

*Sánchez, Marisa Analía; Schmidt, María Alicia; Obiol, Lucrecia  
Claudia*

## REDES DE COAUTORÍAS Y PATRONES DE COLABORACIÓN INSTITUCIONAL: ANÁLISIS DE UN CASO EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA

---

Memorias

2016, vol. 14, no. 26, pp. 01-33

*Sánchez, M.A, Schmidt, M. A., Obiol, L. C. (2016). Redes de  
coautorías y patrones de colaboración institucional: análisis de un  
caso en el campo de la ingeniería. Memorias. En RIDCA. Disponible  
en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4656>*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Argentina  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/>

## Redes de coautorías y patrones de colaboración institucional: análisis de un caso en el campo de la ingeniería

\*Marisa Analía Sánchez, \*\*María Alicia Schmidt, \*\*\*Lucrecia Claudia Obiol

\* Doctora en Ciencias de la Computación. Profesora Asociada, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. **Correo electrónico:** mas@uns.edu.ar

\*\* Doctora (c) en Ciencias de la Administración. Asistente de Docencia, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. **Correo electrónico:** alicia.schmidt@uns.edu.ar

\*\*\* Magíster en Ciencias de la Administración. Profesora Asociada, Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. **Correo electrónico:** lucrecia.obiol@uns.edu.ar

**Recibido:** 4 de marzo de 2016.

**Aprobado:** 19 de julio de 2016.

**Cómo citar este artículo:** Sánchez, M. A., Schmidt, M. A. y Obiol, L. C. (2016). Redes de coautorías y patrones de colaboración institucional: análisis de un caso en el campo de la ingeniería. *Memorias*, 14(26), xx-xx. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/me.v14i26.1553>

### Resumen

**Introducción:** El objetivo del trabajo es efectuar un análisis descriptivo de la colaboración científica en base al análisis de coautorías y la difusión de conocimiento a través de las citas obtenidas por una publicación. Se considera el caso de una universidad nacional en el campo de la ingeniería eléctrica. **Metodología:** La metodología se basa en el análisis de redes de coautorías en términos de relaciones entre la academia, el sector productivo y el gobierno; las instituciones involucradas, y el alcance geográfico. Asimismo, se realiza un análisis estadístico de los datos y se calculan indicadores del modelo de la Triple Hélice. **Resultados:** Los resultados reflejan que los vínculos entre las instituciones académicas, el gobierno y el sector productivo resultan aún débiles. Por otro lado, la relación bilateral academia y gobierno denota gran colaboración. El alto porcentaje de publicaciones en coautoría con investigadores que registran afiliaciones en diferentes países indica que la proximidad de los autores no restringe la posibilidad de colaboración. Finalmente, se observa una notable difusión internacional de los trabajos. **Conclusiones:** Los aportes del presente trabajo constituyen una primera exploración sobre la colaboración científica, para el cual en futuras líneas

de estudio se propone enriquecer el análisis utilizando otras fuentes de datos, y extenderlo a otros departamentos académicos.

**Palabras clave:** análisis de redes de coautorías, colaboración científica, difusión del conocimiento, modelo de la Triple Hélice.

## Introducción

El conocimiento constituye un recurso crucial en las organizaciones y los procesos de difusión y recombinación pueden estar afectados por numerosos factores, e.g. la utilización de nuevas tecnologías, las transformaciones de los contextos productivos globalizados, los nuevos requerimientos institucionales (Zawislak & Dalmarco, 2011). En particular, las universidades y los institutos científicos cumplen un papel fundamental en la transmisión y difusión de conocimiento (Bueno, 2007). La corriente de pensamiento conocida como Tercera Misión de la universidad destaca el papel de la universidad como agente de transferencia del conocimiento que atesora con el fin de desarrollar su capacidad potencial de innovación, de emprendimiento y de compromiso social. La propuesta se construye sobre tres misiones fundamentales de la universidad: educación superior, investigación e innovación. En particular, las implicancias para la investigación se traducen en un proceso de investigación y desarrollo en colaboración con los otros agentes del sistema tales como el gobierno y el sector productivo. El solapamiento de las comunicaciones entre estos sectores puede desarrollar sinergias que fortalecen la difusión de la información y el conocimiento. Las relaciones entre la universidad, el gobierno y el sector productivo han sido ampliamente estudiadas en base al modelo de la Triple Hélice (en adelante TH) introducido por Etzkowitz y Leydesdorff (1995), (2000). El modelo ha sido ampliamente utilizado, en especial en estudios de innovación (Etzkowitz H. , 2003) y producción del conocimiento en ciencia y tecnología (Shinn, 2002).

En el presente trabajo se realiza un análisis descriptivo de la colaboración en la investigación académica en base al análisis de coautorías y la difusión de conocimiento basado en citas de un artículo por otros autores. En base a un

análisis de redes de coautorías de investigadores de una universidad nacional en el campo de la ingeniería eléctrica, este estudio pretende lograr un mejor entendimiento de la colaboración explorando la estructura de redes de coautorías en términos de relaciones entre la academia, el sector productivo y el gobierno; y el alcance geográfico de la difusión de su producción científica. De esta forma, se puede describir la estructura de colaboración entre autores e instituciones, tópicos abordados en las producciones, y el patrón de la difusión del conocimiento.

El trabajo se organiza de la siguiente forma. En la siguiente sección se introducen los conceptos de colaboración científica, análisis de redes sociales, y el modelo de la Triple Hélice. Luego se explican aspectos metodológicos. En los resultados se incluye la descripción estadística de los datos sobre publicaciones científicas y los hallazgos a partir del análisis de la red de coautorías a nivel geográfico e institucional; y los indicadores basados en el modelo de la Triple Hélice. Finalmente, se sintetizan las principales conclusiones y propuestas de trabajo futuro.

## Revisión de la Literatura

### La Colaboración Científica.

La colaboración científica se refiere a la interacción entre dos o más científicos que tiene lugar dentro de un contexto social, la cual permite compartir significado y completar tareas con respecto a una meta superior mutuamente compartida (Sonnenwald, 2007). En cada campo de la investigación en el cual los científicos colaboran en publicaciones, es posible definir una red de coautorías que puede interpretarse como el reflejo de vínculos profesionales entre los investigadores. En estas redes, los científicos definen los nodos y dos científicos están vinculados si escribieron un artículo en forma conjunta. La coautoría representa la relación formal, tangible y directa que existe entre investigadores y constituye el indicador más utilizado para cuantificar la colaboración. Las redes de coautorías constituyen un tipo de red social y su estudio permite inferir patrones de colaboraciones científicas. Asimismo, el análisis descriptivo de las citaciones de publicaciones permite obtener

información sobre la divulgación de las mismas. De esta forma, se obtiene un patrón de la difusión del conocimiento.

El estudio de la colaboración científica es muy importante para entender las estructuras de las redes subyacentes en las actividades de investigación y asimismo mejorar la comunicación y difusión del conocimiento. Tal como destacan Melin y Persson (1996), si más de la mitad de los artículos producidos por científicos de una universidad poseen coautoría con científicos de otras universidades o instituciones de investigación entonces no tiene sentido hablar de la universidad como el único productor de conocimiento, sino que la red de científicos que interactúan es la unidad de producción crítica. El análisis basado en redes utiliza modelos matemáticos y teoría de grafos para analizar relaciones a gran escala (Barabási et al., 2002). En los grafos de colaboración se estudian indicadores tales como la Centralidad de Cercanía e Intermediación. Varios autores afirman que las distribuciones de estos indicadores siguen la ley conocida como *power law*, es decir, que la mayoría de los autores se conectan muy poco mientras que un pequeño grupo se encuentran intensamente conectados. Goh, Oh, Kahng y Kim (2002) indican que los autores con centralidad de intermediación más alta prefieren no colaborar con el mismo tipo de autores.

Newman (2010) define una red de citas como un tipo de red de información que representa la red de vinculación con un tema e indica que las redes de citas en Web of Science siguen la ley *power law*. An, Janssen y Milios (2004) estudiaron una red de citas en ciencias de la computación y hallaron que la probabilidad de contener un camino directo entre dos pares de nodos es menor al 2%. Ingwersen, Larsen y Wormell (2000) presentan a las citas internacionales como un indicador para medir la exportación de conocimiento producido por instituciones. Los autores proponen calcular la proporción de citas de un instituto por otros países relativa al total de citas para este instituto. Hassan y Haddawy (2013) extienden este trabajo para cuantificar el impacto internacional de la investigación científica entre países e instituciones.

Inzelt y Schuert (2011) analizan las características de publicaciones con coautoría de universidades húngaras y aliados no académicos. A partir de indicadores concluyen que las citaciones a artículos con autorías académicas o no académicas (por ejemplo, hospitales) es significativamente superior para autores no húngaros, y la tasa es levemente inferior cuando aparecen autores no académicos. Los autores observan que esto depende del perfil de las universidades y la presencia de medicina parece un factor importante.

