Redes de coautoría y estructura social de proyectos nacionales de informática

M.J. Cobo[1,2][0000−0001−6575−803X], V. Duarte-Martinez[3][0000−0002−5950−7290], T.T. Choji[4][0000−0002−8158−6124], and J.A. Moral-Munoz[5,6][0000−0002−6465−982X]

[1] Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Instituto Andaluz Interuniversitario en Data Science and Computational Intelligence (DaSCI), Universidad de Granada, España
[2] Unit for Computational Humanities and Social Sciences (U-CHASS), Universidad de Granada, España mjcobo@decsai.ugr.es
[3] Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Ecuador vealduar@espol.edu.ec
[4] Departamento de Ingeniería Informática, Universidad de Cádiz, España choji@uca.es
[5] Departamento de Enfermería y Fisioterapia, Universidad de Cádiz, España
[6] Instituto de Investigación e Innovación Biomédica de Cádiz (INiBICA), Universidad de Cádiz, España joseantonio.moral@uca.es

Resumen El análisis de la producción científica permite estudiar no solo resultados bibliográficos, sino también las estructuras sociales de colaboración que emergen alrededor de proyectos de investigación. Las redes de coautoría ofrecen una aproximación trazable para observar estas relaciones a partir de publicaciones indexadas.

El objetivo de este trabajo es analizar la estructura de colaboración científica asociada a proyectos nacionales del área de informática mediante la reconstrucción de redes de coautoría vinculadas a identificadores de financiación. Para ello se integran registros bibliográficos de Web of Science, identificadores de proyectos, autores normalizados y relaciones autor-publicación, construyendo redes internas por proyecto y una red global de colaboración entre proyectos. El dataset incluye 1.611 publicaciones, 128 proyectos y 3.768 autores normalizados. Los resultados muestran que 119 proyectos tienen publicaciones recuperadas, mientras que 9 no generan red de coautoría observable. La red global entre proyectos contiene 117 aristas, 66 componentes conectados y 53 proyectos aislados, lo que indica una conectividad inter-proyecto limitada en el corpus analizado. A nivel interno, las redes de coautoría muestran una elevada heterogeneidad en tamaño y conectividad. La clasificación topológica identifica configuraciones centralizadas, conectadas dispersas, fragmentadas, densas, mínimas y sin colaboración observada, permitiendo comparar de forma sintética las estructuras sociales derivadas de las publicaciones.

Keywords: redes de coautoría · análisis de redes sociales · proyectos de investigación · ciencia de la ciencia · análisis de mapas científicos

1. Introducción

La ciencia de la ciencia estudia la actividad investigadora como un sistema observable a partir de datos sobre publicaciones, citas, autores, instituciones y financiación [5]. Dentro de este marco, el análisis bibliométrico y los mapas científicos permiten representar dominios de conocimiento, trayectorias temáticas y relaciones entre actores científicos [3,4]. Estas aproximaciones ofrecen una base metodológica para examinar no solo la producción científica, sino también las estructuras de colaboración que la sostienen.

Las redes de coautoría constituyen una forma habitual de aproximarse a la dimensión social de la ciencia. En ellas, los autores se representan como nodos y las publicaciones compartidas como vínculos de colaboración observada. Este tipo de redes permite estudiar la cohesión, fragmentación, centralización y presencia de posiciones de intermediación en comunidades científicas [6]. Aunque la coautoría no agota todas las formas de colaboración científica, proporciona una evidencia bibliográfica trazable y comparable para analizar relaciones entre investigadores [2].

Los proyectos de investigación son una unidad relevante para este tipo de análisis. Un proyecto concentra recursos, objetivos científicos y equipos que generan resultados observables en forma de publicaciones. Además, los datos de financiación recogidos en las publicaciones permiten vincular parte de esa producción científica con programas, convocatorias o identificadores concretos de proyecto. Esta información debe tratarse con cautela, ya que los agradecimientos de financiación pueden presentar limitaciones de cobertura y precisión [7,1], pero permite construir aproximaciones empíricas al estudio de la producción asociada a proyectos financiados [8].

Analizar proyectos únicamente mediante indicadores agregados de producción o impacto deja fuera una parte importante de su estructura social observable. Las publicaciones asociadas a un proyecto permiten reconstruir redes internas de coautoría, mientras que los autores compartidos y las coautorías entre autores vinculados a distintos proyectos permiten estudiar relaciones externas entre proyectos de investigación. Esta doble perspectiva distingue entre la colaboración intra-proyecto, centrada en la organización interna de las publicaciones asociadas a cada proyecto, y la colaboración inter-proyecto, centrada en los vínculos observados entre proyectos a través de sus autores.

