



**XVI**  
Congreso Nacional de  
Investigación Educativa  
CNIE-2021

## Las estructura de la colaboración científica de los astrofísicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica de la UNAM. Un análisis de las redes de coautoría de publicaciones científicas

**Christian Jonathan Poblete-Trujillo**

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco  
[pobletetrujillochristian@gmail.com](mailto:pobletetrujillochristian@gmail.com)

Área temática 11. Educación superior y ciencia, tecnología e innovación.

Línea temática: Actores y comunidades de los sistemas de educación superior, de ciencia, tecnología e innovación: estudiantes, profesores, científicos, autoridades, personal administrativo, consorcios, movimientos estudiantiles, sindicatos.

Redes de investigación científica y tecnológica y su papel en la producción de conocimiento.

Tipo de ponencia: Reporte parcial de investigación.



### Resumen

Esta ponencia consiste en un análisis de las redes de coautoría de la producción científica de los 27 astrofísicos adscritos al Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde el enfoque del análisis de redes sociales, el objetivo de esta ponencia es describir la estructura de la red de colaboración, así como los grados de centralidad que la conforman: centralidad de grado nodal/Freeman, de cercanía y de intermediación, con las cuales se explican los actores que más influyen en otros actores, los que más fuerza tienen y los que más conectan unos con otros. La ruta metodológica de este trabajo se orientó a cuantificar y visualizar las redes de colaboración de los astrofísicos en mención a partir de 428 publicaciones indizadas en Scopus del año 2015 al 2019. Producto de las medidas de centralidad se destacan los siguientes resultados: los investigadores del Instituto en mención tienen un gran peso en la red de colaboración científica: 10 de ellos son de los 11 actores con mayor influencia directa en la red; 7 son de los 10 actores con mayor fortaleza en la red; y los 11 actores con el rol de mayor intermediación con los otros actores de la red son investigadores del IRyA.

**Palabras clave:** Producción científica, Artículos Científicos, Estudios bibliométricos, Redes de conocimiento, Científicos.

## Introducción

La colaboración científica se puede estudiar desde distintas perspectivas disciplinarias, temáticas, teóricas, metodológicas, contextuales y de unidades de análisis (Katz & Martin, 1997; Sonnenwald, 2007). Por ejemplo, se puede indagar desde una perspectiva global: la colaboración científica ocurre en la movilidad y la circulación internacional de investigadores (Gaillard, Gaillard, & Arvanitis, 2014; Kleiche-Dray & Villavicencio, 2014, p. 11), en el que se dan intercambios de conocimientos mediante programas de cooperación bilateral y redes de especialistas (Badillo & Didou, 2015). También la colaboración científica se puede enfocar en la creación o ampliación de centros de investigación, en el fomento del trabajo interdisciplinario y de la vinculación universidad-empresa (Katz & Martin, 1997); por conducto de las redes académicas formalizadas -o no- con convenios institucionales (Kleiche-Dray & Villavicencio, 2014, pp. 13-14); o incluso por medio de la colaboración en línea, asistida por las tecnologías de la información y la comunicación, de ahí los llamados ‘colaboratorios’ (Durampart, 2015).

Por igual, tenemos la perspectiva que se enfoca en la colaboración en tanto que red, como un conjunto de nodos y enlaces que se refieren a las unidades de investigación, pudiendo ser los individuos, grupos o instituciones (Chang & Huang, 2013; Heidler, 2011; Jung & Ruiz-León, 2018; Ruiz León & Russell Barnard, 2016). Esa es justamente la modalidad de colaboración científica que aquí interesa. Específicamente el objetivo de esta investigación es analizar la red de colaboración científica de los astrofísicos del Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por medio de las coautorías en la producción científica indizada en la base de datos *Scopus* en el periodo 2015-2019.