### **El Análisis de Redes Sociales.**

El Análisis de Redes Sociales aborda el tratamiento de redes de dos formas. Una utiliza redes egocéntricas que proveen una vista desde la perspectiva del actor en la red, y la otra conceptualiza en la estructura completa de la red (Hanneman & Riddle, 2005), (Edwards, 2010), (Haythornthwaite, 1996). En el primer caso, los vínculos que los actores individuales mantienen con otros describen su propia red egocéntrica. Describen una foto de un actor típico en un ambiente en particular y muestran cuántos vínculos tiene un actor con otro, qué tipo de vínculos mantienen, y qué tipo de información brindan o reciben de otros actores en la red. Este análisis es útil cuando el tamaño de la población es grande o cuando es difícil definir los límites de la población.

En el segundo caso, las redes socio-céntricas o completas describen los vínculos que todos los miembros de un ambiente mantienen con el resto de los miembros del ambiente. En principio, este enfoque requiere respuestas de todos los miembros de un ambiente sobre el resto de los miembros. Este requerimiento limita el tamaño de las redes que se pueden examinar.

Los datos relacionales que se recopilan en un estudio de redes sociales se representan con grafos. Los actores son nodos (o vértices) en el grafo, y las relaciones se representan con arcos entre los nodos. En los grafos dirigidos, un arco

es un par ordenado, y el par ordenado representa la dirección del arco que vincula dos vértices. En los grafos no-dirigidos, no existe una dirección asociada al arco.

La posición de un nodo dentro de su red permite inferir su importancia en el intercambio de información y conocimiento. Se utilizan diferentes indicadores basados en los vértices. El Grado está dado por la cantidad de arcos que inciden en un vértice y revela los vínculos de colaboración. Los vértices que están incluidos en muchos de los caminos más cortos entre otros vértices poseen la Centralidad de Intermediación más alta y tienen la capacidad de conectar dos nodos que de otra forma no se vincularían. En este estudio puede interpretarse como la capacidad para facilitar la colaboración dada la posición central en la red. La Centralidad de Cercanía se define como el promedio de las distancias más cortas de cada vértice hacia el resto. Los vértices con una centralidad baja son capaces de obtener o distribuir mensajes al resto en forma rápida (con pocos pasos). En la versión de la herramienta utilizada en este trabajo, se utiliza la inversa de la métrica, por lo tanto, los valores más altos indican mayor centralidad. La Centralidad de Autovector considera el grado de un vértice y el grado de sus vecinos. De esta forma, constituye un indicador de la popularidad de los vecinos de un vértice.

Algunos de los indicadores globales del grafo están dados por la distancia geodésica (la distancia más corta entre dos vértices); y la densidad del grafo que indica cuán interconectados están los vértices entre sí. Una red con una densidad del 100% se lograría si todos los nodos estuvieran conectados entre sí. Algunos estudios indican que una estructura poco densa (no redundante) favorece el flujo de información y conocimiento dentro de la red. Por otro lado, la densidad puede ser clave para la colaboración dado que facilita la construcción de confianza.

### **Modelo de la Triple Hélice y Análisis de Redes Sociales.**

Leydesdorff (2003) propuso una operativización del modelo de la Triple Hélice en términos de información mutua en las tres dimensiones. Park (2005) indica que la red de relaciones universidad-industria-gobierno puede considerarse como una

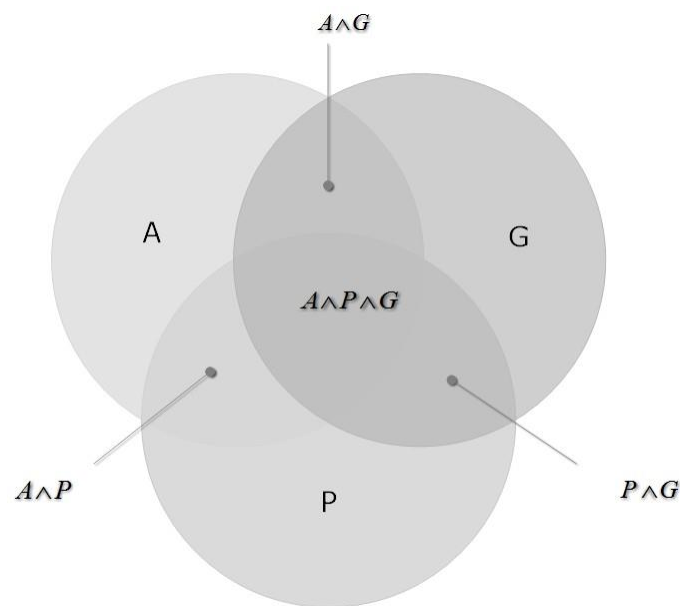
infraestructura institucional de conocimiento que lleva adelante operaciones que incluyen ciencia, tecnología, e innovaciones basadas en el conocimiento. Existen trabajos que analizan la producción científica para algún tema específico utilizando una metodología que combina Análisis de Redes Sociales y los indicadores propuestos por Leydesdorff. Por ejemplo, Swar y Khan (2014) estudian la infraestructura del conocimiento en el sudeste asiático analizando redes de coautorías y clasifican las afiliaciones de los autores en tres categorías que representan la academia, el gobierno y la industria. Khan y Park (2014) analizan las características y estructura de la red de colaboración a nivel institucional, de país y regional para la producción de trabajos científicos en el área de gobierno electrónico. En base a la estructura de la red identifican los jugadores clave (es decir, instituciones, países o regiones) que contribuyen en la producción científica y la fortaleza de las relaciones universidad-industria-gobierno.

#### **Indicadores del modelo de la Triple Hélice.**

El modelo de la TH y sus indicadores constituyen un método establecido para el análisis de las relaciones bilaterales y trilaterales entre las tres hélices del modelo TH. La red de relaciones universidad o académico (A), industria o sector productivo (P), y gobierno (G) puede considerarse como una infraestructura institucional de conocimiento que lleva a cabo un sistema de operaciones que contienen ciencia, tecnología, e innovaciones basadas en el conocimiento (Park, Hong, & Leydesdorff, 2005). Las relaciones entre A, P, y G pueden representarse utilizando diagramas de Venn (ver Figura 1).



**Figura 1.** Información mutua en el modelo de la Triple Hélice utilizando el operador lógico  $\wedge$  ( $\Lambda$ ).



Fuente: Adaptada de Ye, F., Yu, S., & Leydesdorff, L. (2013).

Los indicadores pueden construirse a partir de datos sobre publicaciones científicas, patentes, entre otros (Park, Hong, & Leydesdorff, 2005). En este trabajo se recupera información sobre publicaciones y se definen distribuciones de frecuencia para cada uno de los dominios ilustrados en el diagrama de Venn. Leydesdorff (2003) demostró que la información mutua en dos dimensiones (por ejemplo, universidad-industria (AP)) y tres dimensiones (universidad-industria-gobierno (APG)) puede expresarse utilizando valores  $T(ap)$  y  $T(apg)$ . La colaboración entre A, P, y G se mide por la información mutua (es decir, transmisión  $T$ ). Cada distribución de frecuencias contiene una incertidumbre que puede medirse utilizando las fórmulas de Shannon (1949) en términos de bits de información (Ye, Yu, & Leydesdorff, 2013). Sea  $H(X)$  la incertidumbre (o entropía probabilística) de una variable aleatoria  $X$ .

$$H(X) = - \sum_{x \in X} p(x) \log_2(p(x))$$

La entropía conjunta, la entropía condicional y la información mutua se definen como extensiones de  $H$  que miden la incertidumbre en la distribución conjunta de las variables aleatorias  $X$  e  $Y$ . La diferencia entre la incertidumbre en la distribución  $X$  y la distribución condicional  $X|Y$  es igual a la transmisión o información mutua entre  $X$  e  $Y$ :

$$T(X) = H(X) - H(X|Y)$$

La entropía conjunta  $H(X, Y)$  para un par de variables aleatorias discretas con una distribución conjunta  $p(x, y)$  se define como:

$$H(X, Y) = - \sum_{x \in X} \sum_{y \in Y} p(x, y) \log_2 p(x, y)$$

La información mutua o transmisión  $T(X, Y)$  puede considerarse como:

$$T(X, Y) = H(X) + H(Y) - H(X, Y)$$

La información mutua en tres dimensiones (en este trabajo  $A, I, G$ ) se define como:

$$T(A, P, G) = H(A) + H(P) + H(G) - H(A, P) - H(A, G) - H(P, G) + H(A, P, G)$$

## Metodología

La colaboración científica en el campo de la ingeniería se aborda a través de análisis basados en redes sociales. En este trabajo se analiza la red de coautorías a nivel institucional, de países, y sectores (académico, productivo, gubernamental). A partir de los datos de afiliación de cada autor que se indican en la publicación, cada nodo se clasificará como perteneciente al ámbito académico, productivo o de gobierno. Además, se incluirá el país de residencia y la institución.

Las relaciones bilaterales y trilaterales entre los sectores académico, productivo y gobierno se miden utilizando indicadores basados en el modelo de la Triple Hélice.