El objetivo de este trabajo es analizar la estructura de colaboración científica asociada a un conjunto de proyectos de investigación mediante la construcción de redes de coautoría, con el fin de caracterizar tanto la organización interna de los proyectos como las relaciones observadas entre ellos. Para ello se integran registros bibliográficos de Web of Science con identificadores de financiación, se normalizan los nombres de autor, se construyen redes de coautoría por proyecto y una red global entre proyectos, y se clasifican las redes de proyecto según patrones topológicos derivados de sus métricas estructurales.

El resto del artículo se organiza del siguiente modo. La Sección 2 describe las fuentes de datos, la integración de la información y la construcción de las redes. La Sección 3 presenta la estructura global de colaboración entre proyectos, las

características agregadas de las redes de coautoría por proyecto y su clasificación topológica. Finalmente, la Sección 4 resume las principales conclusiones y limitaciones del análisis.

2. Metodología

La metodología transforma registros bibliográficos asociados a proyectos de investigación en estructuras analizables mediante técnicas bibliométricas y de análisis de redes sociales. El procedimiento integra información sobre financiación, publicaciones y autoría para construir redes de coautoría a escala global, redes específicas de cada proyecto y una red agregada de colaboración entre proyectos.

2.1. Fuentes de datos e integración de la información

El análisis parte de dos fuentes principales. La primera es el conjunto de identificadores de financiación de proyectos AEI del área TIC correspondientes a la convocatoria de 2019. La segunda está formada por registros bibliográficos procedentes de Web of Science, recuperados mediante una consulta global compuesta por dichos identificadores de financiación.

La vinculación entre publicaciones y proyectos se realiza a partir del campo de financiación de Web of Science, que contiene los identificadores de los proyectos reconocidos en cada publicación. Cada identificador de financiación se busca en este campo para construir el subconjunto de publicaciones asociado a cada proyecto. Cuando una publicación contiene más de un identificador, se mantiene en todos los proyectos correspondientes, ya que la unidad bibliográfica contribuye a la estructura observable de cada proyecto. Dentro de un mismo proyecto, cada publicación se conserva una sola vez.

La identificación de autores se basa en el campo de nombres completos de autor de Web of Science. Se aplica una normalización de nombres, limitada a operaciones conservadoras como eliminación de espacios redundantes, normalización Unicode, supresión de diacríticos para la comparación, estandarización segura de guiones y apóstrofes, y conversión a minúsculas para el emparejamiento. No se realiza desambiguación completa de autores ni se fusionan identidades por similitud aproximada.

Este proceso genera una tabla de autoridad de autores normalizados y una tabla de relaciones autor-publicación. La primera asigna un identificador interno estable a cada identidad normalizada, mientras que la segunda vincula cada publicación con sus autores, su posición de firma y metadatos bibliográficos básicos. A partir de estas tablas se construye también la red global de coautoría. La integración metodológica desplaza así la unidad inicial de análisis, situada en las publicaciones, hacia tres niveles relacionados: autores, proyectos y relaciones de coautoría observadas.

2.2. Construcción y análisis de las redes de colaboración

Las redes de coautoría se construyen como redes no dirigidas. En ellas, los nodos representan autores normalizados y las aristas representan coautoría observada en al menos una publicación. Se utiliza conteo completo: para una publicación con varios autores, se generan todas las parejas no ordenadas de coautores y cada pareja recibe una unidad de peso por esa publicación. Si la misma pareja aparece en varias publicaciones, el peso de la arista aumenta en consecuencia. Las publicaciones de un solo autor aportan nodos, pero no generan aristas.

La red global se obtiene a partir de todas las relaciones autor-publicación del corpus. Las redes de proyecto se construyen seleccionando, para cada proyecto, las publicaciones asignadas al proyecto y recuperando sus autores normalizados.

Sobre cada red se calculan indicadores estructurales básicos y de cohesión, incluyendo tamaño de la red, número de aristas, densidad, grado medio, grado ponderado medio, componentes conectados, tamaño relativo del componente mayor, presencia de nodos aislados, coeficientes de clustering, transitividad y medidas de centralización. En redes desconectadas, las medidas basadas en caminos se calculan sobre el componente conectado mayor. Las redes muy pequeñas o sin aristas se tratan explícitamente para evitar interpretar como patrones estructurales valores extremos derivados únicamente del tamaño.