Las redes de colaboración entre científicos se pueden cuantificar a través de elementos bibliográficos como las coautorías de documentos científicos (Jung & Ruiz-León, 2018, p. 3; Russell, Madera, & Ainsworth, 2009). Algunos de los principales motivos por el que este estudio se enfoca en la colaboración científica mediante publicaciones con autor múltiple son los siguientes: la coautoría evidencia y cuantifica que al menos dos autores participaron en producir conocimiento en un documento científico avalado en una revisión por pares; se puede trabajar con muestras grandes, lo que implica la obtención de resultados estadísticamente significativos; el investigador no interfiere en el proceso de colaboración la colaboración (Katz & Martin, 1997, pp. 2-3).

Esta pesquisa contribuye a la línea temática: “9. Redes de investigación científica y tecnológica y su papel en la producción de conocimiento” porque profundiza en las propiedades relacionales de una red de colaboración científica compuesta por el conjunto de investigadores de una institución concreta del sistema de educación superior: el IRyA de la UNAM. La importancia de estudiar el IRyA radica, entre otros motivos, en que el Subsistema de Investigación Científica (SIC) de la UNAM, que se conforma por tres áreas del conocimiento: Ciencias Físico-Matemáticas, Ciencias Químico-Biológicas y de la Salud, y Ciencias de la Tierra e Ingenierías. De los 30 centros e institutos que en el 2014 integraron el SIC, de acuerdo con el estudio de Jung y Ruiz-León

(2018), el IRyA registró 77.13% de colaboración internacional, medido por el porcentaje de artículos publicados sólo con participación de instituciones extranjeras con respecto a su total de artículos publicados de 1981 al 2013 en *Web of Science*.

Ese alto porcentaje de colaboración internacional representa el mayor de todas las entidades del SIC. Para dimensionar lo que eso implica, si consideramos las 30 entidades del SIC el promedio de colaboración internacional es de 43.06%. Asimismo, el IRyA es la entidad del SIC con el porcentaje más bajo de artículos publicados únicamente con instituciones nacionales con el 01.42%. Mientras que el promedio del SIC es de 22.42% (Jung & Ruiz-León, 2018, p. 9). Sin embargo, desconocemos cómo se componen las propiedades relaciones de la red de colaboración científica del IRyA, vista como una red total a nivel de sus científicos y sus colaboradores (Marin & Wellmann, 2011, p. 19). En eso consiste el aporte de esta ponencia en esta línea temática.

## Desarrollo

Es común la polisemia en el concepto de colaboración (Hara, Solomon, Kim, & Sonnenwald, 2003, p. 953). En este caso, dicho concepto se usa bajo un enfoque de análisis de redes sociales, que se constituye por un conjunto de actores interconectados entre sí. Dichos actores se interrelacionan por medio de determinados atributos y patrones, con los que conforman ese sistema de conexiones. Bajo un enfoque de redes, entonces, lo que hay que explicar son las propiedades relacionales (Faust, 2002, pp. 1-3; Marin & Wellmann, 2011, pp. 11-12). En este caso, la red social es la red de colaboración científica compuesta por las *relaciones de coautoría* de la producción científica (publicaciones), indizada en la base Scopus correspondiente al periodo 2015 al 2019, de los investigadores adscritos al Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Específicamente las propiedades relacionales que analizamos de la red de colaboración científica del IRyA son la densidad: el número de diadas conectadas entre sí; la longitud para conectar pares de nodos; la fuerza de enlace promedio; y la centralización: grado en que la red está dominado por un actor central (Marin & Wellmann, 2011, p. 21). Tomamos en cuenta esas tres medidas de centralidad en redes diádicas unimodal: (1) los actores son centrales si están activos en la red (motivación de centralidad de grado nodal); (2) los actores son fundamentales si pueden contactar con otros a través de caminos eficientes (cortos) (motivación de centralidad de cercanía); (3) los actores son fundamentales si tienen el potencial de mediar en los flujos de recursos o información entre otros actores (motivación de centralidad de intermediación) (Faust, 1997, p. 160).