### **Datos.**

Para el estudio se recopilaron los artículos cuya afiliación corresponde con el Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras (DIEC) de la Universidad Nacional del Sur, que fueran publicados entre 2011 y noviembre de 2015. Se efectuó un análisis preliminar para detectar las diferentes denominaciones utilizadas al hacer referencia a esta institución y así incluirlas en la búsqueda. La fuente es la base de datos bibliográfica Scopus.

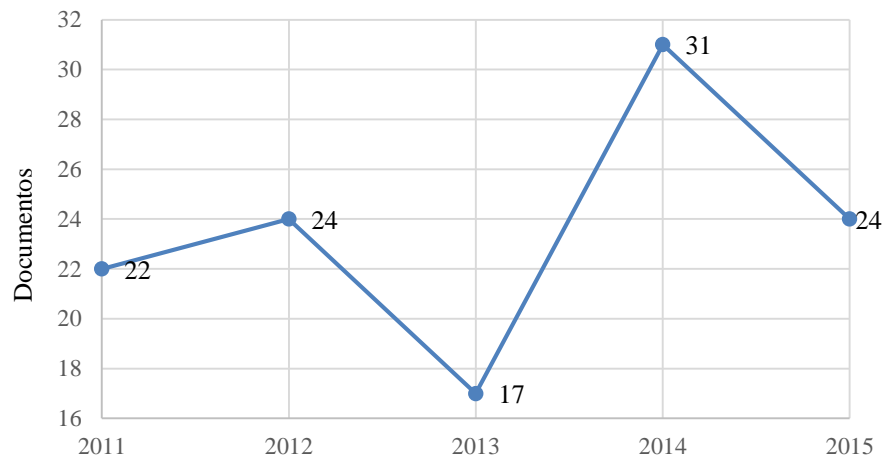
Se recopilaron 118 artículos a partir de los cuales se realiza el análisis de la sección 4. El procesamiento de los datos se realizó utilizando el software BibExcel (Persson, Danell, & Schneider, 2009). Para el análisis de redes sociales se consideró el complemento de Microsoft Excel™ NodeXL (Hansen, Shneiderman, & Smith, 2011).

## **Resultados**

### **Estadística Descriptiva.**

En este apartado se presenta y caracteriza al conjunto de datos analizados con el fin de exponer en forma general sus diferentes características. La Figura 2 muestra la cantidad de documentos científicos publicados en el período de análisis. Se recopilaron un total de 118 artículos. Como se observa, el año 2014 condensa la mayor cantidad de trabajos realizados, esto es un 26% del total de documentos. Asimismo, con respecto al año anterior 2013, advertimos una tendencia positiva correspondiente a una tasa de aumento del 82%.

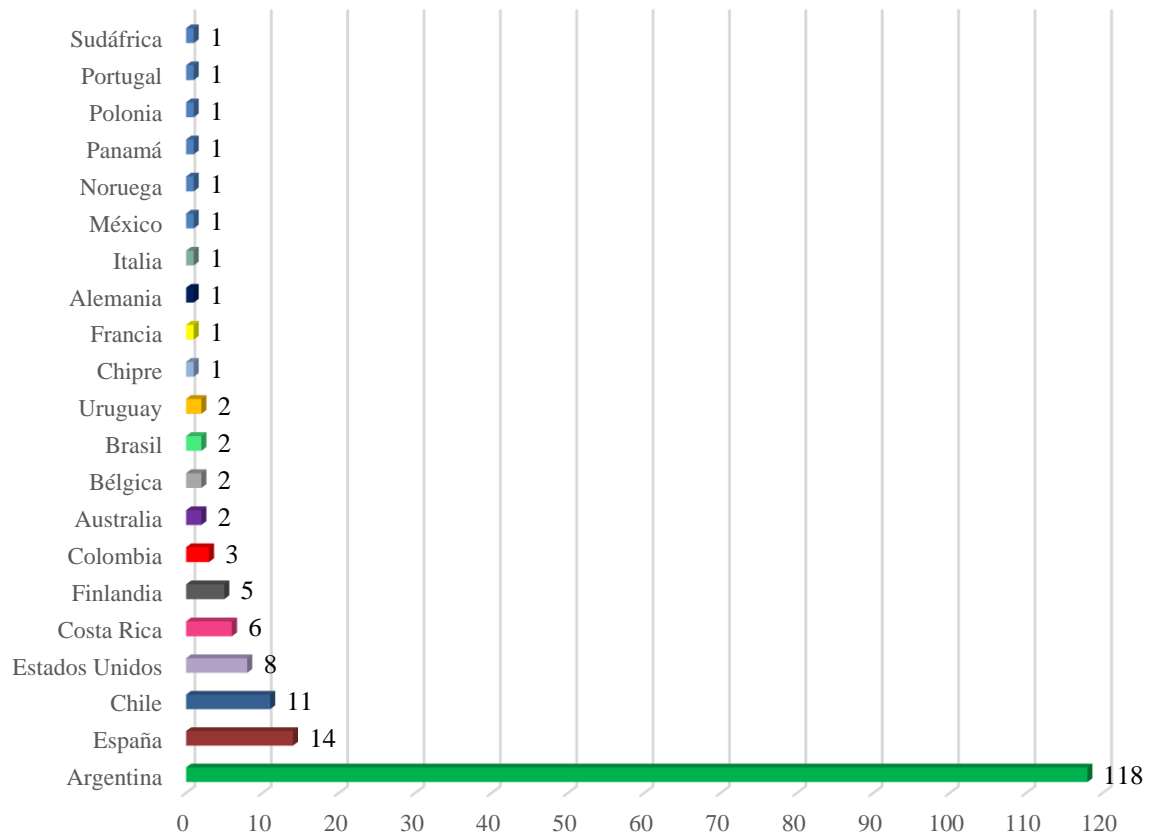
**Figura 2.** Producción científica anual para el período 2011-2015.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 muestra la cantidad de publicaciones por países. Dado que la búsqueda se realizó a partir de investigadores del DIEC, Argentina participa en todas las publicaciones. Puede observarse un alcance geográfico de coautores que abarca todos los continentes excepto Asia.

**Figura 3.** Cantidad de publicaciones por países.

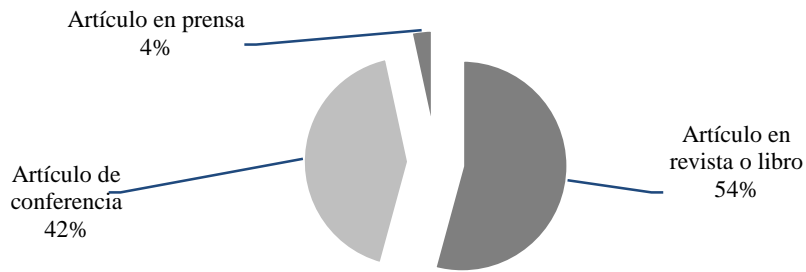


Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto incluido en el análisis de los datos se refiere a los tipos o clases de publicaciones. Como se expone en la

Figura 4, un 54% pertenece a artículos publicados en revistas o libros científicos, mientras que un 42% de trabajos corresponden a textos en conferencias y reuniones. El 4% restante solo refiere a los artículos en prensa.

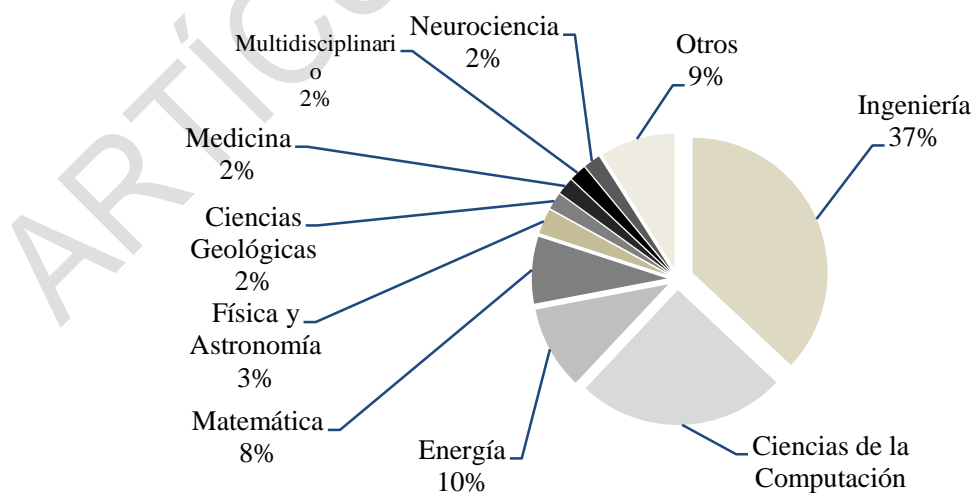
**Figura 4.** Tipos de artículos científicos.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información sobre las áreas temáticas tratadas en los documentos analizados (Figura 5) se observa que se encuentran nucleadas mayoritariamente entre Ingeniería (37%), Ciencias de la Computación (25%), Energía (10%) y Matemática (8%). En vinculación con esto, la revista con mayor cuantía de publicaciones es del IEEE Transactions on Industrial Electronics. Aquí, las áreas del conocimiento con mayor predominancia son las anteriormente descritas. Se utilizan los nombres de las áreas temas brindados por Scopus.