Las redes de proyecto se clasifican en siete tipologías mutuamente excluyentes a partir de una jerarquía de decisión basada en sus métricas estructurales.

- `NO_COLLABORATION` se asigna a proyectos sin aristas de coautoría observadas.
- `MINIMAL_STRUCTURE` identifica redes con colaboración observable pero demasiado pequeñas para una interpretación topológica robusta.
- `FRAGMENTED` describe redes en las que la colaboración aparece dividida en componentes desconectados.
- `DENSE_COLLABORATIVE` representa estructuras cohesionadas con alta densidad, clustering elevado y un componente principal amplio.
- `CENTRALIZED_STAR` identifica redes organizadas alrededor de uno o pocos autores muy centrales.
- `BRIDGED_ISLANDS` describe redes donde grupos diferenciados quedan conectados por autores puente.
- `SPARSE_CONNECTED` agrupa redes mayoritariamente conectadas, pero con colaboración selectiva y sin cumplir los criterios de las categorías anteriores.

La asignación de cada red a una categoría sigue una jerarquía común: primero se detectan ausencia de colaboración y estructuras mínimas; después se evalúan fragmentación, densidad, centralización y presencia de puntos de articulación o intermediación; las redes restantes se clasifican como estructuras conectadas dispersas.

El análisis global se utiliza para caracterizar la estructura de coautoría del corpus completo y como base para estudiar relaciones entre proyectos. Para ello se distingue entre solapamiento de autores y colaboración inter-proyecto. El solapamiento indica que un mismo autor normalizado aparece asociado a varios proyectos La colaboración inter-proyecto, en cambio, exige que autores

asociados a proyectos distintos estén conectados por una arista de coautoría en la red global.

A partir de estas relaciones se construye una red de colaboración entre proyectos, en la que los nodos son identificadores de proyectos y las aristas representan vínculos de coautoría entre autores asociados a proyectos diferentes. El peso de cada arista refleja la intensidad agregada de esas colaboraciones. Todos los proyectos se conservan como nodos, incluidos aquellos sin vínculos externos observados, ya que la ausencia de conexiones forma parte de la estructura analizada.

3. Resultados

El corpus analizado contiene 1.611 publicaciones de Web of Science vinculadas a identificadores de financiación de proyectos AEI del área TIC. La Tabla 1 resume la escala de los datos utilizados y muestra la relación entre los proyectos considerados, los proyectos con publicaciones recuperadas y el conjunto completo empleado en la clasificación topológica.

Tabla 1. Escala del corpus y de las unidades analíticas derivadas.

Elemento	Valor
Publicaciones WoS	1.611
Proyectos considerados	128
Autores normalizados	3.768
Relaciones autor-publicación	7.161
Proyectos con publicaciones recuperadas	119
Proyectos sin publicaciones recuperadas	9
Proyectos con red de coautoría analizable	119
Proyectos clasificados topológicamente	128

La diferencia entre los 128 proyectos y los 119 proyectos con publicaciones recuperadas se mantiene explícitamente durante el análisis. Los 9 proyectos sin publicaciones recuperadas no generan nodos ni aristas de coautoría, pero forman parte del universo de proyectos y se incluyen en la clasificación topológica como casos sin colaboración observada.

3.1. Estructura global de colaboración entre proyectos

La red global entre proyectos se construyó a partir de las relaciones de coautoría observadas entre autores asociados a distintos proyectos En esta red, cada nodo representa un proyecto y cada arista indica que existe al menos una relación de coautoría entre autores vinculados a proyectos diferentes. El análisis conserva los 128 proyectos como nodos, incluidos aquellos sin enlaces externos observados, para que la ausencia de vínculos forme parte de la estructura representada.

La Figura 1 muestra esta red global de colaboración entre proyectos. La lectura de la figura debe hacerse a nivel de proyectos: los nodos indican identificadores de proyectos, las aristas indican colaboración inter-proyecto observada en las publicaciones y los nodos aislados corresponden a proyectos sin coautoría externa detectada en el corpus analizado. La figura no representa equipos oficiales ni relaciones administrativas entre proyectos, sino vínculos observados a través de publicaciones compartidas por autores vinculados a distintos proyectos.