En una red unimodal la centralidad de grado nodal corresponde al número de relaciones que el actor tiene con otros actores. La centralidad de cercanía se basa en las distancias geodésicas entre los actores de una red (nodos de un grafo), y no es aplicable a relaciones valorizadas. Su índice se mide por medio de la distancia geodésica promedio entre un nodo y todos los demás nodos del grafo. En una red diádica de un solo modo la

centralidad de intermediación se enfoca en la medida en que los actores se ubican en caminos geodésicos entre otros pares de actores (Faust, 1997, pp. 169–174).

Ahora bien, antes de profundizar en cada uno de esas medidas de centralidad, describamos el procedimiento metodológico. Se buscó la producción científica de cada uno de los 27 investigadores del IRyA en la base de datos de Scopus; se descargó en formato de Valores Separados por Comas (CSV, por sus siglas en inglés). Se compilaron cada uno de los registros por autor en un solo documento en EXCEL. De ahí se procedió a limpiar la base de datos en ACCESS para excluir los documentos repetidos como cuando dos o más astrofísicos del IRyA participaron en el mismo artículo, o cuando el mismo autor tiene dos versiones distintas de su nombre, p.ej. Zapata, L. y Zapata. L.A, o Carrasco-González, Carlos y Carrasco González, Carlos. Posteriormente, se relacionaron los vínculos entre actores para conformar la red de colaboración. Se analizó la producción científica de los 27 investigadores del IRyA, que se compuso de 428 artículos indizados en la base de datos Scopus del año 2015 al 2019. De esos 428 artículos destaca que el total se tratan de publicaciones en inglés distribuidas en 20 revistas o actas de eventos académicos. Son tres las revistas que aglutinan la mayor parte de las publicaciones: *Astrophysical Journal* con 160 artículos (37.38%); *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* con 130 artículos (33,41%) y *Astronomy and Astrophysics* con 74 artículos (19.29%). En conjunto las tres revistas incluyen el 90.08% del total de los 428 artículos (Ver Tabla 1). Si revisamos la distribución de los artículos por año, observamos un incremento del año 2015 al 2019, aunque no se trata de un aumento sostenido, puesto que en el 2016 se publicaron más artículos que en el 2017 y 2018. Podemos afirmar que entre cada uno de los años que comprende el periodo bajo revisión hay una proporción relativamente equitativa, pero en ascenso. El límite inferior se da en el 2015 con 69 artículos (16.12%) y el límite superior en el 2019 con 97 artículos (22.66%) (Ver Tabla 2).

Tabla 1. Producción científica en Scopus (2015-2019) de los investigadores del IRyA distribuida por revista y número de publicaciones

Nombre de la revista	Número de publicaciones	Porcentaje
Astronomical Journal	10	02.34
Astronomy and Astrophysics	74	17.29
Astrophysical Journal	160	37.38
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	143	33.41
Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica	10	2.34
Proceedings of the International Astronomical Union	10	2.34
Otras (14 journals)	21	4.91
Total	428	100.00

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus (2015-2019).

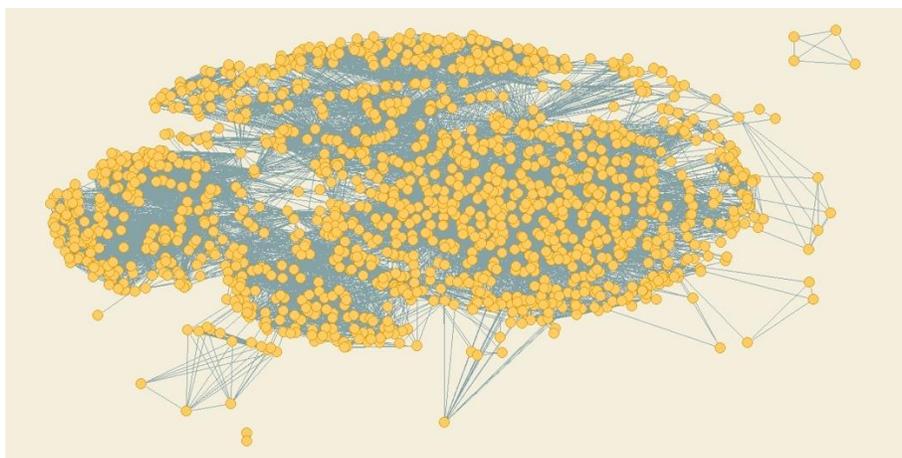
Tabla 2. Producción científica en Scopus (2015-2019) de los investigadores del IRyA distribuida por año y número de publicaciones