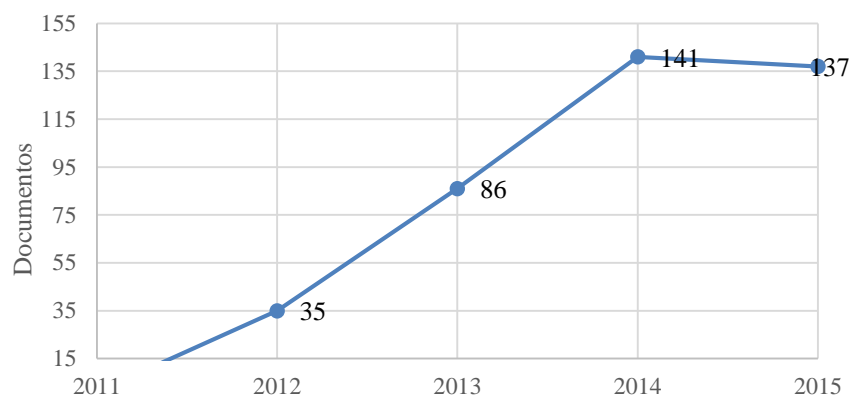
**Figura 5.** Áreas de investigación correspondiente a documentos científicos analizados.



Fuente: Elaboración propia.

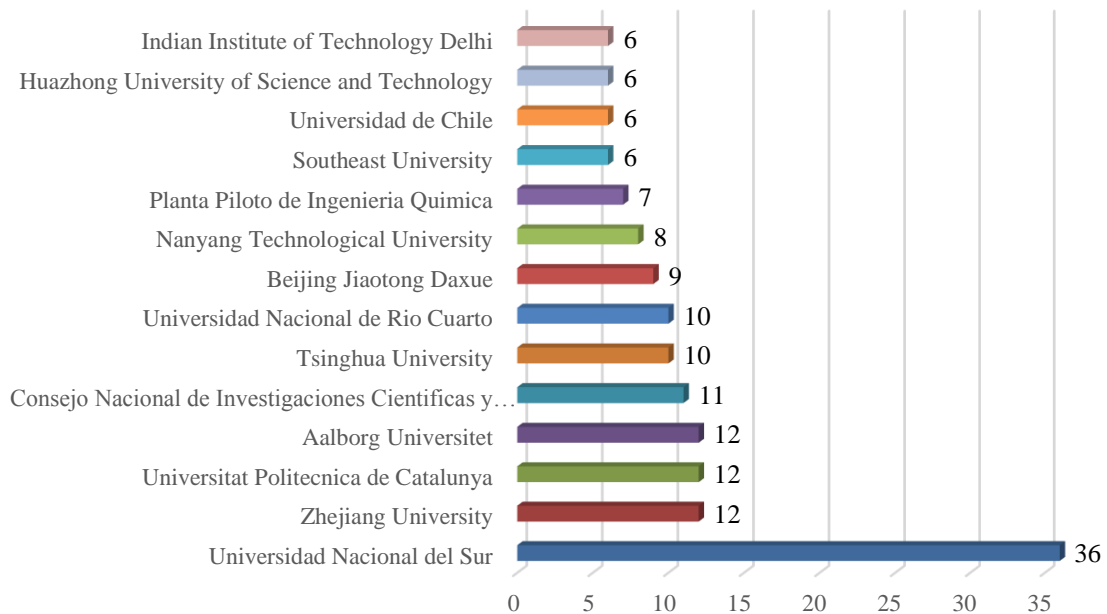
Se utilizó Scopus para analizar las citas de los 118 artículos iniciales. Se recuperaron 400 artículos correspondientes al período 2011-2015. La Figura 6 muestra como aumenta la cantidad de citas en el tiempo. El mayor incremento se produce del año 2012 al 2013. La tendencia negativa para el año 2015 podría explicarse por la falta de actualización de Scopus al momento de realizar la búsqueda (por ejemplo, por la ausencia de los números de revistas que aparecen en diciembre). Cabe destacar que el 40% de las citas se realizan a 4 artículos cuyo modo de producción se clasifica en la dimensión Academia-Gobierno.

**Figura 6.** Citaciones anuales del período relevado.



Fuente: Elaboración propia.

Si se analizan las afiliaciones de los autores que realizan las citas, la Universidad Nacional del Sur aparece como la institución que efectúa más citas (Figura 7). Esto se explica si se recuerda que la unidad de análisis considerada en este trabajo es el DIEC perteneciente a la mencionada universidad. Además, en la recopilación de citas no se excluyeron las auto-referencias de los autores. Luego, las universidades que más citas realizan son la Zhejiang University, Universitat Politècnica de Catalunya y Aalborg Universitet. De estas últimas, en el conjunto inicial de 118 publicaciones de autores del DIEC no se registran coautorías con científicos de la Zhejiang University.

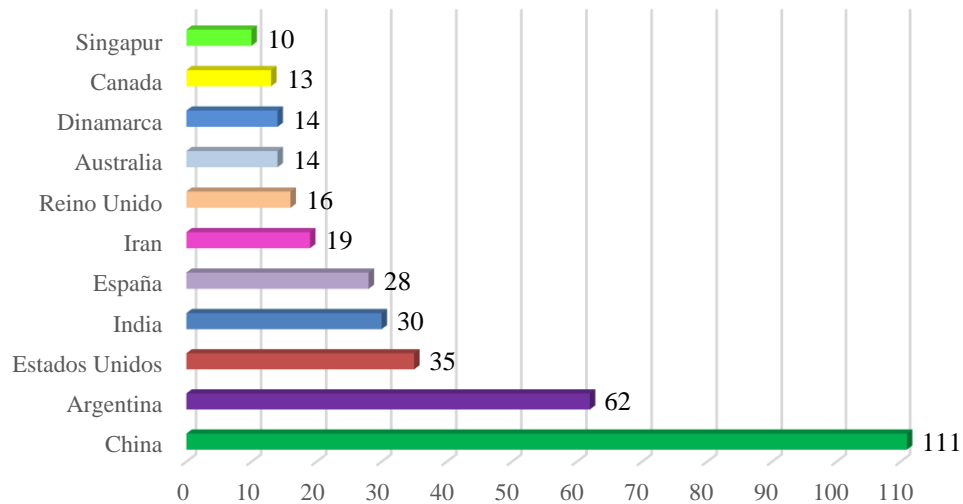
**Figura 7.** Afiliaciones de los autores que realizan las citas.

*Nota:* Solo se incluyen las instituciones que realizan más de cinco citas.

Fuente: Elaboración propia.

Como ilustra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el país que mayor cantidad de citas realiza sobre las publicaciones relevadas es China. Le siguen en orden descendente, Argentina, Estados Unidos, India y España, entre los más destacados. El hecho de que la mayor cantidad de citas sean de otros países refleja la difusión internacional de los trabajos.



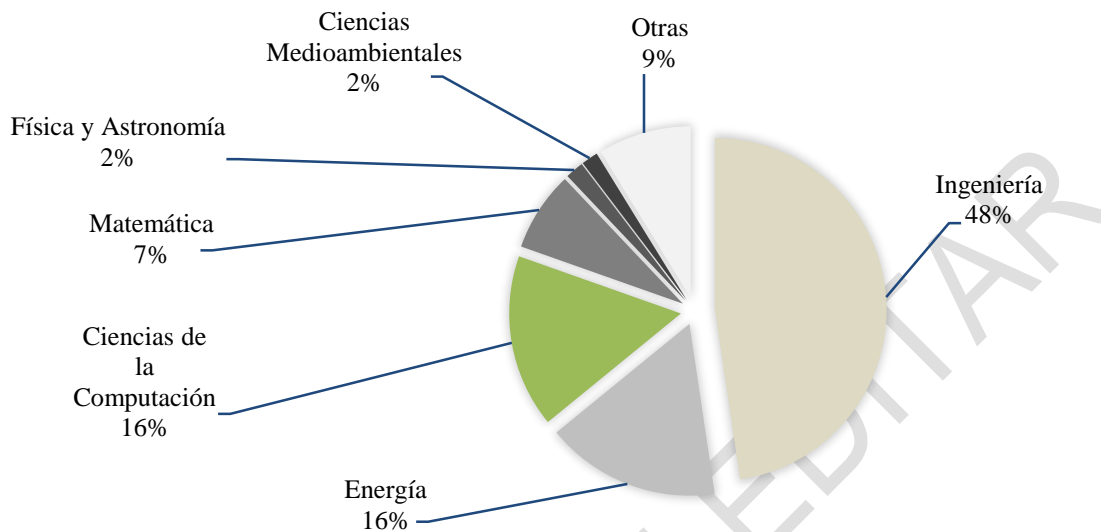
**Figura 8.** Países de afiliación de los autores en las citas.

Fuente: Elaboración propia.

