectados del resto. Este criterio de selección es utilizado de forma recurrente en la literatura de análisis de redes para hallar información de las principales dinámicas de la red e identificar a los actores más influyentes, sin el ruido de nodos con pocas o nulas conexiones (Wasserman y Faust, 1994; Newman, 2001; Powell et al., 2005).

A su vez, incluimos también a aquellos propietarios que poseen al menos cinco patentes en el periodo analizado, junto con sus vecinos (nodos con los que se encuentran directamente conectados) y los vecinos de éstos. Con este enfoque garantizamos no estar excluyendo a los propietarios con mayores niveles de patentamiento y a sus conexiones directas e indirectas. Existen varios trabajos que seleccionan dentro de los nodos principales de sus redes, a no solo a aquellos de mayor centralidad, sino también a los de mayores contribuciones a la innovación en materia de patentes y tecnología (Henderson y Cockburn, 1994; Uzzi y Spiro, 2005; Rosenkopf y Schilling, 2008).

Con este enfoque, limpiamos los datos eliminando a los actores que no presentan un papel importante en términos de conectividad ni a nivel de patentamiento, y nos encaminamos

a una base que nos permita desarrollar un análisis más claro respecto a las principales dinámicas de colaboración en el sistema nacional de innovación.

Luego de esta selección del subconjunto de interés, avanzamos con unos procesos extra sobre los datos. Hicimos un análisis pormenorizado de los propietarios, aplicando una revisión sobre cada nodo de este subconjunto, ajustando errores de tipeo e investigando el trasfondo de los propietarios mediante búsquedas en internet, incluyendo LinkedIn y páginas de organizaciones y empresas, para determinar si durante el periodo de la solicitud de la patente, el propietario pertenecía a una entidad relevante vinculada a ésta (por ejemplo, si era un investigador en un centro de investigación, o director en una empresa privada vinculada al rubro de la patente registrada). Respecto a lo anterior es pertinente recordar que los propietarios de patentes pueden ser tanto personas como organizaciones. Aplicamos estos procesos con la finalidad de identificar todas las organizaciones posibles, y en los casos donde confirmamos este vínculo del propietario con la empresa u organización, reemplazamos en las bases de datos iniciales los nombres personales con el nombre de la empresa u organización, y volvemos a ejecutar el proceso para llegar al subconjunto de actores de interés de esta red.<sup>2</sup>

Con este último proceso, llegamos a un universo de 474 patentes, correspondientes a 103 propietarios, de los cuales un 30% se presenta de forma aislada. La reducción significativa en patentes se explica principalmente por la exclusión de más de 2400 propietarios que operan de forma aislada y presentan en su mayoría una sola patente en todo el periodo analizado. De esta forma confirmamos que el criterio de selección ha contribuido en eliminar de nuestro foco a actores que no contribuyen individualmente de forma

---

<sup>2</sup> En este proceso de depurado de los datos se excluyen dos patentes de la base con la finalidad de evitar sesgos en los resultados de los análisis de la estructura de red. Se trata de dos patentes que presentan más de 10 propietarios cada una. Esto es una situación atípica que genera estructuras donde todos los nodos están conectados entre sí (*cliques*), representando la copropiedad de una misma patente, y distorsiona mucho los resultados del análisis de la red.

significativa a la conectividad de la red ni al nivel de patentamiento del sistema de innovación uruguayo. A pesar de que los niveles de conectividad de la red en todas las versiones y subconjuntos descritos son bajos, con esta última selección nos acercamos a una base de datos más clara y precisa para representar las interacciones que suceden en el sistema y observar el rol de los principales actores. Al agregar el filtro de esta selección de propietarios de interés a la base de patentes con al menos un actor residente, el porcentaje de nodos aislados cae en 50 puntos porcentuales (de 80% a 30%), y el grado medio, entendido como el promedio de vínculos que presentan los nodos de la red se cuadruplicó, pasando de 0.43 a 1.79.

Finalmente, elaboramos variables *dummy* para clasificar a los propietarios en las siguientes categorías:

- residente o no residente
- público o privado
- académico o productivo

Para la creación de la *dummy* de residente o no residente, partimos del dato del país de residencia asociado al propietario que aportan las bases de DNPI. Para el resto de las *dummies* la clasificación surge de la investigación respecto a las empresas/organizaciones identificadas, y para los casos en los que no se pudo vincular a una persona a ninguna empresa/organización, procedimos a clasificarlos como privados y productivos.

## **4.2 Metodología para la construcción de la red y el contraste de hipótesis**

Como mencionamos anteriormente, una red desde la perspectiva del análisis de redes se compone por nodos y vínculos. En el caso de esta investigación, nuestro foco está en una red de propietarios de patentes, constituida de la siguiente manera: los nodos representan a los propietarios de las patentes, y los vínculos entre ellos se establecen cuando dos propietarios han participado de forma conjunta en una patente, o han colaborado con un mismo inventor en

el período analizado. Se asume, por lo tanto, que el hecho de haber trabajado con un mismo inventor refleja un vínculo de colaboración entre dos o más propietarios, tal y como lo plantean varios estudios en la literatura del tema (Graf, 2018; Graf y Henning, 2009; Galaso y Kovarik, 2021).

En nuestra red, los vínculos son de tipo no dirigidos. Esto significa que la colaboración entre dos propietarios no tiene un sentido específico: que un nodo A colabore con un nodo B es equivalente a que un nodo B colabore con un nodo A, lo importante es que existe una colaboración entre ambos, no hay una dirección en esta relación. A su vez, los vínculos en esta red no están ponderados por la cantidad de colaboraciones entre nodos, es decir, no estaremos midiendo en este estudio la intensidad de los vínculos establecidos entre los propietarios.

A continuación (Cuadro 4.1 y Figura 4.1), representamos un ejemplo del proceso de reconstrucción de la red a partir de datos de patentes, similares a los que se emplean en esta investigación.

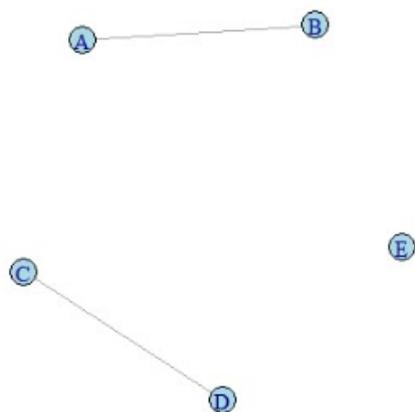
**Cuadro 4.1: Ejemplo de base de datos**

<b>ID de Patente</b>	<b>Inventor</b>	<b>Propietario</b>
I	1, 2	A, B
II	3	C
III	3	D
IV	4	E

Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo de base de datos tenemos cuatro patentes (I, II, III y IV), cuatro inventores (1, 2, 3 y 4) y cinco propietarios (A, B, C, D y E). La primera fila se interpreta de la siguiente manera: la patente de identificación I tiene dos inventores 1 y 2, y dos propietarios A y B. En base al criterio de vínculos anteriormente descrito, este ejemplo de red de propietarios estará conformada de la siguiente manera:

**Figura 4.1: Ejemplo de red de propietarios de patentes**



Fuente: elaboración propia.

En la red vemos representados con nodos a los cinco propietarios, y vemos que: A y B están vinculados, dado que participaron como propietarios en la patente I, C y D también están vinculados, porque ambos colaboraron con el inventor 3 en las patentes II y III, y por último el propietario E queda representado como un nodo aislado, ante su ausencia de vínculos con los otros propietarios. A través de esta misma metodología construiremos en el presente trabajo nuestra red de propietarios de patentes de Uruguay: dentro de nuestras bases de datos identificamos a nuestro grupo de propietarios de interés, sus vínculos y procedemos a representarlos. Tanto la construcción de la red como su posterior análisis es realizado a través del paquete *igraph* de R.