Año de publicación	Número de publicaciones	Porcentaje
2015	69	16.12
2016	91	21.26
2017	84	19.63
2018	83	19.39
2019	97	22.66
Total	428	100.000

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus (2015-2019).

En el total de publicaciones colaboraron 1,407 actores (coautores) distintos, los cuales en conjunto conformaron 17,185 relaciones de coautoría. La estructura de esa red se elaboró por medio del algoritmo Kamada Kawai (Ruiz León & Russell Barnard, 2016) para determinar la distancia teórica de los actores en la red de colaboración. Se trata de una estructura de colaboración muy centralizada con un núcleo de actores muy grande, denso y cohesivo, algunos subnúcleos cercanos al núcleo más importante y una periferia muy pequeña, con apenas unos cuantos actores conectados débilmente (Borgatti & Everett, 1999), como se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Estructura de la red de colaboración de los investigadores del IRyA con base en la producción científica en Scopus (2015-2019)



Fuente: Elaboración propia en el software Pajek.

Una vez que analizamos las medidas de centralidad encontramos que entre los 1,407 actores los siguientes grados de centralización en la red de colaboración: la centralización de grado nodal: 22.42, que significa el promedio del número de vínculos de un actor con otros actores, cuando el máximo podría ser de 1,406 si todos estuvieran conectados con todos. Por su parte, la centralización de Freeman: 0.145, lo que mide es el grado nodal entre el número máximo de posibles vínculos, con esta medida de centralidad se homologa esta red con respecto a cualquier otra red, pues así no se diferencia el número de actores que componen la red. Entre más cerca se esté del 1.0 en la centralidad de Freeman significa que todos los actores están conectados con todos.

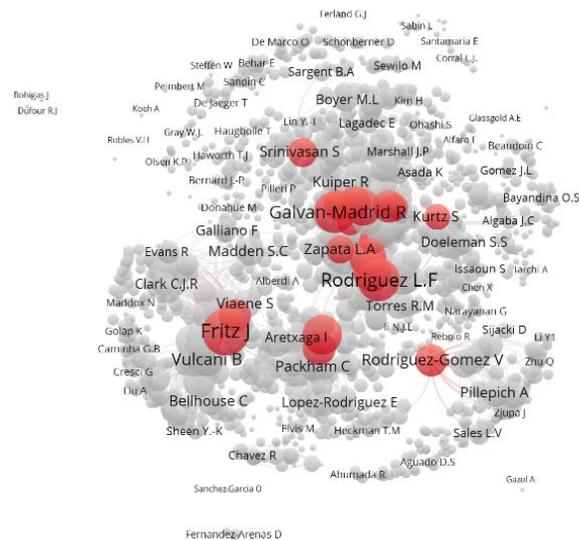
Con estas mismas medidas podemos observar la influencia directa que tienen los actores, en donde se destaca que 10 de los 11 actores con más influencia son investigadores del IRyA. El más influyente es Roberto Galván-Madrid con un valor de 226 en el grado nodal, seguido por Jacobo Fritz: 215, luego Luis Felipe Rodríguez: 199, Laurent Loinard y Carlos Carrasco-González: 164, y Aina Palau: 154 (ver Tabla 3 y Figura 1).