La red contiene 117 aristas entre proyectos y se organiza en 66 componentes conectados. El componente de mayor tamaño agrupa 47 proyectos, mientras que 53 proyectos aparecen como nodos aislados, lo que representa el 41,4 % del total. La densidad de la red es 0,014. Estos valores describen una estructura global poco densa, en la que la conectividad entre proyectos no se distribuye de forma uniforme sobre todo el conjunto.

La estructura combina un componente principal visible, varios componentes secundarios de menor tamaño y un conjunto amplio de proyectos aislados. Esta configuración indica que la colaboración inter-proyecto observada aparece concentrada en una parte del corpus, mientras que otros proyectos no presentan vínculos externos en los datos bibliográficos utilizados. En este contexto, un proyecto aislado debe interpretarse como ausencia de colaboración inter-proyecto observada en las publicaciones analizadas, no como ausencia real de relación entre equipos o investigadores.

3.2. Estructura de las redes de coautoría por proyecto

Las redes internas de coautoría por proyecto muestran una variabilidad considerable en tamaño y conectividad. La Tabla 2 presenta un resumen descriptivo de las principales métricas agregadas. Las métricas de conteo incluyen los 128 proyectos considerados, incluidos los proyectos sin publicaciones recuperadas; las métricas de densidad, grado medio y proporción del componente principal se calculan sobre las redes no vacías para las que estas medidas están definidas.

Tabla 2. Resumen descriptivo de las redes de coautoría por proyecto.

Métrica	Media	Mediana	Mín.	Máx.
Publicaciones por proyecto	12,7	9,0	0,0	94,0
Autores por red	31,4	22,0	0,0	193,0
Aristas de coautoría	110,3	56,0	0,0	1.578,0
Componentes conectados	2,1	2,0	0,0	9,0
Proporción del componente principal	0,82	0,91	0,25	1,00
Densidad	0,32	0,22	0,03	1,00
Grado medio	5,63	5,05	1,00	24,92
Nodos aislados	0,02	0,00	0,00	1,00

En términos de tamaño, las redes presentan una media de 12,7 publicaciones por proyecto y una mediana de 9,0, con un máximo de 94 publicaciones. La

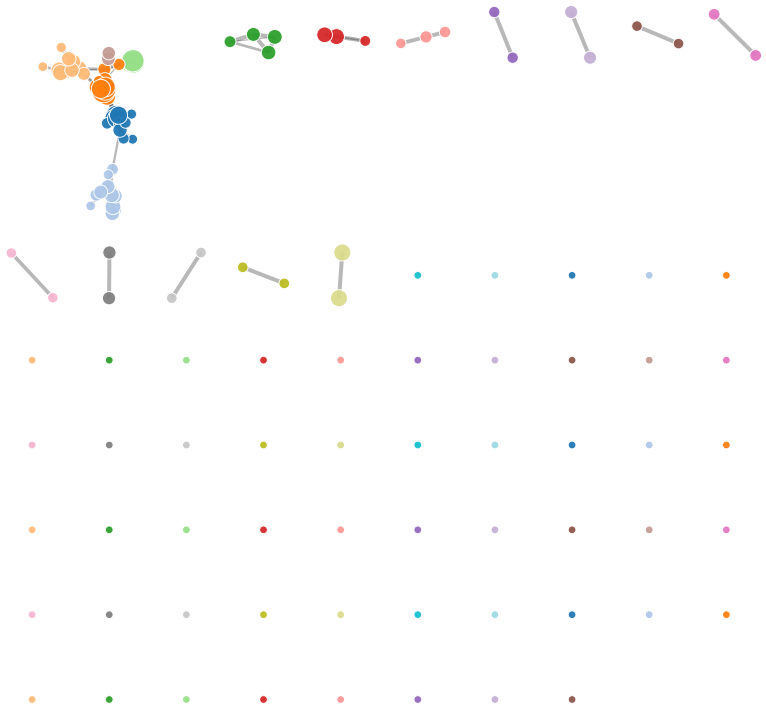


Figura 1. Red global de colaboración entre proyectos. Los nodos representan proyectos identificados mediante sus identificadores y las aristas indican la existencia de al menos una relación de coautoría observada entre autores vinculados a distintos proyectos. Los nodos aislados se conservan en la visualización.

diferencia entre media y mediana, junto con el rango observado, describe una distribución heterogénea en la que algunos proyectos concentran un volumen de publicaciones superior al caso central. Esta heterogeneidad se refleja también en el número de autores por red, con una media de 31,4 autores y una mediana de 22,0.