### **Evaluación de hipótesis H1**

**Evaluación de hipótesis H1a.** Nuestra hipótesis H1a plantea que nuestra red de propietarios de patentes presenta tres características principales: (1) baja conectividad, (2) estructura de tipo *scale free*, y (3) mayor presencia de triángulos y triadas abiertas en comparación con redes aleatorias.

Comenzaremos por cómo evaluar el nivel de conectividad. El procedimiento comienza analizando la cantidad y porcentaje de nodos aislados de la red, el tamaño del primer y

segundo componente (los componentes de mayor tamaño), y el grado medio de la red. Estas son herramientas habituales de la literatura para la evaluación de conectividad, y además nos aportan una visión inicial de la estructura de la red.

Se denomina nodo aislado al nodo que no presenta vínculos en la red. En el caso de este estudio, corresponde a un propietario que no ha colaborado con otros propietarios de la red. El porcentaje de nodos aislados se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Porcentaje de nodos aislados} = \left( \frac{\text{Número de nodos aislados}}{\text{Número de nodos de la red}} \right) \times 100$$

Posteriormente, examinaremos el tamaño del primer y segundo componente de la red. El tamaño de un componente es el número de nodos que lo integran. Los componentes son grupos de nodos conectados entre sí, directa o indirectamente, pero desconectados del resto de la red. El primer componente es el grupo de mayor tamaño, y el segundo el siguiente en tamaño. Analizar el tamaño de estos componentes proporciona información sobre la cohesión general de la red. Una red con la mayoría de sus nodos en su componente principal, suele ser indicio de una red altamente conectada. Por otra parte, el tamaño del segundo componente da una perspectiva de la importancia en la red del primer componente, develando si existen otras estructuras de tamaño relevante o si la diferencia de tamaño es significativa. Un hecho estilizado en las redes sociales fragmentadas, como es el caso de las redes de patentes, es que a medida que se aumenta el número de vínculos, el componente principal va aumentando en tamaño hasta un punto en el que aglutina a una proporción de nodos no trivial, significativamente superior al resto de componentes. Este fenómeno, conocido como emergencia de un componente gigante (Erdős y Rényi, 1959), mejora sustancialmente la conectividad de la red y, para analizarlo, la literatura suele comparar el tamaño del primer y el segundo componente de la red.

Finalmente, para completar la evaluación de conectividad de la red, se calcula el grado medio de la red. El grado medio se define como el promedio del grado de los nodos de la red. El grado de un nodo se calcula como la suma de los vínculos que presenta el nodo. El grado de un nodo  $i$  se denota como  $k_i$ , y se calcula de la siguiente manera:

$$k_i = \text{Número de vínculos conectados al nodo } i$$

Y por lo tanto, el grado medio se calcula como:

$$\text{Grado medio} = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{N}$$

siendo  $N$  el número de nodos de la red. A continuación avanzamos con la metodología para evaluar si nuestra red presenta una estructura de red libre de escala (*scale free*). Este tipo de estructuras de red, aplicado a nuestro tema de interés, presentan una distribución del grado de los nodos en la que unos pocos nodos toman valores de grado muy altos y los restantes bajos: a esto se le denomina ley de potencia (Clauset et al., 2009). La expresión matemática de la distribución de la ley de potencia para una variable  $x$  es la siguiente:

$$p(x) \propto x^{-\alpha}$$

donde  $p(x)$  es la probabilidad que presenta un nodo de alcanzar un grado  $x$ . Su probabilidad en esta distribución depende de  $x$ , en nuestro ejemplo la cantidad de conexiones que presenta el nodo, y también de un coeficiente  $\alpha$ , un exponente que determina qué tan rápido descende la probabilidad de que un nodo presente un grado alto ante mayor grado  $x$ . A mayores valores de  $\alpha$ , más difícil será hallar nodos de un grado alto en la red. Para contrastar si una red presenta una estructura *scale free* se estima un valor mínimo de  $x$ , entendido como el punto a partir del cual los datos comienzan a ajustarse a esta distribución, y el  $\alpha$ , indicando la velocidad a la que disminuye la probabilidad de hallar nodos de grado alto. En base al ajuste

observado y sus valores, se evalúa si la estructura de la red observada se asemeja o no a la de una red *scale free*.

Puntualmente, el proceso que seguiremos para evaluar si la red presenta este tipo de estructura es el siguiente: en primer lugar calculamos la distribución de grados de nodos de la red (excluyendo los nodos aislados) y ajustamos un modelo de ley de potencia con la información de la red. Con esta información, avanzamos utilizando un test de Kolmogorov-Smirnov, con un procedimiento *bootstrap* de 500 simulaciones, para contrastar la distribución observada en nuestra red respecto a la que presenta una ley de potencia (Clauset et al., 2009). La hipótesis nula asume que la red sigue una distribución de ley de potencia. Finalmente resta analizar el p-valor resultante, donde un valor alto implica no poder rechazar la hipótesis nula, lo que sugeriría que la red presenta una estructura comparable a una estructura *scale free*.

Para finalizar el contraste de la hipótesis H1a, resta evaluar si la red cuenta con una presencia de triángulos y estructuras de triadas abiertas superiores a lo esperado en redes aleatorias. Una red aleatoria es aquella en la que los vínculos entre nodos se distribuyen aleatoriamente (Erdős y Rényi, 1959). En las redes sociales, si bien existe cierta aleatoriedad, gran parte de los vínculos dependen de pautas o patrones de comportamiento de los actores, por ejemplo, suele haber una tendencia a generar estructuras de triadas abiertas, dada la presencia de actores que intermedian entre otros desconectados. En redes sociales no aleatorias también suelen surgir *clusters* o grupos de nodos densamente conectados entre sí, asociados a grupos de actores similares con propensión a colaborar entre ellos. Estos *clusters* están hechos de los triángulos, es decir, estructuras de tres nodos totalmente conectados entre sí, lo que indica colaboración mutua entre tres propietarios, si lo llevamos al caso de nuestra investigación. Por otra parte, se denomina triada abierta a los grupos de tres nodos conectados a través de uno de ellos, que ejerce como intermediario entre los otros dos. En el caso de este

estudio, estaríamos hablando de una colaboración de dos propietarios que colaboran con un propietario en común, pero no entre sí. Con estos análisis el objetivo es comprender si estos patrones estructurales, la formación de triángulos y triadas abiertas, tienen una mayor presencia en nuestra red que lo esperable en redes aleatorias, manteniendo constante el número de nodos y la densidad de enlaces (Newman, 2010). Ambos análisis comparten el mismo procedimiento: en primer lugar calculamos el número total de triángulos/triadas abiertas en la red original. Posteriormente, creamos 1000 redes aleatorias con el modelo de Erdős–Rényi (modelo clásico para generar redes aleatorias), manteniendo constante la cantidad de nodos y vínculos de nuestra red de interés, y calculamos la presencia de triángulos (o triadas abiertas) en estas redes, junto con la media y desviación estándar de estas estructuras, y calculamos un *Z-score* ( $Z$ ) para contrastar si su presencia es más habitual en nuestra red que en redes aleatorias. El *Z-score* se define de la siguiente forma:

$$Z = \frac{x_{original} - \mu_{aleatorio}}{\sigma_{aleatorio}}$$

Donde:

$x_{original}$ : es el número de triángulos (o triadas abiertas) en la red original.

$\mu_{aleatorio}$ : es la media del número de triángulos (o triadas abiertas) en redes aleatorias.

$\sigma_{aleatorio}$ : es la desviación estándar de triángulos (o triadas abiertas) en redes aleatorias.