De los 400 artículos recuperados en el análisis de citas, el 65% pertenece a artículos de revistas, el 33% de las citas se encuentran en artículos de conferencias, y el 2% refiere a citas presentes en revisiones publicadas en revistas.

La Figura 8 presenta las áreas temáticas relacionadas con las citas originadas. La mayor participación que denota es el área de Ingeniería (48%), Ciencias de la Computación (16%), Energía (16%) y Matemática (7%). Relacionado con esto, los Journals que agrupan la mayor cantidad de citas de los trabajos relevados son: IEEE Transactions on Power Electronics, y el IEEE Transactions on Industrial Electronics. Le sigue en orden decreciente la revista International Journal of Electrical Power and Energy Systems.

**Figura 8.** Áreas de investigación correspondiente a las citas efectuadas de los documentos científicos analizados.



Fuente: Elaboración propia.

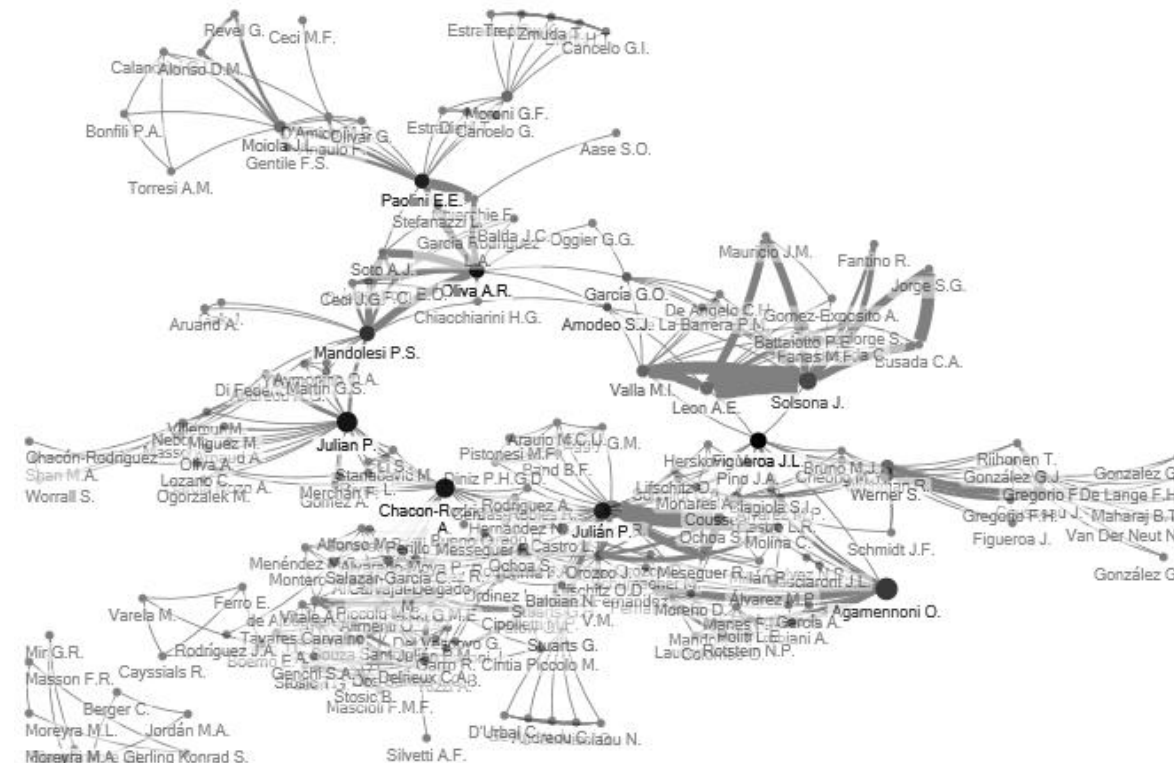
### **Análisis de la Red de Coautorías.**

#### ***Red a nivel autor.***

A partir de las 118 publicaciones de investigadores del DIEC se desarrolla una red en la cual los nodos representan científicos y dos científicos se vinculan si escribieron un trabajo en forma conjunta (Figura 9). Los datos se normalizaron los nombres completos para evitar duplicados. La red está conformada por 204 vértices y 578 arcos. Esto significa que se recuperaron trabajos en los cuales participan 204 autores. El 28,43% de los autores supera el grado promedio de 5,2 mientras que sólo el 12,5% (25 autores) supera la centralidad de cercanía de 166,63. Todos los autores que superan la centralidad de cercanía promedio (excepto uno) también superan el grado promedio. Esto sugiere que los autores que trabajan en coautoría con varios autores vinculan diferentes grupos. La densidad del grafo indica que existe el 2,6% de las relaciones posibles. Cabe observar que al recuperar únicamente publicaciones en las cuales participan investigadores del DIEC, podrían existir más relaciones de coautoría entre los nodos de autores diferentes al DIEC

(lo cual aumenta la métrica de densidad) y que no se encuentran en los datos recopilados. Por lo tanto, a partir de estos datos estamos en condiciones de interpretar que los investigadores del DIEC publican con diferentes grupos de autores pero estos grupos no comparten más autorías con científicos del DIEC como nexos.

**Figura 9.** Red de colaboración entre autores.



*Nota:* El tamaño de los nodos se relaciona con el grado y la opacidad con la centralidad de cercanía; el ancho de los arcos con el peso del arco (cantidad de relaciones).

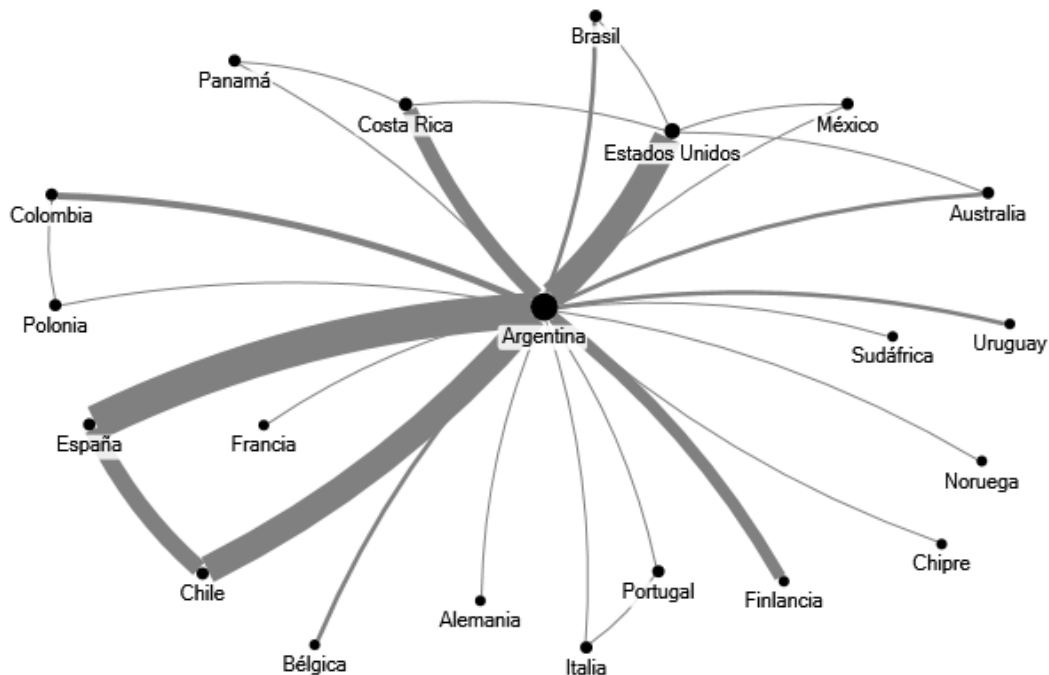
Fuente: Elaboración propia.

### ***Red a nivel país.***

A partir de los datos sobre las 118 publicaciones relevadas, se construyó una red en la cual los nodos representan países y dos nodos están conectados si existe una publicación con autores que registran su afiliación en los países representados por los vértices (Figura 10). Los resultados muestran que la colaboración tiene lugar

entre países de varias regiones, tanto de regiones desarrolladas como no desarrolladas. La mayor cantidad de publicaciones se registran con España (14), Chile (11), Estados Unidos (11) y Costa Rica (6). Cabe destacar que el 55% de las publicaciones se realizan en colaboración con autores de otros países. En general, estas colaboraciones surgen de relaciones informales, las cuales permitieron gestionar visitas de docentes extranjeros a la unidad académica bajo estudio. Asimismo, estas relaciones informales resultaron en invitaciones a docentes locales. En estos casos los intercambios se financian con presupuesto de la universidad.

**Figura 10.** Red de colaboración entre Argentina y otros países.



*Nota:* El ancho del arco es proporcional al número de publicaciones.

Fuente: Elaboración propia.