Tabla 3. Principales actores de acuerdo con el grado nodal y la centralidad de Freeman

Lugar	Centralidad de grado nodal		Centralidad de Freeman
	Nombre de actor	Valor	Valor
1	Galvan-Madrid R**	226	0.160
2	Fritz J**	215	0.152
3	Rodriguez L.F**	199	0.141
4	Loinard L**	164	0.116
5	Carrasco-Gonzalez C**	164	0.116
6	Palau A**	159	0.113
7	Gonzalez-Martin O**	143	0.101
8	Liu H.B	141	0.100
9	Zapata L.A**	135	0.096
10	Rodriguez-Gomez V**	127	0.090
11	Srinivasan S**	127	0.090
12	Testi L	114	0.081
13	Sanchez-Monge A	108	0.076
14	Menten K.M	105	0.074
15	Goddi C	103	0.073
16	Kurtz S**	102	0.072
17	Longmore S	102	0.072
18	Beuther H	98	0.069
19	Alonso-Herrero A	91	0.064
20	Baes M	90	0.064

Nota: \*\* Investigador del IRyA.

Figura 1. Centralidad de grado nodal/Freeman en la red de colaboración del IRyA (2015-2019)



Fuente: Elaboración propia con los software: Pajek y VOSviewer, a partir de los datos de Scopus (2015-2019).

En relación con la centralidad de cercanía, que mide la fortaleza del actor en la red, el promedio en la red de colaboración es: 0.307. Se destaca que los 6 actores con mayor fortaleza de la red son investigadores del IRyA, siendo los primeros 5 radioastrónomos. El actor con mayor fortaleza es Luis Felipe Rodríguez con un valor de 0.471, seguido por Roberto Galván-Madrid: 0.444, después Laurent Loinard: 0.437, luego Carlos Carrasco-González: 0.436, y Luis Alberto Zapata: 0.433 (Ver Tabla 2 y Figura 2).

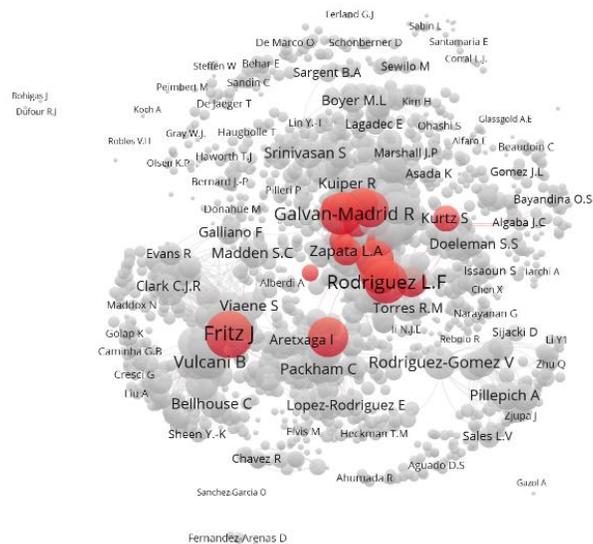
Tabla 2. Principales actores de acuerdo con la centralidad de cercanía y de intermediación

Lugar	Centralidad de cercanía		Centralidad de intermediación	
	Nombre de actor	Valor	Nombre del actor	Valor
1	Rodriguez L.F**	0.471	Rodriguez L.F**	0.167
2	Galvan-Madrid R**	0.444	Fritz J**	0.152
3	Loinard L**	0.437	Rodriguez-Gomez V**	0.128
4	Carrasco-Gonzalez C**	0.436	Galvan-Madrid R**	0.095
5	Zapata L.A**	0.433	Gonzalez-Martin O**	0.088
6	Palau A**	0.431	Zapata L.A**	0.071
7	Liu H.B	0.423	Loinard L**	0.063
8	Forbrich J	0.419	Srinivasan S**	0.0588
9	Gonzalez-Martin O**	0.416	Kurtz S**	0.050
10	Tafoya D	0.413	Palau A**	0.050
11	Menten K.M	0.405	Carrasco-Gonzalez C**	0.043
12	Dzib S.A	0.405	Liu H.B	0.038
13	Morata O	0.401	Forbrich J	0.036
14	Testi L	0.397	Boquien M	0.032
15	Kurtz S**	0.397	Aretxaga I	0.032
16	Girart J.M	0.397	Dzib S.A	0.031
17	Curiel S	0.396	Madden S.C	0.031
18	Jimenez-Serra I	0.395	Barrera-Ballesteros J	0.026
19	Fritz J**	0.392	Toala J.A**	0.025
20	Sanchez-Monge A	0.391	Guerrero M.A	0.025

Fuente: Elaboración propia con base en Scopus (2015-2019).