La interpretación de lo anterior es que si el valor de  $Z$  es mayor a 0, el número de triángulos (o triadas abiertas) en la red es mayor al promedio en las redes aleatorias. Por otra parte, si  $Z$  es menor a 0 es indicativo de que el número de triángulos (triadas abiertas) en la red es menor al promedio de las redes aleatorias. La diferencia se considera estadísticamente significativa cuando  $Z$  es mayor a 2 en valor absoluto (Wasserman y Faust, 1994; Newman,

2010). Realizando estos procedimientos estamos en condiciones de contrastar la hipótesis H1a.

**Evaluación de hipótesis H1b.** Según esta hipótesis esperamos encontrarnos con poca colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva. Para su evaluación nos enfocaremos en el campo de estudio de la homofilia. La homofilia mide la propensión de los nodos a conectarse con otros que tengan características similares. Si, por ejemplo, consideramos ser residente o no en Uruguay como la característica de elección en el cálculo de la homofilia, podemos estimar la tendencia de los actores residentes a colaborar con otros actores residentes (homofilia positiva) o con no residentes (homofilia negativa). El índice EI de Krackhardt y Stern (1988) es ampliamente utilizado en la literatura para medir la homofilia, y su cálculo es el siguiente:

$$EI = \frac{E - I}{E + I}$$

*E = Número de vínculos entre grupos distintos (vínculos externos)*

*I = Número de vínculos entre actores del mismo grupo (vínculos internos)*

El índice toma valores en el intervalo [-1;1], siendo -1 la máxima homofilia, o sea la máxima tendencia a vincularse con actores del mismo grupo o categoría, y 1 la máxima heterofilia. En pos de contrastar nuestra hipótesis, calcularemos el índice EI con las dummy público-privada, residente-no residente y académico-productiva, lo que nos indicará si existe una propensión clara en nuestros propietarios a vincularse con propietarios de sus mismas características o al contrario.

## **Evaluación de hipótesis H2**

La segunda hipótesis propone que, en la red de propietarios de patentes de Uruguay, UDELAR y un reducido grupo de empresas privadas productivas destacan como los nodos de mayor centralidad, ocupando roles claves en el flujo de conocimiento. Para evaluarlo,

realizaremos un análisis de centralidad en los nodos. La centralidad mide la importancia relativa de los nodos en la red y es un concepto ampliamente estudiado en la literatura de análisis de redes. Tener un rol central en una red puede implicar ventajas sobre los demás nodos, como un mayor acceso y rapidez en flujos de conocimientos (Freeman, 1979). Existen múltiples indicadores para medir la centralidad, para este estudio nos enfocaremos en dos: el grado del nodo y su cercanía. La centralidad de grado se concentra en las conexiones inmediatas al nodo, mientras que la centralidad de cercanía se enfoca en medir cuán cerca está un nodo de todos sus nodos alcanzables (los nodos pertenecientes a su componente). La centralidad de cercanía de un nodo  $v$  se calcula de la siguiente forma:

$$Centralidad\ de\ cercanía(v) = \frac{n-1}{\sum_{u \neq v} d_{(u,v)}}$$

Siendo  $n$  el número total de nodos del componente al que pertenece el nodo  $v$  y  $d_{(u,v)}$  la distancia geodésica (distancia, medida en vínculos, del camino más corto que conecta dos nodos) entre los nodos  $u$  y  $v$ .

Calcularemos la centralidad de grado para todos los nodos de nuestra red, y la centralidad de cercanía únicamente de aquellos pertenecientes al primer componente, con la finalidad de evitar resultados potencialmente contraintuitivos, dado que los componentes de nuestra red seguramente variarán en tamaño. Estos análisis nos permitirán obtener información suficiente para identificar los nodos más centrales de la red y su importancia relativa dentro de ella.

Adicionalmente, evaluaremos cómo se distribuyen los nodos, además de con una métrica de centralidad (grado), según la cantidad de patentes que registra cada uno. Esto permite identificar a actores que pueden estar escasamente conectados (baja centralidad), pero

que son muy activos en cuanto a la generación de patentes, lo que complementa la interpretación del rol de los nodos en la red y en el sistema de innovación nacional.

A su vez, considerando el rol esperado de las universidades en este tipo de redes, y la relevancia de UDELAR en los centros académicos en Uruguay, realizaremos estudios adicionales enfocándonos en esta institución. Primero, respecto a su impacto en el grado medio de la red, compararemos el grado medio de la red incluyendo y excluyendo al nodo UDELAR en la red, y de forma separada observaremos el impacto de UDELAR dentro del grado medio de los nodos públicos, y la comparación respecto al grado medio de los nodos privados. En segundo lugar, en cuanto al impacto en las estructuras colaborativas, contrastaremos cómo cambia la presencia de estructuras de triángulos y triadas abiertas, estructuras relacionadas con la colaboración de propietarios, ante la eventual eliminación de UDELAR en la red. Para este análisis repetiremos la misma metodología explicada para la evaluación de la hipótesis H1a, utilizando redes aleatorias y calculando un *Z-score* para comparar resultados. Con estos enfoques metodológicos abordamos los distintos aspectos de la hipótesis H2, profundizando en el rol de la UDELAR y de otros nodos influyentes en la red.

### **Evaluación de hipótesis H3**

La tercera hipótesis se desglosa en tres puntos:

- *A lo largo del tiempo, la red aumenta su conectividad y se observa una moderación en la estructura scale free. (H3a)*
- *La colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva incrementa a lo largo del periodo. (H3b)*
- *El peso relativo de UDELAR disminuye con el tiempo, con el surgimiento de nuevos hubs tanto públicos como privados. (H3c)*

Para evaluar estas hipótesis, compararemos dos versiones de nuestra red de interés: una versión con información hasta el 2006 inclusive, previo al inicio del funcionamiento efectivo de la ANII, y una versión de la red para el periodo completo (con información de 1970 a 2018), que es la que ya estaremos analizando para la evaluación de las hipótesis 1 y 2. Esta comparación permite analizar las dinámicas de la red antes y después de este evento de interés. Este enfoque de utilizar dos versiones de una red, con un periodo previo a una fecha o evento y un periodo total o acumulativo, ha sido utilizado en la literatura previa para estudiar la evolución temporal de redes de patentes (Barbosa et al., 2024), asumiendo que las conexiones de colaboración entre actores tienden a perdurar en el tiempo, a la vez que surgen conexiones nuevas. La evaluación de las hipótesis H3a, H3b y H3c utiliza los mismos métodos descritos para el contraste de las hipótesis H1 y H2, aplicados a la red de periodo previo a ANII y a la red del periodo total.

**Evaluación de hipótesis H3a.** La evaluación en esta ocasión consta de una comparativa entre las métricas de conectividad de ambas versiones de red, enfocada en los nodos aislados y los componentes más grandes. A su vez, realizaremos el test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar si la versión de la red de periodo previo a ANII sigue una distribución de tipo *scale free*, y se contrastará a su vez con los resultados hallados para la versión de red del periodo total.

**Evaluación de hipótesis H3b.** El procedimiento se basa en calcular los índices EI para ambas redes, evaluando la presencia de homofilia ante características de los nodos como su carácter público o privado, residente o no residente y productivo o académico, y comparando si los resultados se mantienen o se detectan cambios significativos.

**Evaluación de hipótesis H3c.** Para contrastar la hipótesis H3c, reproduciremos los análisis de centralidad en los nodos para ambas versiones de la red, para observar el rol y

centralidad de UDELAR, y de otros nodos destacados. Posteriormente compararemos los resultados obtenidos para los distintos periodos.

En resumen, la metodología planteada propone un acercamiento integral al análisis de las características estructurales y dinámicas de colaboración de la red de propietarios de patentes de Uruguay en el periodo previo al comienzo de funciones de la ANII (entre 1970 y 2006) y en el periodo total (1970-2018).