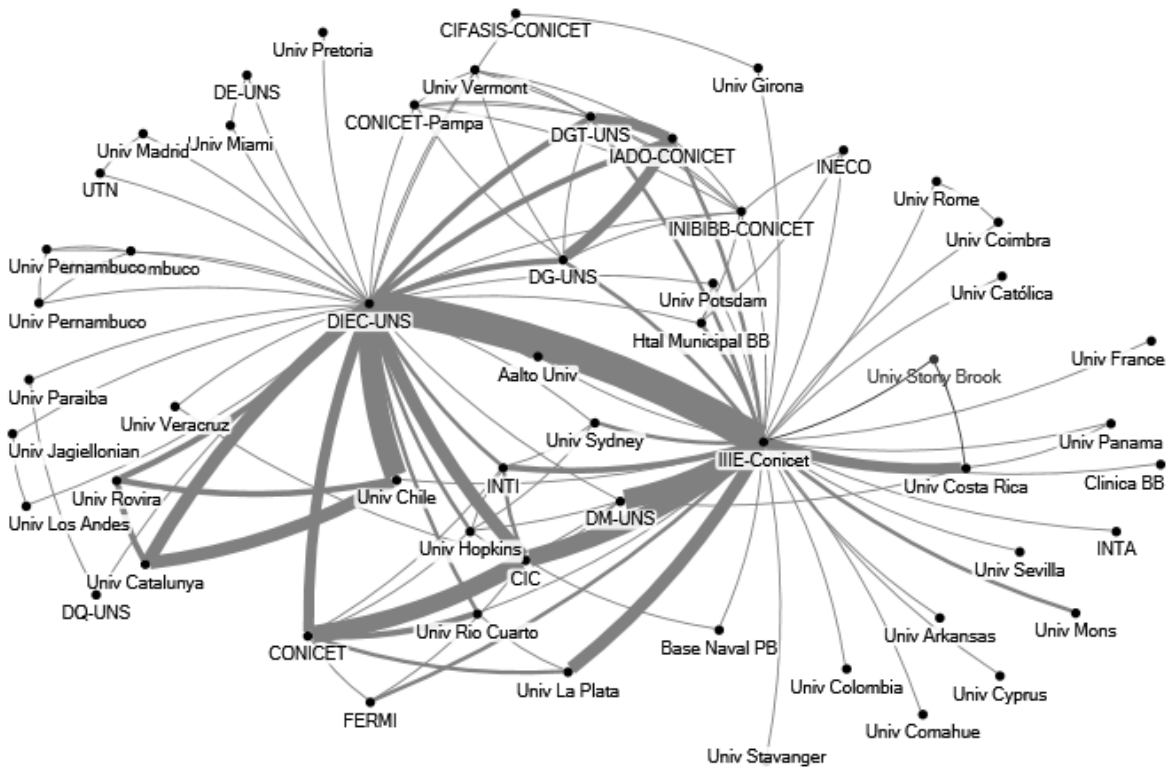
### ***Red a nivel institucional.***

Se desarrolló una red basada en coautorías en la cual los nodos representan instituciones y dos nodos se conectan si científicos afiliados a la institución representada por el nodo escribieron un artículo en forma conjunta. La red está

conformada por 56 nodos y 120 arcos lo cual indican que participan 56 organizaciones diferentes. Dado que la red se construyó a partir de investigadores afiliados al DIEC, estos registran la mayor cantidad de conexiones (grado máximo de 36). De todos modos, si observamos los nodos que superan el grado promedio (4,286) se incluyen además del DIEC, otros departamentos académicos de la Universidad Nacional del Sur, institutos del CONICET, una universidad extranjera (de Estados Unidos) y un hospital local. Para el caso de la centralidad de cercanía, solo superan la media el DIEC y el CONICET. Gran parte de los investigadores del DIEC registran una doble afiliación en el DIEC y en el Instituto de Ingeniería Eléctrica del CONICET. Esto explica que los nodos puente representen al DIEC-UNS, IIIE-Conicet y CONICET (ver Figura 11). La Tabla 2 del Anexo describe las etiquetas utilizadas para las instituciones.

En la Figura 12 se agrupan las instituciones de acuerdo a su país de origen. El ancho de los arcos indica la fuerza de la relación, es decir, la cantidad de autores de un país que ha publicado un artículo con autores de otro país. En términos a la cantidad de relaciones, los vínculos DIEC-UNS y el IIIE-Conicet (14); DIEC-UNS y Univ Chile (Computer Science Department de Chile) (10); IIIE-Conicet y el DM-UNS (Departamento de Matemática de la Universidad Nacional del Sur) (9); el IIIE-Conicet con Conicet (8); y CIC (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires en Argentina) con Conicet (8) son las más numerosas. Como puede observarse las coautorías se manifiestan entre investigadores con afiliación en la misma universidad, en institutos del Conicet de la ciudad de Bahía Blanca a excepción de los vínculos con la universidad en el país limítrofe Chile.

**Figura 11.** Red de coautorías a nivel institucional.

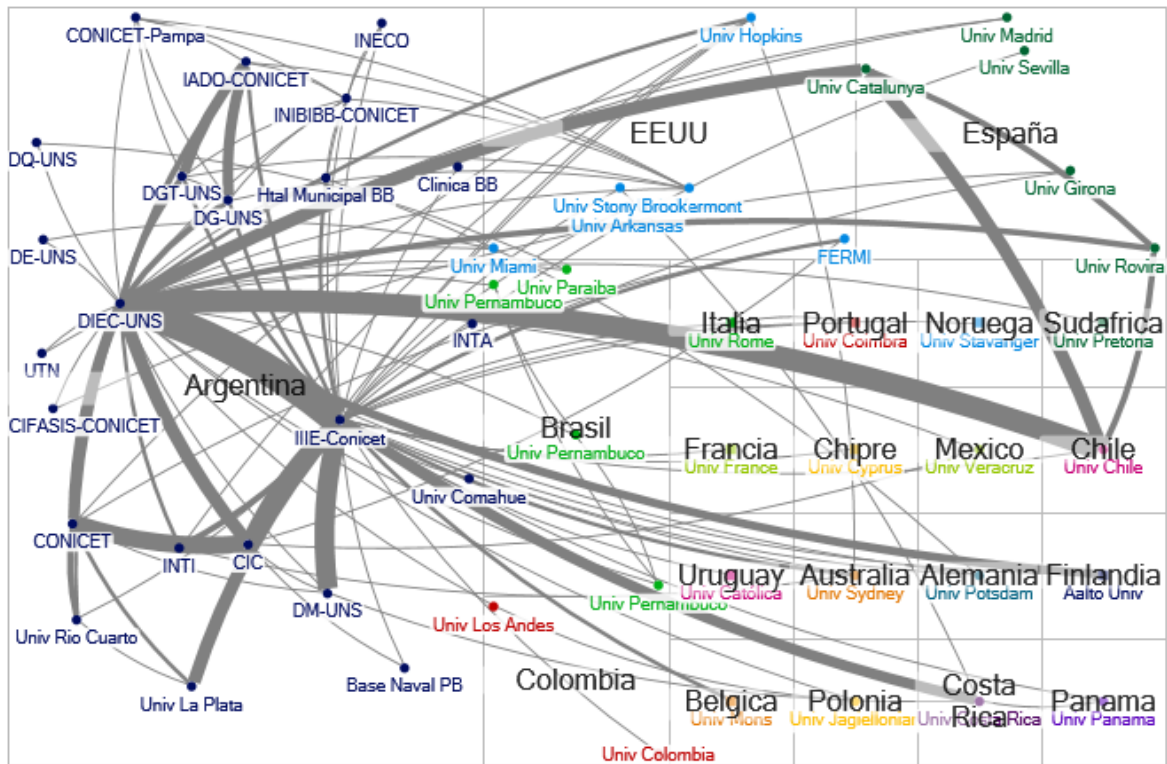


*Nota:* El ancho de los arcos se relaciona con la cantidad de conexiones.

Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULO

**Figura 12.** Red de coautorías a nivel institucional que ilustra los grupos basados en el país asociado a cada institución.



*Nota:* El ancho de los arcos es proporcional a la cantidad de relaciones.

Fuente: Elaboración propia.

### Indicadores Basados en el Modelo de la Triple Hélice.

La Tabla 1 muestra la cantidad de publicaciones separadas por la componente TH. Estos datos se contabilizaron a partir de la información de cada artículo. Todas las componentes participaron en la producción de conocimiento. De todos modos, la mayoría de los trabajos (93,22%) fueron creados por la relación bilateral Académica-Gobierno (AG), seguidos por Académica (A) (4,237%). Estos resultados se explican por el hecho de que gran parte de los investigadores del DIEC registran una doble afiliación en el DIEC y en el Instituto de Ingeniería Eléctrica del CONICET. Se utilizaron los indicadores del modelo de la TH para cuantificar la sinergia entre los sectores. Los valores negativos indican una reducción en la incertidumbre o, en otras palabras, una sinergia, donde los valores positivos indican diferenciación entre los tres sectores (Ye, Yu, & Leydesdorff, 2013). En el caso analizado se puede

concluir que tanto las relaciones bilaterales Académico-Gobierno como las que involucran los tres sectores reflejan gran diferenciación. El valor negativo para  $H(AG)$  denota la alta colaboración bilateral. Se destaca la poca cantidad de nodos relevados vinculados al sector Productivo. Se puede concluir que las partes más interesadas en la investigación son las universidades y el gobierno pero no existe una coordinación que integre a los tres sectores.