La misma pauta aparece en las aristas de coautoría. La media de aristas por proyecto es 110,3, mientras que la mediana es 56,0 y el máximo alcanza 1.578. Esta diferencia entre valores medios y medianos indica que algunas redes tienen una conectividad interna muy superior al conjunto central de proyectos. La lectura de estos valores debe hacerse con cautela, ya que el número de aristas depende tanto del volumen de publicaciones como del número de autores por publicación.

La conectividad interna presenta una estructura generalmente organizada en pocos componentes. La mediana de componentes conectados es 2,0, y la proporción mediana del componente principal alcanza 0,91 en las redes donde esta medida está definida. Al mismo tiempo, el valor mínimo de la proporción del componente principal es 0,25, lo que muestra la existencia de redes con una fragmentación interna más acusada. La presencia de nodos aislados es baja en términos agregados, con una mediana igual a cero.

La densidad y el grado medio aportan una lectura complementaria de la intensidad de la colaboración interna. La densidad mediana es 0,22 y el grado medio mediano es 5,05. Estos indicadores deben interpretarse teniendo en cuenta el tamaño de cada red, ya que redes pequeñas pueden alcanzar densidades elevadas con pocos nodos, mientras que redes grandes pueden mostrar densidades menores aunque contengan más relaciones de coautoría.

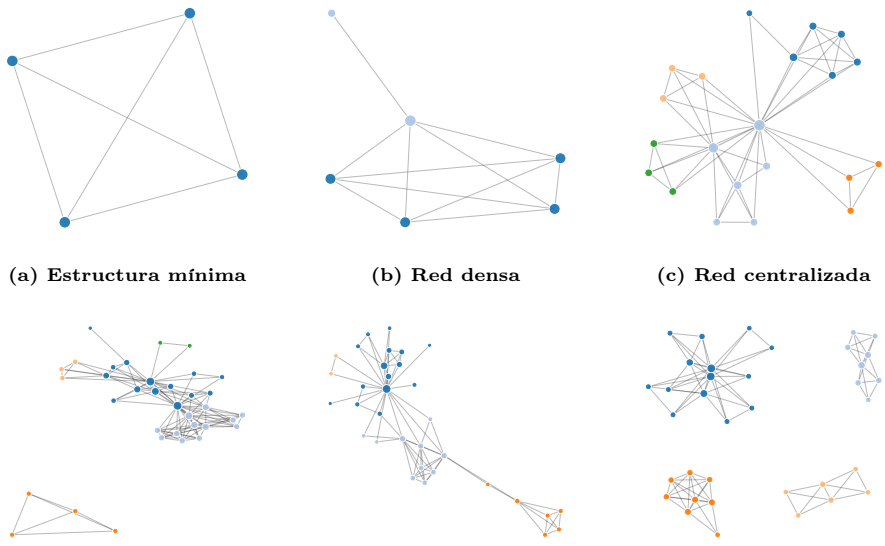
La clasificación topológica asigna cada proyecto a una única categoría a partir de una jerarquía basada en ausencia de aristas, tamaño mínimo, fragmentación, densidad, centralización e intermediación. La Tabla 3 muestra la distribución resultante y el rasgo estructural dominante asociado a cada tipo.

Las categorías con mayor número de proyectos son `CENTRALIZED_STAR` y `SPARSE_CONNECTED`, seguidas de `FRAGMENTED`. Esto indica que una parte relevante de las redes se organiza alrededor de estructuras centralizadas o conectadas de forma selectiva, mientras que otro conjunto aparece dividido en componentes. Las categorías `DENSE_COLLABORATIVE` y `MINIMAL_STRUCTURE` son menos frecuentes en la distribución, y `NO_COLLABORATION` agrupa los proyectos que no generan aristas de coautoría observadas.

La Figura 2 muestra ejemplos representativos de las topologías visualizables. La selección se realizó usando como criterio la cercanía a la mediana de su categoría en tamaño de red, número de aristas, proporción del componente principal y densidad. La categoría `NO_COLLABORATION` no se representa visualmente porque sus casos no contienen nodos ni aristas en las redes generadas.

Tabla 3. Distribución de proyectos según la tipología de sus redes de coautoría.