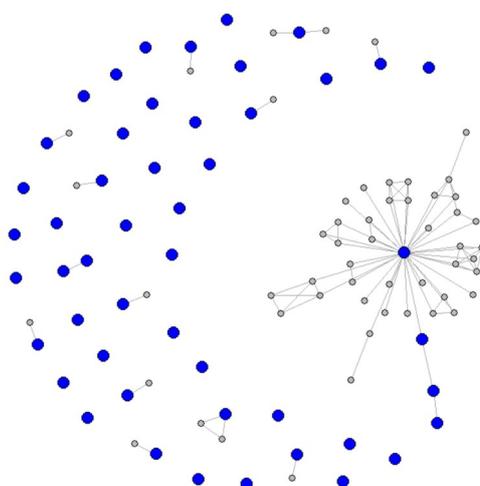
## 5. Resultados

Comenzamos con la construcción de nuestra red de interés. Como se detalla en las secciones anteriores, trabajamos con patentes que involucran al menos un actor residente en Uruguay, ya sea propietario o inventor y, con el fin de capturar las principales dinámicas de ocurren en la red y minimizar el ruido generado por actores con poca relevancia el sistema de innovación nacional, nos centramos en un subconjunto de propietarios que cumplen los siguientes criterios:

1. Propietarios que forman parte del primer componente de la red
2. Y/o propietarios con cinco o más patentes registradas durante el período analizado
3. Y/o los vecinos directos e indirectos (hasta segundo nivel) de los propietarios con cinco o más patentes registradas durante el período analizado

A partir de estas condiciones, construimos nuestra red de interés, la cual presenta 103 propietarios y 92 vínculos entre sí, representando las colaboraciones detectadas en el periodo entre 1970 y 2018.

**Figura 5.1: Red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2018**



Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI. Nota: se colorean en azul los propietarios con al menos 5 patentes en el periodo analizado.

El nodo central que se observa en el componente principal es UDELAR. Esto ya nos da un primer adelanto del rol que presenta esta institución en la conectividad dentro del sistema de innovación. A su vez, dentro de estos 103 propietarios identificamos que un 15% tienen un carácter público y 85% privado, un 13% académico y 87% productivo, y 14% es no residente, mientras que el 86% restante es residente en Uruguay.

## **Resultados Hipótesis H1**

**Resultados Hipótesis H1a. Conectividad de la red.** La hipótesis H1a plantea que la red se caracteriza por estar fragmentada y en efecto es lo que exhibe la red: de los 103 propietarios que la componen, 31 no establecen ni un solo vínculo, registrando así un porcentaje de nodos aislados en la red del 30%.

Respecto a la distribución observada en sus componentes, se encuentra un componente principal con 44 nodos, y posteriormente le siguen dos componentes de 3 nodos cada uno, once componentes de tamaño 2 y finalmente estos 31 propietarios aislados. Con esta información podemos considerar al componente principal de la red como un componente gigante, dado su tamaño considerando la cantidad de nodos totales en la red, las conexiones que concentra y el tamaño de los componentes secundarios (casi 15 veces más pequeños). La proporción de los nodos del componente principal respecto a la totalidad de la red no es trivial: en el estudio de Jackson (2008) se destaca cómo en muchas redes reales, como redes biológicas y de interacciones sociales, la presencia de un componente gigante es un rasgo característico, y esta estructura facilita la conexión y difusión dentro de este grupo.

**Cuadro 5.1: Distribución de componentes de la red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2018**

Tamaño del componente	44	3	2	1
Cantidad de componentes	1	2	11	31

Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI. Nota: el tamaño del componente indica cuántos nodos lo conforman, y la cantidad de componentes representa el número de veces que se observa un componente de las dimensiones mencionadas en la red.

Este nivel de fragmentación también es observable cuando construimos la red con todos los registros de patentes asociados a al menos un actor residente, y de hecho es más prominente: para la red con información de todas las patentes con al menos un actor residente, el componente principal representa un 1.55% de la totalidad nodos en la red, y como adelantamos en la sección de datos, el 80% de los nodos se encuentran aislados.

Estructura de la red. La segunda parte de la hipótesis H1a establece que la red presenta una estructura de tipo *scale free*, y una tendencia significativa hacia la formación de *clusters*, con una presencia de triángulos y estructuras de tríada abierta superiores a lo esperado en estructuras aleatorias. La estructura *scale free* se caracteriza por una distribución de grado que sigue una ley de potencia: implica que unos pocos nodos, denominados *hubs*, presentan muchas conexiones, y en oposición, el resto de la red presenta pocos vínculos. Para contrastarlo, realizamos un test de Kolmogorov-Smirnov (KS), calculando previamente la distribución de grados en la red, y ajustando un modelo de ley de potencia. Utilizamos un procedimiento de *bootstrap* para validar este ajuste.

Los resultados del ajuste revelan un valor en el parámetro  $\alpha$  de 1.985, muy próximo a valores esperados en redes *scale free*, en general mayores a 2, más el p valor del test KS es de 0.002, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula de que la estructura de nuestra red se ajusta significativamente a una estructura *scale free*. A pesar que la distribución de grados presenta

características que se aproximan a lo esperado en una ley de potencia, no podemos afirmar estadísticamente que la red presenta una estructura *scale free*.

Este resultado puede explicarse por la influencia de los componentes de la red más allá del componente principal, que a pesar de su pequeño tamaño, logran impactar en la estructura global de la red. A su vez, este resultado también puede deberse a los tipos de conexiones presentes en el componente principal, reflejando un cierto nivel de complejidad.

A continuación evaluamos si la presencia de triángulos y triadas abiertas en la red es superior a lo esperado en redes aleatorias. Esto nos permite comprender más de la cohesión y tendencias a *clusters* en nuestra red. Siguiendo la metodología detallada anteriormente, los resultados son los siguientes:

- La red presenta 52 triángulos y el *Z-score* toma un valor de 50.8, indicando una presencia mayor de esta estructura en la red que en redes aleatorias de forma significativa, lo que se encuentra alienado a lo esperado en la literatura, y es un indicativo de altos niveles de cohesión por lo menos en pequeños grupos en la red.
- Por otra parte, se detectan 651 triadas abiertas y en esta ocasión el *Z-score* alcanza un valor de 13.6, indicando que la presencia de esta estructura también es significativamente mayor a lo esperado en redes aleatorias. En el 97% de las triadas abiertas registradas, el propietario que actúa como conector o intermediario entre los otros nodos es UDELAR, y en otras seis oportunidades el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Estos resultados muestran la importancia que tiene UDELAR en la conectividad de la red, y también el potencial de conexión que aún presenta la red.

Dada esta evidencia, confirmamos parcialmente nuestra hipótesis inicial: por una parte, la red de propietarios de patentes de Uruguay para el periodo 1970 a 2018

efectivamente presenta un nivel de conectividad bajo, y una tendencia a la formación de triángulos y triadas abiertas superior a lo esperado; por otro lado, se rechaza la hipótesis de que la estructura de la red se ajusta estadísticamente a la de una estructura de red *scale free*.

**Resultados Hipótesis H1b.** A continuación presentamos los resultados del análisis de homofilia de la red. En nuestra hipótesis H1b esperamos poca colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva. Para contrastarlo, utilizamos el índice EI de Krackhardt y Stern.

Evaluación de homofilia público-privada. El resultado del índice EI para la característica público-privada es de -0.24, con 57 vínculos entre actores del mismo grupo y 35 vínculos de heterofilia. Este valor indica una tendencia a la homofilia, en este contexto, una preferencia por vincularse actores públicos con otros actores públicos, y actores privados con otros actores privados.