**Tabla 1.** Indicadores basados en el modelo TH.

	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	<b>AG</b>	<b>AP</b>	<b>GP</b>	<b>AGP</b>
Cantidad de publicaciones	5	0	0	110	0	0	3
Porcentaje	4,237	0	0	93,220	0	0	2,542
$H(X)$	-8,827	-	-	- 609,901	-	-	-3,423
$T(X)$	-	-	-	601,074	-	-	597,651

*Nota.* A (sector Académico), G (sector de Gobierno), P (sector Productivo). AG, AP, y GP son relaciones bilaterales. AGP es una relación trilateral. X se reemplaza por cualquiera de los sectores.

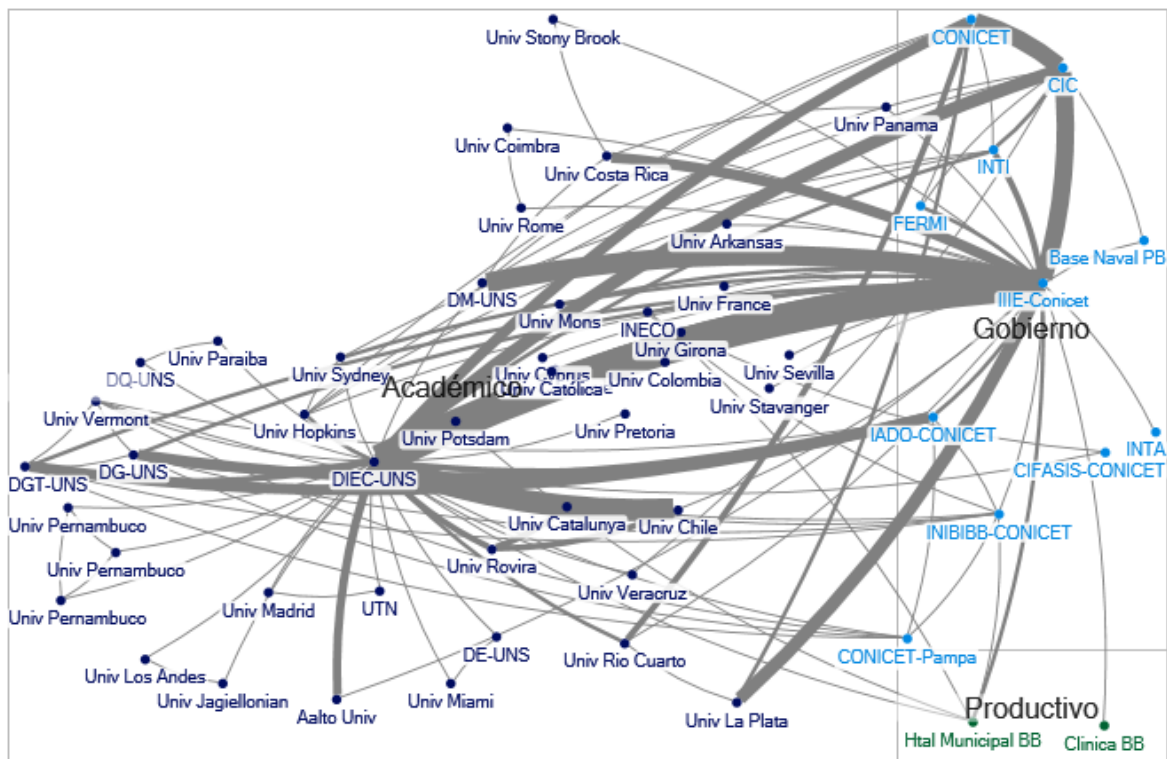
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 ilustra la red de coautorías donde los nodos que representan instituciones se agrupan de acuerdo a las dimensiones del modelo de la Triple Hélice. Se incluyen 43, 11 y 2 nodos en los sectores Académico, Gobierno y Productivo, respectivamente. La mayoría de los nodos clasificados en el sector Gobierno se relacionan con institutos dependientes del CONICET. Es notable la baja representación del sector Productivo (solo dos nodos de Argentina). La presencia de investigación con aplicaciones en medicina parece ser un factor importante en la vinculación con el sector productivo.



La densidad de las redes Académica y de Gobierno es de 0,049 y 0,291 respectivamente. Esto significa que en el sector Académico se observan el 4,9% de las relaciones posibles entre instituciones. Recordemos que los resultados se producen a partir de trabajos en los cuales intervienen investigadores del DIEC, por lo tanto, podrían existir más relaciones entre instituciones que no surgen de la búsqueda efectuada en Scopus. Asimismo, podrían definirse más interacciones entre los distintos sectores si se consideran otras fuentes de datos, a saber, información sobre convenios entre instituciones, las afiliaciones de los integrantes de los proyectos de investigación, o actividades de extensión de la institución. En este caso los resultados evidencian muchas posibilidades de nuevas relaciones. La densidad de la red conformada por instituciones del Gobierno (superior a la densidad global del grafo de 0,08) refleja la proximidad entre los actores. 0 respectivamente. Para el sector Productivo se registran dos nodos y no están conectados entre sí.

**Figura 13.** Red de colaboración entre los sectores Académico, Gobierno y Productivo.



Nota: El ancho de los arcos se relaciona con la cantidad de relaciones.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

En este trabajo se examina la colaboración científica a nivel organizacional y sectorial para una unidad académica del área de ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. En particular, se analiza la estructura de la red de coautorías en base al modelo de la Triple Hélice, los modos de producción científica, coautorías entre diferentes instituciones, la geografía y la difusión de conocimiento basada en citas.

En los países latinoamericanos las políticas públicas de ciencia y tecnología se han encaminado hacia la nueva perspectiva focalizada en el vínculo universidad-sector productivo de acuerdo a la denominada tercera misión. En 1996 en Argentina se creó la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y varios programas para financiar actividades de investigación, desarrollo e innovación en las que intervengan grupos de empresas, centros de investigación y formación superior (Yoguel, Lugones, & Sztulwark, 2007). Sin embargo, para el caso analizado se advierte que los vínculos entre las instituciones académicas, el gobierno y el sector productivo resultan aún débiles y poco frecuentes. Si bien los resultados de este trabajo surgen únicamente a partir del análisis de las publicaciones científicas, los mismos son consistentes con otros estudios que indican que la generación de redes que integran a las empresas entre ellas mismas y con centros de investigación presenta un desarrollo prematuro y se muestran como una debilidad a ser superada (Arteche, Santucci, & Welsh, 2013). Asimismo, trabajos desarrollados en otras geografías indican que la colaboración entre la universidad y el sector productivo enfrenta desafíos tales como el hecho de que ambos sectores tienen diferentes objetivos, culturas, valores, horizontes de tiempo, lenguajes y sistemas de incentivos; en la investigación académica prevalece la investigación básica; falta de coordinación para llevar a cabo innovaciones exitosas en el mercado; la gestión de la propiedad intelectual (Harryson, Klikaite, & Dudkowski, 2007), (Lind, Styhre, &

Aboen, 2013). A efectos de determinar las políticas adecuadas para este caso es necesario realizar estudios que permitan entender los obstáculos que dificultan el éxito de las políticas gubernamentales. Además, tal como indica Arteche (Arteche, Santucci, & Welsh, 2013) el rol de la universidad es clave a la hora de generar confianza y mejorar la asimetría del conocimiento en los miembros de los agrupamientos productivos. En tal sentido, la universidad debe establecer lazos de intercambio de información y conocimiento a largo plazo con organizaciones del sector productivo.

Por otro lado, la relación bilateral academia y gobierno resulta natural para quienes se dedican a la investigación científica, la docencia y la divulgación en las diversas áreas de la ciencia y la tecnología. En el caso analizado existe una marcada colaboración entre instituciones de carácter científico y académico que contribuyen a la generación de redes de investigadores. Los indicadores del modelo de TH reflejan una mayor sinergia entre la universidad y el gobierno, evidenciando una transmisión y difusión del conocimiento. Esta situación se exterioriza dada la participación de instituciones científicas pertenecientes a la órbita gubernamental. Un ejemplo de esto, citado en apartados anteriores, es CONICET y las universidades públicas y otros centros de investigación científica. Además, la red conformada únicamente por científicos de la órbita gubernamental registra una densidad superior a la red completa, lo cual refleja que la colaboración científica tiene lugar con mayor frecuencia entre organizaciones que comparten un contexto similar. Los resultados son congruentes con el argumento de proximidad institucional (Ponds, 2009) que postula que la colaboración científica es más frecuente entre organizaciones que comparten un perfil institucional comparado con aquellas que no son similares. Asimismo, los resultados reflejan el significativo rol del gobierno en los sistemas de producción del conocimiento en ciencia y tecnología.