Tipo de topología	Proyectos	%	Rasgo estructural dominante
NO_COLLABORATION	9	7,0	Ausencia de aristas de coautoría observadas.
MINIMAL_STRUCTURE	10	7,8	Red con colaboración, pero tamaño inferior a los umbrales interpretativos.
DENSE_COLLABORATIVE	7	5,5	Alta densidad, clustering elevado y componente principal amplio.
CENTRALIZED_STAR	34	26,6	Elevada centralización de grado y concentración en uno o pocos autores.
SPARSE_CONNECTED	32	25,0	Estructura mayoritariamente conectada con colaboración selectiva.
BRIDGED_ISLANDS	14	10,9	Grupos conectados mediante autores puente o posiciones de intermediación.
FRAGMENTED	22	17,2	Red dividida en componentes con baja proporción del componente principal.



(a) Estructura mínima **(b) Red densa** **(c) Red centralizada**

(d) Red dispersa conectada **(e) Islas conectadas** **(f) Red fragmentada**

Figura 2. Ejemplos representativos de las principales topologías visualizables en las redes de coautoría por proyecto. En cada panel, los nodos representan autores y las aristas relaciones de coautoría dentro del proyecto correspondiente.

4. Conclusiones

Este trabajo ha reconstruido y analizado estructuras de colaboración científica asociadas a proyectos de investigación a partir de registros bibliográficos, autores normalizados, relaciones autor-publicación e identificadores de financiación. La aproximación seguida permite pasar de publicaciones individuales a redes de coautoría por proyecto y a una red de colaboración entre proyectos, manteniendo una correspondencia explícita entre las unidades bibliográficas, los autores y los identificadores de proyectos.

La principal conclusión es que el análisis de redes permite observar los proyectos de investigación no solo como unidades administrativas o bibliográficas, sino como estructuras sociales de colaboración con configuraciones diferenciadas. Las publicaciones asociadas a cada proyecto ofrecen una capa empírica desde la que estudiar su cohesión interna, mientras que las relaciones de coautoría entre autores vinculados a distintos proyectos permiten analizar la conectividad externa entre proyectos. Esta lectura debe entenderse siempre como una reconstrucción basada en colaboración observada en publicaciones, no como una descripción directa de los equipos oficiales de investigación.

La red global de colaboración entre proyectos muestra una conectividad limitada. Aunque todos los proyectos se conservan como nodos, la estructura obtenida contiene numerosos componentes y una proporción elevada de proyectos aislados. El mayor componente agrupa solo una parte del conjunto total de proyectos, mientras que la densidad global es baja. Estos resultados indican que la colaboración inter-proyecto observada en las publicaciones analizadas no se distribuye de forma homogénea sobre todo el conjunto, sino que se concentra en ciertos grupos conectados y convive con un número relevante de proyectos sin vínculos externos observados.

La presencia de nodos aislados en la red entre proyectos no debe interpretarse como ausencia real de relación entre equipos o investigadores. En el marco de este análisis, un proyecto aislado indica únicamente que no se han observado aristas de coautoría con otros proyectos en el corpus bibliográfico utilizado. Mantener estos nodos en la red y en la visualización permite representar también la ausencia de vínculos observados como parte de la estructura analizada.

Las redes internas de coautoría por proyecto muestran una variabilidad clara en tamaño, número de aristas, componentes conectados, densidad y proporción del componente principal. Esta heterogeneidad sugiere que los proyectos no generan una única forma de organización colaborativa observable en las publicaciones. Algunas redes presentan estructuras compactas o muy centralizadas, mientras que otras aparecen más dispersas, fragmentadas o articuladas mediante posiciones de intermediación. El análisis por proyecto permite caracterizar estas diferencias sin reducir la colaboración científica a un único indicador agregado.

La clasificación topológica sintetiza esta heterogeneidad en un conjunto de categorías comparables. Las tipologías distinguen redes sin colaboración observada, estructuras mínimas, redes densas, configuraciones centralizadas, redes conectadas dispersas, estructuras con islas conectadas por autores puente y redes fragmentadas. Esta clasificación no sustituye a las métricas estructurales,

pero facilita interpretar patrones recurrentes sin depender de una lista extensa de indicadores para cada proyecto.

Desde el punto de vista de la ciencia de la ciencia, el estudio muestra el valor de integrar información bibliográfica, datos de financiación y análisis de redes para examinar la estructura social de la producción científica asociada a proyectos. El enfoque complementa los indicadores bibliométricos tradicionales, centrados habitualmente en producción, impacto o visibilidad, con una representación relacional de cómo se organizan las colaboraciones observadas en las publicaciones.