Evaluación de homofilia académico-productiva. En cuanto la característica académico-productiva, el índice alcanza un resultado de -0.37, con 63 vínculos entre actores del mismo grupo y 29 vínculos de heterofilia. El resultado también refleja una tendencia a la homofilia, mayor al caso anterior, con una preferencia de los actores productivos por colaborar con otros actores productivos, y de los actores académicos con otros actores académicos.

Evaluación de homofilia residente-no residente. Respecto a la evaluación de homofilia de la característica residente-no residente, el índice EI toma el valor -0.63, con 75 vínculos entre actores del mismo grupo y 17 vínculos de heterofilia, evidenciándose, una vez más una propensión a la homofilia, reflejo de una limitada interacción transnacional en la red.

En suma, los resultados reflejan una tendencia hacia la homofilia en todas las características analizadas, una propensión a la colaboración entre actores con características similares. Una tendencia a la homofilia en este contexto puede interpretarse como una

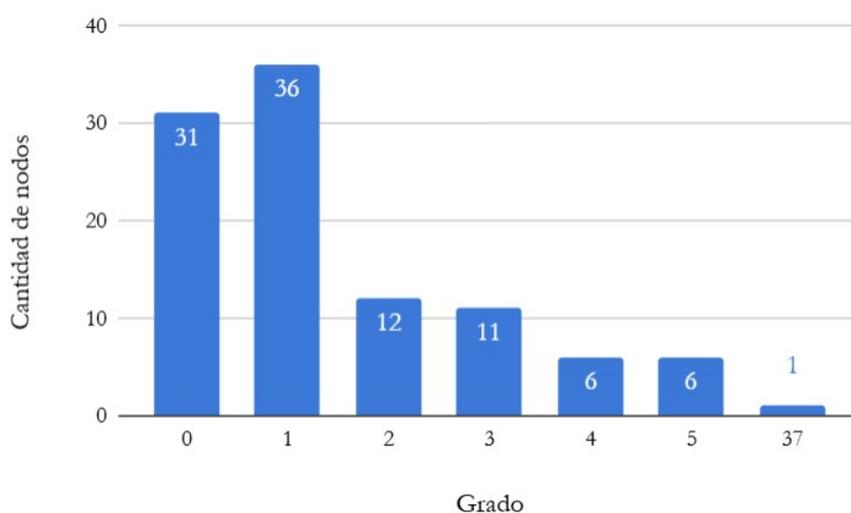
debilidad del sistema de innovación, dada la importancia que tiene la presencia de la diversidad en los procesos de innovación. Concluyendo, en base a estos resultados confirmamos nuestra hipótesis de que la red presenta poca colaboración entre actores con características distintas.

## Resultados Hipótesis H2

La hipótesis H2 establece que en la red de propietarios de patentes de Uruguay, UDELAR y un reducido grupo de empresas privadas productivas destacan como los nodos de mayor centralidad, ocupando roles claves en el flujo de conocimiento.

Resultados de Centralidad por grado. A continuación (Figura 5.2), presentamos la distribución de los nodos según su grado:

**Figura 5.2: Distribución de grado de los nodos de la red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2018**



Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI.

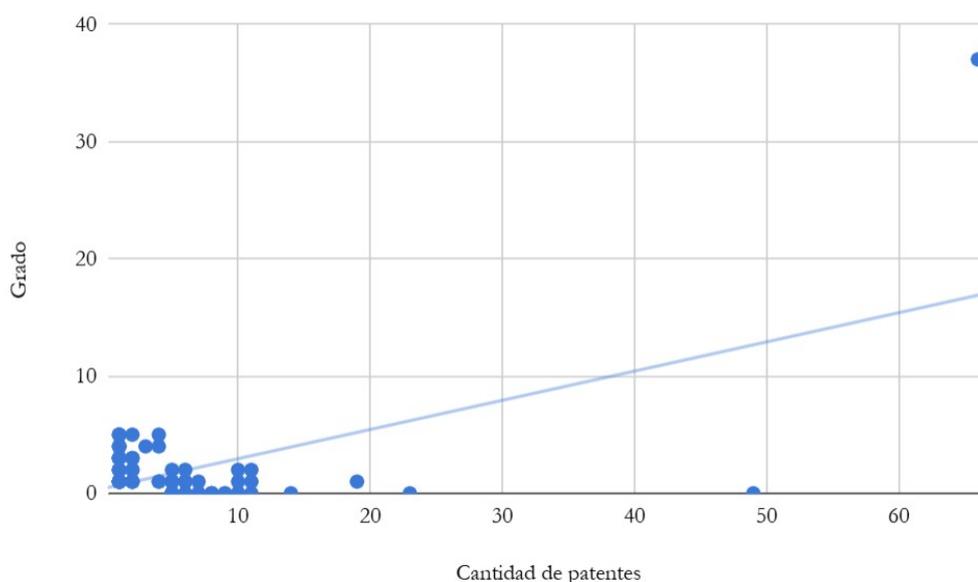
El resultado más significativo tras calcular el grado de todos los nodos de la red, es que UDELAR destaca con un grado de valor 37, muy por encima del resto y el grado medio de la red, que es de 1.79. Este valor denota gran centralidad de UDELAR, considerando que la red está compuesta por 103 propietarios y un 30% están aislados. Los nodos que le siguen

en mayor grado tienen un valor de 5, entre los que se encuentra el INIA, y también se hallan propietarios particulares (privados y productivos), entre otros.

Resultados de Centralidad por cercanía. Evaluando los resultados de centralidad por cercanía, nuevamente UDELAR lidera la centralidad, con un valor de 0.86. Los nodos que le siguen en este valor presentan una centralidad por cercanía de 0.49, y entre ellos se halla nuevamente el INIA, el LATU y un actor particular (no identificado bajo una empresa u organización). A su vez, la centralidad por cercanía promedio del componente principal de la red es de 0.47.

Resultados de Centralidad y número de Patentes registradas. Resulta interesante observar la relación entre la centralidad de los nodos y la cantidad de patentes que han registrado. Como se observa en la Figura 5.3, existe una correlación positiva entre ambas variables. Analizando los cinco propietarios con mayor número de patentes, hallamos que todos los actores de este grupo son nacionales y empresas u organizaciones. En primer lugar se encuentra UDELAR liderando con 66 patentes y un grado de 37, máximo nivel de patentes y grado registrado en nuestra red de interés. Los restantes nodos son empresas privadas y productivas, destacándose en la cantidad de patentes la empresa Aluminios del Uruguay, con 49 patentes. A diferencia de lo que se observa en UDELAR, un nodo con un alto nivel de patentes y de grado en la red, de estos cuatro actores privados, tres son nodos aislados y el restante tiene un grado de valor igual a 1.

**Figura 5.3: Distribución de grado y nivel de patentamiento de los nodos de la red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2018**

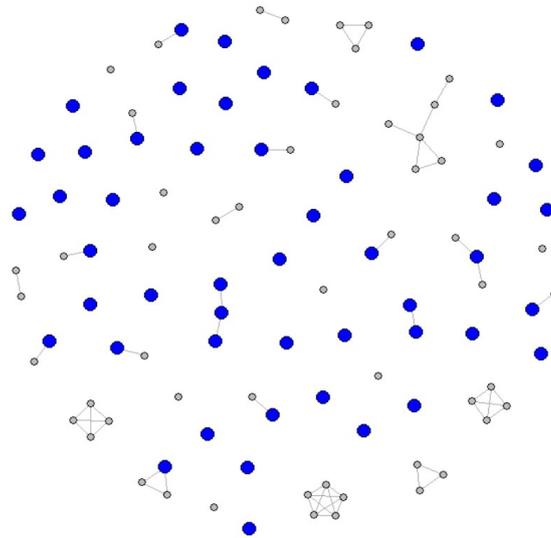


Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI. Nota: los puntos de la figura representan a los nodos de la red.