En cuanto a la participación y colaboración científica entre autores de diferentes instituciones, la mayor cantidad de lazos se manifiesta entre investigadores de

Argentina, luego con España, Chile y Estados Unidos. La colaboración internacional parece ser un fenómeno importante entre universidades y no se registran colaboración con organizaciones del sector productivo internacional.

Del análisis de citas se concluye que las mismas no se restringen al ámbito nacional sino que por el contrario es notoria la difusión en otros países. En particular China es el país que efectúa más referencias a los trabajos de autores del DIEC (aun considerando las auto-referencias). El hecho de considerar publicaciones indexadas en Scopus puede explicar en parte que la difusión de los trabajos no se limite al ámbito local.

Como se indicó al inicio del trabajo, el mismo pretendía ser una primera exploración de la colaboración científica a nivel organizacional y sectorial para una unidad académica. Como trabajo futuro se propone enriquecer el análisis de la colaboración con resultados derivados de otras fuentes de datos, a saber, información sobre convenios entre instituciones, las afiliaciones de los integrantes de los proyectos de investigación, o actividades de extensión de la institución. Para entender el contexto de cualquier intervención también resulta necesario extender el análisis a otros departamentos académicos de la misma institución. Además, resultaría muy valioso desarrollar un estudio longitudinal definiendo una red a partir de los proyectos de investigación dirigidos por docentes de la unidad de análisis para atender preguntas sobre el rol de las universidades, el gobierno y el sector productivo en el tiempo y analizar el impacto de programas de gobierno.

## Referencias

An, Y., Janssen, J., & Milios, E. (2004). Characterizing the citation graph as a self-organizing networked information space. *Knowledge and Information Systems*, 664-678.

Arteche, M., Santucci, M., & Welsh, S. (2013). Redes y clusters para la innovación y la transferencia del conocimiento. Impacto en el crecimiento regional en Argentina. *Estudios Gerenciales*, 29, 127-138.

Barabási, A., Jeong, H., Néda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., & Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A*, 311, 590-614.

Bueno, E. (2007). La Tercera Misión de la Universidad: el reto de la transferencia del conocimiento. *Revista madri+d*(41).

Edwards, G. (2010). *Mixed-Method Approaches to Social Network Analysis*. ESRC National Centre for Research Methods.

Etzkowitz, H. (2003). Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Social Science Information*, 42(3), 293-337.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix -University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economics Development. *EASST Review*, 14(1), 11-19.

Etzkowitz, T., & Leydesdorff, L. (2000). The Dynamics of Innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123.

Goh, K., Oh, E., Jeong, H., Kahng, B., & Kim, D. (2002). Classification of scale free network. *PNAS*, 99(20), 12583-12588.

Hanneman, R., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside: University of California.

Hansen, D., Shneiderman, B., & Smith, M. (2011). *Analyzing Social Media Networks with NodeXL*. Burlington: Morgan Kaufman.

Harryson, S., Klikaite, S., & Dudkowski, R. (2007). Making innovative use of academic knowledge to enhance corporate technology innovation impact. *International Journal of Technology Management*, 39(1/2), 131-157.

Hassan, S., & Haddawy, P. (2013). Measuring international knowledge flows and scholarly impact of scientific research. *Scientometrics*, 94(1), 163-179.

Haythornthwaite, C. (1996). Social Network analysis: An Approach and Technique for the Study of Information Exchange. *Library & Information Science Research*, 18(4), 323-342.

Ingwersen, P., Larsen, B., & Wormell, I. (2000). Applying diachronic citation analysis to ongoing research. En B. Cronin, & B. Atkins (Edits.), *The web of*

*knowledge* (págs. 373-387). Medford, NJ: Information Today, Inc. & American Society for Information Science.

Inzelt, A., & Schubert, A. (2011). Collaboration between researchers from academic and non-academic organisations. A case Study of Co-authorship in 12 Hungarian Universities. *Acta Oeconomica*, 61(4), 441-463.

Leydesdorff, L. (2003). The Mutual Information of University-Industry-Government Relations: An Indicator of the Triple Helix Dynamics. *Scientometrics*, 58(2), 445-467.

Lind, F., Styhre, A., & Aaboen, L. (2013). Exploring university-industry collaboration in research centres. *European Journal of Innovation Management*, 16(1), 70-91.

Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.

Newman, M. (2010). *Networks of information*. Oxford University Press.

Park, H., Hong, H., & Leydesdorff, L. (2005). A comparison of the knowledge-based innovation systems in the economies of South Korea and the Netherlands using Triple Helix indicators. *Scientometrics*, 65(1), 3-27.

Persson, O., Danell, R., & Schneider, J. (2009). How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. En F. Åström, R. Danell, B. Larsen, & J. Schneider (Edits.), *Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday* (págs. 1-24). Leuven: International Society for Scientometrics and Informetrics.

Ponds, R. (2009). The limits to internationalization of scientific research collaboration. *Journal of Technology Transfer*, 34, 76-94.

Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.

Shinn, T. (2002). The Triple Helix and New Production of Knowledge Prepackaged Thinking on Science and Technology. *Social Studies of Science*, 32(4), 599-614.

Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41(1), 643-681.

Swar, B., & Khan, G. (2014). Mapping ICT knowledge infrastructure in South Asia. *Scientometrics*, 99(1), 117-137.

Ye, F., Yu, S., & Leydesdorff, L. (2013). The Triple Helix of university-industry-government relations at the country level and its dynamic evolution under the pressures of globalization. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(11), 2317-2325.

Yoguel, G., Lugones, M., & Sztulwark, S. (2007). *La política científica y tecnológica argentina en las últimas décadas: algunas consideraciones desde la perspectiva del desarrollo de procesos de aprendizaje*. Santiago de Chile: CEPAL.

Zawislak, P., & Dalmarco, G. (2011). The silent run: new issues and outcomes for university-industry relations. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6(2), 66-82.

## Anexos

**Tabla 2.** Descripción de las etiquetas utilizadas en las redes de coautorías a nivel institucional.

Etiqueta	Institución	Etiqueta	Institución
Aalto Univ	School of Electrical Engineering	Univ Costa Rica	DCILab Escuela de Ingeniería Eléctrica
Base Naval PB	SIAG	Univ Cyprus	Holistic Electronics Research Lab
CIC	Comisión de Investigaciones Científicas	Univ France	Dpto. Ingeniería Eléctrica y Computadoras France
CIFASIS-CONICET	CIFASIS-CONICET	Univ Girona	Grup de Grafics de Girona
Clínica BB	Clínica Privada Bahiense	Univ Hopkins	Electrical and Computer Hopkins
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones	Univ Jagiellonian	Department of Information Technologies

	Científicas y Técnicas		
CONICET-Pampa	Proyecto redes CONICET Pampa	Univ La Plata	Departamento de Electrotecnia de UNLP
DE-UNS	Departamento de Economía	Univ Los Andes	Centro de Microelectrónica
DGT-UNS	Departamento de Geografía y Turismo	Univ Madrid	Universidad Autónoma de Madrid
DG-UNS	Departamento de Geología	Univ Miami	Department of Philosophy
DIEC-UNS	Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras	Univ Mons	Faculté Polytechnique
DM-UNS	Departamento de Matemática	Univ Panama	Facultad de Ingeniería Eléctrica Panamá
DQ-UNS	Departamento de Química	Univ Paraiba	Universidade Federal da Paraíba
FERMI	Fermi National Accelerator Laboratory	Univ Pernambuco	Departamento de Clínica e Odontología Preventiva
Htal Municipal BB	Departamento de Neurología Hospital Municipal Bahía Blanca	Univ Pernambuco	Departamento de Estadística e Informática de Pernambuco
IADO-CONICET	Instituto Argentino de Oceanografía	Univ Pernambuco	Departamento de Física de Pernambuco
IIIE-Conicet	Instituto de Investigaciones en	Univ Potsdam	Department of Psychology



	Ingeniería Eléctrica CONICET		
INECO	Institute of Cognitive Neurology (INECO)	Univ Pretoria	Department of Electrical Pretoria
INIBIBB-CONICET	Instituto de Investigaciones Bioq BB	Univ Rio Cuarto	Grupo de Electrónica Aplicada (GEA)
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria	Univ Rome	Dept. Information
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial	Univ Rovira	Department of Computer Rovira i Virgili
Univ Arkansas	Department of Electrical Engineering of Arkansas	Univ Sevilla	Department of Electrical Eng Sevilla
Univ Catalunya	Department of Computer Architecture	Univ Stavanger	Department of Electrical Engineering and Computer Science
Univ Católica	Electrical Engineering Department Uruguay	Univ Stony Brook	Department of Electrical Stony Brook
Univ Chile	Computer Science Department Chile	Univ Sydney	Australian Centre for Field Robotics
Univ Coimbra	Instituto de Telecomunicaciones	Univ Veracruz	Facultad de Instrumentación Electrónica
Univ Colombia	Department of Electrical and Electronics	Univ Vermont	Department of Plant and Soil Science

	Engineering and Computer Science		
Univ Comahue	Departamento de Electrotecnia	UTN	Facultad de Ing Electrica UTN

Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULO SIN EDITAR