Nota: \*\* Investigador del IRyA.

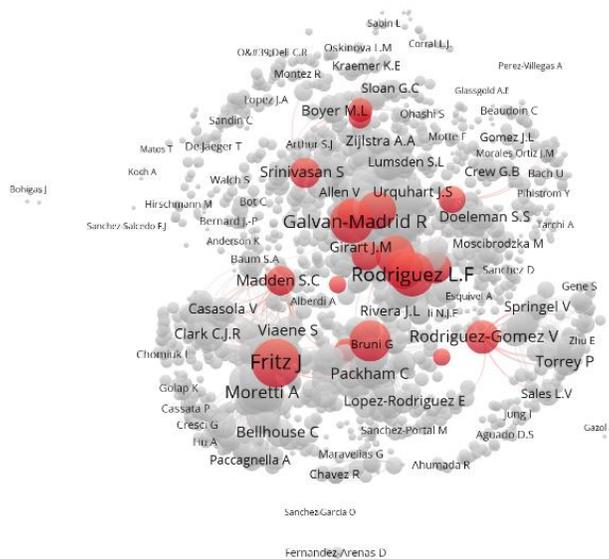
Figura 2. Centralidad de cercanía en la red de colaboración del IRyA (2015-2019)



Fuente: Elaboración propia con los software: Pajek y VOSviewer, a partir de los datos de Scopus (2015-2019).

Finalmente, en lo que tiene que ver con la centralidad de intermediación, el promedio de la red de colaboración es igual a 0.001. Esta medida de centralidad lo que indica es el rol del actor como intermediador con los otros actores. Quiere decir que no es una red que a partir de sus actores se conecten directamente con otros: grado bajo de intermediación. Los 11 actores con mayor valor en este aspecto son investigadores del IRyA, y 3 de los 5 primeros pertenecen al área de extragaláctica. Nuevamente Luis Felipe Rodríguez es el actor con mayor valor en la red: 0.167, seguido por Jacopo Fritz 0.152, luego Vicente Rodríguez-Gómez, después Roberto Galván-Madrid: 0.952 y Oimara González-Martín: 0.886 (Ver: Tabla 2 y Figura 3).

Figura 3. Centralidad de intermediación en la red de colaboración del IRyA (2015-2019)



Fuente: Elaboración propia con los software: Pajek y VOSviewer, a partir de los datos de Scopus (2015-2019).

## Conclusiones

Una vez que revisamos la composición de la red de colaboración del IRyA de la UNAM, podemos ver en primer lugar que se trata de un instituto de investigación con alta productividad científica, pues en cinco años entre los 27 investigadores publicaron 428 artículos indizados en Scopus. Además, publican en las tres revistas más importantes de la disciplina a nivel internacional.

Se evidencia que la colaboración científica es viable analizarla a través de las relaciones de coautoría a nivel de los actores, en este caso de los investigadores de una entidad de investigación en específico. Las medidas de centralidad son una manera de medir las propiedades relacionales de una red total, pues a través de estas medidas se cuantifican los grados de influencia directa de los actores, la fortaleza de los actores y el rol como

intermediador con los otros actores. Es decir, se logra describir la estructura de la red de colaboración científica midiendo aspectos concretos.

Por último, pudimos observar que en la red de colaboración del IRyA sus investigadores tienen un gran peso en ésta, porque en todas las medidas de centralidad ellos destacaron en los primeros lugares. Estamos hablando de una red de 1,407 actores, en la que siempre encontramos al menos a 9 actores entre los primeros 20 y en todas las medidas siempre los cinco actores más importantes son los investigadores del IRyA. Sin embargo, los actores que en una medida de centralidad están en primer lugar no son los mismos en otras medidas. Eso nos muestra que el actor con más influencia directa no necesariamente es el de mayor fortaleza, o el que cumple un mayor rol de intermediador con otros actores. De hecho, en algunos de los casos identificamos mayor peso de los radioastrónomos y en otros los dedicados a astronomía extragaláctica también tienen un lugar destacado, lo que nos invita a futuras investigaciones para profundizar en las comunidades epistémicas.