Los anteriores resultados refuerzan la idea de que la UDELAR actúa como el nodo más central en la red, lo que se traduce en una posición estratégica dentro del sistema de innovación nacional.

Resultados del impacto de la presencia de UDELAR. A continuación, se presenta una reconstrucción de la red de propietarios de patentes en Uruguay en el periodo 1970-2018 excluyendo al nodo de UDELAR. Esto permite simular cómo son las conexiones entre actores del sistema en ausencia del nodo más central (UDELAR).

**Figura 5.4: Red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2018  
excluyendo al nodo UDELAR**



Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI. Nota: se colorean en azul los propietarios con al menos 5 patentes en el periodo analizado.

En esta versión, la red presenta 102 nodos y 55 vínculos. Lo primero que se puede observar es la fragmentación de la red: al eliminar a UDELAR, el componente gigante se divide en muchos otros componentes de menor tamaño. Realizamos también una comparación del grado medio de la red con y sin la presencia de UDELAR, y los resultados son los siguientes:

- Con UDELAR: el grado medio de la red es 1.79.
- Sin UDELAR: el grado medio de la red disminuye a 1.08.

A su vez, observamos la centralidad por grado en los nodos privados y públicos.

Presentamos a continuación los valores obtenidos:

- Grado medio de nodos privados con UDELAR: 1.28.
- Grado medio de nodos públicos con UDELAR: 4.73.
- Grado medio de los nodos privados sin UDELAR: 1.

- Grado medio de nodos públicos sin UDELAR: 1.57. El grado medio de los nodos públicos disminuye significativamente al eliminar a UDELAR de la red, aunque continúa superando el valor de los nodos privados.

Finalmente, realizamos un análisis respecto al impacto de UDELAR en las estructuras colaborativas de la red, evaluando la presencia de triadas abiertas y triángulos y si su presencia es superior a lo esperado en redes aleatorias, ahora con esta red que excluye al nodo de UDELAR. Los resultados del análisis son:

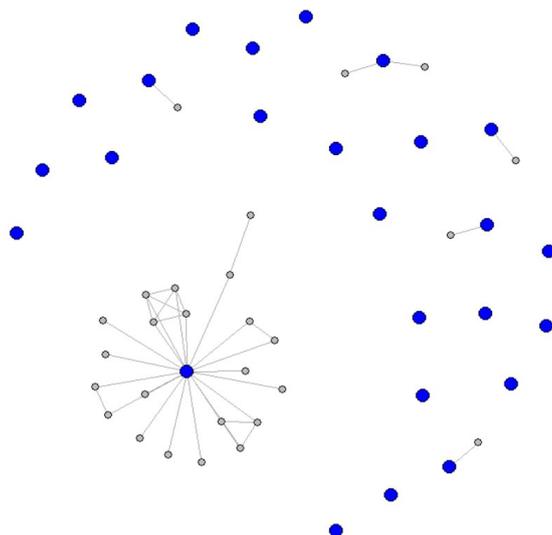
- En cuanto a triángulos, en esta versión de la red se hallan 22 triángulos y el *Z-score* toma un valor de 50.72, indicando también en este formato que los triángulos tienen una presencia superior a lo esperado.
- Respecto a las triadas abiertas, se hallan 8 triadas abiertas y con *Z-score* de -2.92, lo que determina que la red tiene una presencia de triadas abiertas menor a lo esperado, en comparación a redes aleatorias.

Es decir, en ausencia de la UDELAR, la red sigue manteniendo la propensión a formar estructuras cohesionadas (*clusters*), pero deja de tener relevancia la formación de triadas abiertas donde un nodo ejerce como intermediario. En consideración de lo anterior, entendemos que se confirma nuestra hipótesis H2, principalmente en lo que respecta al rol central de UDELAR. Vemos también empresas privadas destacadas, pero su importancia está asociada a su nivel de patentamiento y no tanto por su centralidad en la red.

### **Resultados Hipótesis H3**

Para analizar la evolución de la red y evaluar lo planteado en la hipótesis H3, además de continuar trabajando con la versión de la red para el periodo total, construimos y analizamos la red de colaboración en el periodo previo a ANII (1970 hasta 2006), representada en la Figura 5.5.

**Figura 5.5: Red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2006**



Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI. Nota: se colorean en azul los propietarios con al menos 5 patentes en el periodo analizado.

Esta versión de la red presenta 52 nodos y 38 vínculos, en contraste a los 103 nodos y 92 vínculos observados en la red para el periodo completo. En cuanto a la composición de sus nodos según sus características, se observa un 13% de participación de nodos públicos y 87% privados, 10% académicos y 90% productivos, y 12% no residentes y 88% residentes. Como se detalla en el Cuadro 5.2, estas proporciones particularmente no son muy diferentes de las que se observan en la red del periodo completo.

**Cuadro 5.2: Comparativa de principales resultados de la red de propietarios de patentes de Uruguay para periodo 1970-2006 y 1970-2018**

	Periodo previo a ANII	Periodo Total
Patentes	221	474
Propietarios	52	103
Vínculos	38	92
Nodos aislados	19	31
Proporción de nodos aislados	36.54%	30.10%
Grado medio de la red	1.46	1.79
Grado medio del componente gigante	2.91	3.45
Nodos del componente gigante	22	44
Proporción de nodos del componente gigante	9.95%	9.28%
P-valor de Test KS	0.162	0.002
Proporción nodos públicos	13%	15%
Proporción nodos privados	87%	85%
Proporción nodos académicos	10%	13%
Proporción nodos productivos	90%	87%
Proporción nodos residentes	88%	86%
Proporción nodos no residentes	12%	14%
EI público-privado	-0.05	-0.24
EI productivo-académico	-0.05	-0.37
EI residentes-no residentes	-0.73	-0.63
Grado medio de UDELAR	20	37
Centralidad por cercanía de UDELAR	0.95	0.86

Fuente: elaboración propia a partir de datos de DNPI.

**Resultados Hipótesis H3a.** A continuación, avanzamos con los resultados vinculados a la evaluación de los niveles de conectividad y la estructura de la red del periodo previo a la ANII. Respecto a la conectividad, en esta versión encontramos que un 37% de los nodos (19 nodos) están aislados, lo que representa un porcentaje superior a lo registrado en la red con el periodo completo, que se sitúa en un 30%. A su vez, la distribución de los componentes en esta versión previa a ANII es la siguiente: un componente principal que acumula 22 nodos, un componente de tamaño 3, cuatro componentes de tamaño 2 y 19 nodos aislados.

En cuanto a la evaluación de si la red presenta una estructura de tipo *scale free*, se realiza el test KS y los resultados muestran un parámetro  $\alpha$  de 2.11 y un p-valor de 0.162. Dado este último valor, no podemos rechazar la hipótesis nula del test, lo que indica que no rechazamos que esta versión de la red siga una estructura de tipo *scale free*. Esto representa la

principal diferencia respecto a los resultados obtenidos para la red de periodo completo. Ante este resultado comprendemos que la red para el periodo total presenta una distribución de grado en sus nodos más homogénea que la del periodo previo a ANII. A su vez, la red en el periodo completo no solo no aumenta su proporción de nodos aislados, sino que la disminuye en 7 puntos porcentuales. Esto se puede interpretar como un desarrollo en la conectividad de la red y sus conexiones: una red más conectada pero a la vez, menos dependiente de sus nodos principales, confirmando lo planteado en nuestra hipótesis H3a.

**Resultados Hipótesis H3b.** Para evaluar el nivel de colaboración público-privada, residente-no residente y académico-productiva de esta versión de la red y posteriormente compararlo con lo hallado para el periodo completo, avanzamos calculando los índices EI para la red del periodo previo a ANII (véase el Cuadro 5.2).