La distinción entre colaboración intra-proyecto e inter-proyecto aporta una lectura adicional del ecosistema analizado. La primera permite estudiar cómo se organiza la coautoría dentro de cada proyecto; la segunda permite observar qué proyectos aparecen conectados entre sí mediante coautorías entre autores asociados a distintos proyectos.

El estudio presenta varias limitaciones. En primer lugar, depende de las publicaciones indexadas en Web of Science y de la calidad de los registros bibliográficos disponibles. En segundo lugar, la vinculación entre publicaciones y proyectos se basa en los identificadores de proyectos reconocidos en los campos de financiación, por lo que pueden quedar fuera publicaciones relevantes sin reconocimiento correcto o completo de la financiación. En tercer lugar, la coautoría captura solo una dimensión visible de la colaboración científica y no registra otras formas de cooperación, coordinación o participación en un proyecto.

También es necesario interpretar con cautela la ausencia de aristas. Una red sin vínculos externos, o un proyecto clasificado sin colaboración observada, refleja ausencia de coautoría en los datos analizados, no necesariamente ausencia real de relaciones entre investigadores o equipos. Del mismo modo, las métricas estructurales pueden verse afectadas por el tamaño de las redes, por la presencia de publicaciones con muchos autores y por las diferencias en volumen de producción entre proyectos.

La clasificación topológica debe entenderse como una síntesis operativa de estructuras complejas. Su finalidad es hacer comparables las redes de coautoría por proyecto, no agotar la interpretación de cada caso ni sustituir una inspección cualitativa cuando esta sea necesaria. Futuras extensiones podrían incorporar una perspectiva longitudinal, comparar áreas científicas o integrar otras relaciones bibliográficas y organizativas para ampliar la representación de la colaboración observada.

En conjunto, el enfoque propuesto proporciona una forma reproducible de caracterizar la estructura social de proyectos de investigación y sus conexiones observadas a partir de publicaciones. La combinación de redes internas, red entre proyectos y tipologías estructurales permite describir de manera integrada cómo se organiza la colaboración científica en el corpus analizado.

Agradecimientos

Esta contribución es parte del proyecto de I+D+i C-ING-165-UGR23, cofinanciado/a por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación y por la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

Referencias

1. Álvarez-Bornstein, B., Morillo, F., Bordons, M.: Funding acknowledgments in the web of science: completeness and accuracy of collected data. Scientometrics **112**(3), 1793–1812 (2017). https://doi.org/10.1007/s11192-017-2453-4
2. Bordons, M., Aparicio, J., González-Albo, B., Díaz-Faes, A.A.: The relationship between the research performance of scientists and their position in co-authorship networks in three fields. Journal of Informetrics **9**(1), 135–144 (2015). https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.12.001
3. Börner, K., Chen, C., Boyack, K.W.: Visualizing knowledge domains. Annual Review of Information Science and Technology **37**(1), 179–255 (2003). https://doi.org/10.1002/aris.1440370106
4. Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E., Herrera, F.: Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. Journal of the American Society for Information Science and Technology **62**(7), 1382–1402 (2011). https://doi.org/10.1002/asi.21525
5. Fortunato, S., Bergstrom, C.T., Börner, K., Evans, J.A., Helbing, D., Milojević, S., Petersen, A.M., Radicchi, F., Sinatra, R., Uzzi, B., Vespignani, A., Waltman, L., Wang, D., Barabási, A.L.: Science of science. Science **359**, eaao0185 (3 2018). https://doi.org/10.1126/science.aao0185
6. Newman, M.E.J.: The structure of scientific collaboration networks. Proceedings of the National Academy of Sciences **98**(2), 404–409 (2001). https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.404
7. Paul-Hus, A., Desrochers, N., Costas, R.: Characterization, description, and considerations for the use of funding acknowledgement data in web of science. Scientometrics **108**(1), 167–182 (2016). https://doi.org/10.1007/s11192-016-1953-y
8. Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., Delbianco, N.R., Grácio, M.C.C.: Public funding accountability: a linked open data-based methodology for analysing the scientific productivity and influence of funded projects. Scientometrics **129**, 5841–5868 (2024). https://doi.org/10.1007/s11192-024-04975-8