## Referencias

- Badillo, J., & Didou, S. (2015). La colaboración científica entre Francia y México, desde la perspectiva de los investigadores franceses: Aproximaciones preliminares. En S. Didou & P. Renaud (Eds.), *Circulación Internacional de los Conocimientos: Miradas Cruzadas sobre la Dinámica Norte-Sur*. (pp. 53–70). México: UNESCO-IESALC, Fundación Ford, OBSMAC.
- Borgatti, S., & Everett, M. (1999). Models of core/periphery structures. *Social Network*, 21(4), 375–395.
- Chang, H.-W., & Huang, M.-H. (2013). Prominent institutions in the international collaboration network in astronomy and astrophysics. *Scientometrics*, 97(2), 443–460. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-0976-x>
- Durampart, M. (2015). La colaboración científica en línea: Una dinámica cooperativa captada en sus intereses y coacciones institucionales. En S. Didou & P. Renaud (Eds.), *Circulación Internacional de los Conocimientos: Miradas Cruzadas sobre la Dinámica Norte-Sur*. (pp. 335–347). México: UNESCO-IESALC, Fundación Ford, OBSMAC.
- Faust, K. (1997). Centrality in affiliation networks. *Social Networks*, 19(2), 157–191.
- Faust, K. (2002). Capítulo 1. Las redes sociales en las ciencias sociales y del comportamiento. En J. Gil Mendieta & S. Schmidt (Eds.), *Análisis de redes. Aplicaciones en ciencias sociales* (pp. 1–14). México: Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gaillard, A.-M., Gaillard, J., & Arvanitis, R. (2014). Hacia una cooperación más equilibrada. Entre la búsqueda de excelencia y de financiamiento. En M. Kleiche-Dray & D. Villavicencio (Eds.), *Cooperación, colaboración científica y movilidad internacional en América Latina* (pp. 19–48). Buenos Aires: CLACSO.
- Hara, N., Solomon, P., Kim, S.-L., & Sonnenwald, D. H. (2003). An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(10), 952–965. <https://doi.org/10.1002/asi.10291>
- Heidler, R. (2011). Cognitive and Social Structure of the Elite Collaboration Network of Astrophysics: A Case Study on Shifting Network Structures. *Minerva*, 49(4), 461–488. <https://doi.org/10.1007/s11024-011-9184-0>

- Jung, N., & Ruiz-León, A. A. (2018). Lo local y lo global de la colaboración científica: ¿qué significa, y cómo visualizarlo y medirlo? *Revista Española de Documentación Científica*, 41(2). <https://doi.org/10.3989/redc.2018.2.1463>
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26(1), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(96\)00917-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(96)00917-1)
- Kleiche-Dray, M., & Villavicencio, D. (2014). Introducción. En M. Kleiche-Dray & D. Villavicencio (Eds.), *Cooperación, colaboración científica y movilidad internacional en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO.
- Marin, A., & Wellmann, B. (2011). Social Network Analysis: An Introduction. En J. Scott & P. Carrington (Eds.), *The Sage Handbook of Social Network Analysis* (pp. 11–25). Thousand Oaks, California: SAGE.
- Ruiz León, A. A., & Russell Barnard, J. M. (2016). La estructura del sistema científico de México a finales del siglo XX: una visión a nivel de instituciones. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 27(2), 11. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.626>
- Russell, J., Madera, Ma. J., & Ainsworth, S. (2009). El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica. *REDES, Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 17(2).
- Sonnenwald, D. (2007). Scientific Collaboration. *Annual Review of Information Science y Technology*, 41(1), 643–681.