Evaluación de homofilia público-privada. El resultado del índice EI para la característica público-privada es negativo pero muy cercano a 0, con 20 vínculos entre actores del mismo grupo y 18 vínculos de heterofilia. Este valor no nos permite afirmar una preferencia por vincularse entre actores similares en la red, como sí ocurre cuando vemos del periodo completo, donde este valor se posiciona en -0.24.

Evaluación de homofilia académico-productiva. El resultado de la homofilia para esta característica coincide con el punto anterior, mientras que, para la red completa, el índice de homofilia académico-productiva es de -0.37. Es decir, para el periodo que comienza a partir de 2007, la red experimenta una tendencia clara a la homofilia en las conexiones según el carácter académico o productivo de los actores.

Evaluación de homofilia residente-no residente. Respecto a la evaluación de homofilia de la característica residente-no residente, el índice EI toma el valor -0.73, con 33 vínculos entre actores del mismo grupo y 5 vínculos de heterofilia.

En base a lo anterior, observamos que la hipótesis H3b no se confirma. A diferencia de los resultados vinculados a la homofilia de la red para el periodo total, cuando analizamos la versión de la red con información hasta 2006, no se observa una homofilia marcada para las características de público-privado y académico-productivo. Sí se observa hasta una situación más aguda de homofilia en este periodo previo a ANII en la característica vinculada a la residencia del propietario que cuando lo evaluamos en la red del periodo total, más en ambos periodos el resultado denota una homofilia marcada.

**Resultados Hipótesis H3c.** Reiterando los análisis de centralidad para la red del periodo previo a ANII lo que encontramos es, nuevamente, a la UDELAR como nodo destacado en centralidad, con un total de 20 conexiones. El peso relativo de la UDELAR en la red es muy significativo, considerando que los siguientes nodos con mayor grado presentan 4 conexiones cada uno, y que la centralidad por cercanía de la UDELAR es aún mayor a la evidenciada en el periodo total, llegando al valor de 0.95.

La red en su versión de periodo previo a ANII tiene un grado medio de 1.46, que baja a 0.71 si omitimos al nodo de UDELAR. Respecto al grado medio observado en públicos y privados, tenemos que el grado medio de los nodos privados con UDELAR es de 1.07 y sin UDELAR de 0.50, y el de los nodos públicos de 4 con la UDELAR y de 0.73 si se excluye a la UDELAR de la red.

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian una red fragmentada pero con un componente principal de gran relevancia, que presenta a UDELAR como nodo clave, cuya centralidad y conectividad destaca del resto, tanto en el periodo previo como posterior a la ANII. No obstante, la red del periodo previo a ANII parece mostrar una mayor dependencia de UDELAR en su estructura, confirmando así la hipótesis H3c.

## 6. Conclusiones y consideraciones finales

Este estudio analizó las dinámicas y la estructura de la red de propietarios de patentes en Uruguay para el periodo 1970 a 2018 en distintos niveles: a nivel de la red (haciendo foco en la cohesión, estructura y homofilia), a nivel de los nodos o actores (respecto a su centralidad y roles dentro del sistema) y en su evolución temporal. En los resultados nos encontramos con una red fragmentada, que presenta un porcentaje significativo de nodos aislados y al mismo tiempo un componente principal que puede considerarse como un componente gigante, dado su tamaño en comparación a los componentes secundarios y el resto de la red.

Dentro de esta estructura hallamos nodos importantes con roles diferenciados: vemos a algunas instituciones nacionales públicas, entre las que destaca la UDELAR, con grandes aportes principalmente en la conectividad de la red. Por otra parte, encontramos también empresas privadas productivas, cuya mayor importancia yace en su alto nivel de patentamiento. Estos últimos actores no suelen destacar por su centralidad, y de hecho la mayoría se encuentran aislados. Esto representa un desafío para el sistema de innovación uruguayo: hay actores que concentran mucho conocimiento y generan muchas patentes, pero no se vinculan con el resto de la red. Un nivel de conectividad bajo, en un contexto de sistemas de innovación, refleja una limitación frente al potencial de colaboración de la red y por ende la difusión de ideas, conceptos comprendidos como motores para el crecimiento económico en varios estudios (Mowery y Rosenberg, 1999; Chesbrough, 2003).

A su vez, encontramos otro desafío en los resultados respecto a la marcada homofilia de los nodos. En todos los periodos analizados, se observa una baja propensión a la colaboración transnacional. A su vez, en las últimas décadas, la tendencia a la colaboración

público-privada y académico-productiva ha evolucionado desde un estado relativamente neutral (en el periodo hasta 2006) hacia una clara homofilia. El intercambio de conocimiento proveniente entre actores diversos se constituye como un factor clave para potenciar la creatividad e innovación (Abramo et al., 2012; Gómez-Valenzuela y Bolívar-Ramos, 2012).

Respecto a las contribuciones al área de estudio, los resultados presentan oportunidades de mejora para el fortalecimiento y desarrollo del sistema de innovación de Uruguay. Lo principal en el sistema actual, para crear un entorno más propicio para la innovación, está en generar estrategias a través de políticas que conecten a actores hoy desconectados en esta red, y potenciar los vínculos entre propietarios de distintos perfiles. Un paso previo y menos radical que pensar en cómo generar nuevos conocimientos, puede ser el pensar cómo aprovechar mejor el conocimiento disponible en la red y que hoy presenta un alcance corto. Por otra parte, el trabajo también permite identificar puntos destacables como es el rol de UDELAR en la red, su importancia en conectividad y nivel de patentamiento.

Asimismo, es importante reconocer en esta sección limitaciones u oportunidades de próximas investigaciones de esta temática que no se abordaron en este trabajo. Esta investigación no incluyó análisis diferenciales por la categorización tecnológica de las patentes, lo que podría aportar información valiosa respecto a las distintas dinámicas que hay para diferentes áreas de tecnología. Un análisis de este tipo podría por ejemplo ayudar a comprender qué sectores necesitan mayor atención para desarrollar su potencial, e identificar casos de éxito o fortalezas a tener en cuenta para nuevas estrategias.

Otra limitación o punto interesante para futuras investigaciones, está en que este estudio optó por tomar un enfoque principalmente descriptivo en cuanto al análisis de evolución temporal, y no evalúa la causalidad entre el comienzo de las funciones de la ANII y

los cambios en la conectividad, estructura y dinámica de la red en su periodo previo y acumulado.

A su vez, es importante recordar que el análisis de este trabajo se basa en una red de propietarios de patente, una representación parcial del sistema nacional de innovación que no abarca a todas las formas de innovación del país. Las patentes son indicadores imperfectos de la innovación, solo se patentan una parte de las innovaciones y existen patentes que al final no se llevan a la práctica, por lo que no se consagran como innovaciones (Cohen et al., 2000). No obstante, este acercamiento se mantiene como una herramienta valiosa para comprender más de la estructura y dinámica de los actores involucrados en la producción de conocimiento y su difusión en el país.

En conclusión, el estudio brinda una visión integral del sistema de propietarios de patentes como forma de aproximarse al sistema de innovación en Uruguay, resaltando desafíos y fortalezas. Entender las dinámicas de colaboración en redes de innovación es clave para potenciar y fomentar formas de innovación más efectivas y con impactos significativos. Los resultados a su vez sientan bases para nuevas investigaciones, con oportunidades de generar más recomendaciones en materia de políticas públicas, con la finalidad de fortalecer y potenciar el flujo de conocimientos dentro de nuestro sistema.

## Referencias

- Abramo, G., D'Angelo, C. A., Di Costa, F., & Solazzi, M. (2012). University-industry collaboration in Italy: A bibliometric examination. *Scientometrics*, 89(3), 929-941.
- Andersson, D. E., Galaso, P., & Sáiz, P. (2019). Patent collaboration networks in Sweden and Spain during the Second Industrial Revolution. *Industry and Innovation*, 26(9), 1075-1102.
- Arellano-Rojas, P., Calisto-Breiding, C., & Peña-Pallauta, P. (2022). Evaluación de la investigación científica: Mejorando las políticas científicas en Latinoamérica. *Revista Española de Documentación Científica*, 45(3), e336.
- Barabási, A.-L. (2009). Scale-free networks: A decade and beyond. *Science*, 325(5939), 412-413.
- Barnes, J. A. (1954). Class and committees in a Norwegian island parish. *Human Relations*, 7, 39-58.
- Barbosa, S., Sáiz, P., & Zofio, J. L. (2024). The emergence and historical evolution of innovation networks: On the factors promoting and hampering patent collaboration in technological lagging economies. *Research Policy*, 53(5), 104990.
- Bianchi, C., Galaso, P., Palomeque, S., Picasso, S., & Rodríguez Miranda, A. (2023). Innovación en Uruguay entre 1970 y 2018: una aproximación a través de los datos de patentes. *Revista Española de Documentación Científica*, 46(3), e364.
- Bianchi, C., & Guarga, R. (2018). Ciencia, tecnología, innovación y desarrollo: El papel de las universidades en América Latina. En R. Guarga (Coord.), *A cien años de la reforma*

- universitaria de Córdoba. Hacia un nuevo manifiesto de la educación superior latinoamericana* (pp. 87-114). IESALC-UNESCO, UNC.
- Breschi, S., & Lenzi, C. (2016). Co-invention networks and inventive productivity in US cities. *Journal of Urban Economics*, 92, 66-75.
- Breschi, S., & Lissoni, F. (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975-1005.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2016). Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: La situación de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40530-ciencia-tecnologia-innovacion-la-economia-digital-la-situacion-america-latina>
- Chesbrough, H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Clauset, A., Shalizi, C. R., & Newman, M. (2007). Power-law distributions in empirical data. *SIAM Review*, 51(4), 661-703.
- Cohen, W. M., Nelson, R. R., & Walsh, J. P. (2000). Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not). *NBER Working Paper 7552*. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Crespi, G., & Zúñiga, P. (2012). Innovation and productivity: Evidence from six Latin American countries. *World Development*, 40(2), 273-290.
- Eisenhardt, K. M., & Schoonhoven, C. B. (1996). Resource-based view of strategic alliance formation: Strategic and social effects in entrepreneurial firms. *Organization Science*, 7(2), 136–150.
- Erdős, P., & Rényi, A. (1959). On random graphs. I. *Publicationes Mathematicae*, 6, 290–297.

- Fleming, L., King, C., & Juda, A. (2007). Small worlds and regional innovation. *Organization Science*, 18(6), 938–954.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in social networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239.
- Freeman, C. (1991). Networks of innovators: A synthesis of research issues. *Research Policy*, 20(5), 499–514.
- Galaso, P., & Kovářík, J. (2021). Collaboration networks, geography and innovation: Local and national embeddedness. *Papers in Regional Science*, 100(2), 349–377.
- Gómez-Valenzuela, V., & Bolívar-Ramos, M. T. (2012). La generación de innovación a través de la colaboración público-privada. *Revista Española de Cardiología*, 65(9), 835–842.
- Goyal, S., van der Leij, M. J., & Moraga-González, J. L. (2006). Strength of weak ties in innovation networks. *Research Policy*, 35(4), 545–560.
- Graf, H. (2018). Regional innovator networks: A review and an application with R. *Jena Economic Research Papers*, No. 2017-016, Friedrich Schiller University Jena, Jena.
- Graf, H., & Henning, T. (2009). Public research in regional networks of innovators: A comparative study of four East-German regions. *Regional Studies*, 43(10), 1349–1368.
- Hagedoorn, J. (1993). Understanding the rationale of strategic technology partnering: Inter-organizational modes of cooperation and sectoral differences. *Strategic Management Journal*, 14, 371–385.
- Hall, B. H., & Helmers, C. (2009). The role of patent protection in (clean/green) technology transfer. *Santa Clara High Tech. L.J.*, 26, 487.
- Henderson, R. M., & Cockburn, I. (1994). Measuring competence? Exploring firm effects in pharmaceutical research. *Strategic Management Journal*, 15, 63–84. Special Issue: Competitive Organizational Behavior (Winter, 1994).

- Intarakumnerd, P., Chairatana, P., & Tangchitpiboon, T. (2002). National innovation system in less successful developing countries: The case of Thailand. *Research Policy*, 31(8–9), 1445–1457.
- Jackson, M. O. (2008). *Social and economic networks*. Princeton University Press.
- Kogut, B. (1989). The stability of joint ventures: Reciprocity and competitive rivalry. *Journal of Industrial Economics*, 38(2), 183–198.
- Lundvall, B. A. (1985). *Product innovation and user-producer interaction* [Industrial Development Research Series, 31]. Aalborg University Press.
- Lundvall, B. A. (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Printer Publishers.
- Lundvall, B. A., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2), 213–231.
- Mazzoleni, R., & Nelson, R. R. (2007). Public research institutions and economic catch-up. *Research Policy*, 36(10), 1512–1528.
- McPherson, M., Smith-Lovin, L., & Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27, 415–444.
- Mowery, D. C., Oxley, J. E., & Silverman, B. S. (1998). Technology overlap and interfirm cooperation: Implications for the resource-based view of the firm. *Research Policy*, 27(5), 507–523.
- Mowery, D. C., & Rosenberg, N. (1999). *Innovation and growth: From R&D strategies of innovating firms to economic growth*. Oxford University Press.
- Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 404–409.
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: An introduction*. Oxford University Press.

- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2019). *World Intellectual Property Report 2019: The geography of innovation: Local hotspots, global networks*. World Intellectual Property Organization. Disponible en: <https://www.wipo.int/wipr/en/2019/index.html>.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2021). *Global Innovation Index 2021 (14.ª edición)*. Disponible en: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2021.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf).
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2022). *Clasificación Internacional de Patentes (IPC)*. Disponible en: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo-pub-rn2022-7-es-international-patent-classification-ipc.pdf>.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2025). *Patentes*. OMPI. Disponible en: <https://www.wipo.int/es/web/patents/> (Consultado el 11 de febrero de 2025).
- Owen-Smith, J., & Powell, W. W. (2004). Knowledge networks as channels and conduits: The effects of spillovers in the Boston biotechnology community. *Organization Science*, 15(1), 5–21.
- Portal Prisma. (2022). *Portal de datos de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay*. ANII. Disponible en: <https://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/informe-financiero-anual-2022-vf-20220803.pdf>.
- Powell, W. W. (1990). Neither market nor hierarchy: Network forms of organization. *Research in Organizational Behavior*, 12, 295–336.
- Powell, W. W., Koput, K. W., & Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 41(1), 116–145.

- Powell, W. W., White, D. R., Koput, K. W., & Owen-Smith, J. (2005). Network dynamics and field evolution: The growth of interorganizational collaboration in the life sciences. *American Journal of Sociology*, *110*(4), 901–975.
- Rosenkopf, L., & Schilling, M. A. (2008). Comparing alliance network structure across industries: Observations and explanations. *Strategic Entrepreneurship Journal*, *1*(3–4), 191–209.
- Schilling, M. A., & Phelps, C. C. (2007). Interfirm collaboration networks: The impact of large-scale network structure on firm innovation. *Management Science*, *53*, 1113–1126.
- Teece, D. J. (1992). Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *18*, 1–25.
- Uzzi, B., & Spiro, J. (2005). Collaboration and creativity: The small world problem. *American Journal of Sociology*, *111*(2), 447–504.
- Vasen, F., & Sierra Pereiro, M. (2022). “The hardest task”—Peer review and the evaluation of technological activities. *Minerva*, *60*(3), 375–395.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.