

Una mirada a la interdisciplina desde los Estudios Métricos de la Información y el Análisis de Redes Sociales. Estudio de caso: Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA) del Espacio Interdisciplinario.

Exequiel Fontans¹ ; Natalia Aguirre-Ligüera¹ y Bianca Vienni²

¹ Universidad de la República. Facultad de Información y Comunicación. Instituto de Información. Montevideo, Uruguay

² Universidad de la República. Espacio Interdisciplinario. Montevideo, Uruguay

Resumen: El Espacio Interdisciplinario (EI) fue creado en 2008 como un espacio físico y un entorno conceptual transversal a toda la estructura universitaria. Está conformado por estructuras interconectadas con identidad propia para facilitar, promover y legitimar abordajes innovadores a problemas complejos y multidimensionales. En este marco desarrolla algunas líneas para la promoción de la interdisciplina en la Universidad: convocatorias a Núcleos, Centros Interdisciplinarios, Redes Temáticas, publicaciones y eventos interdisciplinarios. En la actualidad funcionan cuatro Centros: Infancia y Pobreza (CIIP), Manejo Costero Integrado del Cono Sur (CMCISur), Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA) y Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (CIRCVC). El objetivo de este trabajo es abordar el fenómeno de la interdisciplina combinando metodologías de los Estudios Métricos de la Información (EMI) y el Análisis de Redes Sociales (ARS), utilizando diversas herramientas de procesamiento y visualización de la información (OpenRefine, Gephi, UCINET, NETDRAW). En esta etapa se trabaja con el centro CINQUIFIMA, dado que por su temática su producción está presente en la *Web of Science* (WOS), pero se pretende consolidar una metodología que permita abordar toda la producción del EI. Se describe la producción del centro, su colaboración nacional e internacional, líneas de investigación y evolución de las temáticas. Se propone una metodología aplicable a los centros del EI con visibilidad en WOS. Se discuten ventajas y desventajas de este tipo de enfoque para abordar grupos y/o instituciones de investigación que no encajan dentro de la tradicional división en especialidades y disciplinas.

Palabras clave: INTERDISCIPLINA, ESTUDIOS METRICOS DE LA INFORMACION, ANALISIS DE REDES SOCIALES.

Introducción

En la actualidad, se ha puesto mayor énfasis, tanto en la esfera nacional (Vienni et al., 2015) como internacional (Frodeman, 2014a y b; Weingart, 2014; por mencionar algunos), en la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria para abordar problemas considerados complejos y multidimensionales que requieren de nuevos enfoques e interrelaciones. En este contexto, se presenta un tipo de conocimiento y un nuevo modo de producción del mismo (Frodeman,

2014b) que se origina a través de la interconexión entre diversas disciplinas y la creación de nuevas miradas y conceptualizaciones.

La interdisciplina puede definirse genéricamente como una síntesis de ideas, datos o información, métodos, herramientas, conceptos o teorías de dos o más disciplinas que buscan responder una pregunta, resolver un problema o producir un nuevo conocimiento o producto para avanzar en el entendimiento general o para resolver problemas cuyas soluciones se encuentran por fuera del alcance de una sola disciplina o área investigativa. Esta producción del conocimiento afecta no sólo a qué conocimiento se produce, sino también a cómo se lo produce, el contexto en el que se inserta, la forma en que se organiza y los mecanismos que controlan la calidad de aquello que se produce (Gibbons et al., 1994).

El Espacio Interdisciplinario: contexto de adscripción del CINQUIFIMA

El Espacio Interdisciplinario (EI, www.ei.udelar.uy) fue creado en 2008 como un espacio físico y un entorno conceptual transversal a toda la Universidad de la República (en adelante UdelaR, Uruguay). Está conformado por estructuras interconectadas con identidad propia para facilitar, promover y legitimar abordajes innovadores a problemas complejos y multidimensionales. Desde el año 2009, los centros interdisciplinarios del EI se dedican a trabajar en torno a áreas-problema de relevancia nacional que requieran para su análisis de enfoques y prácticas disciplinares diversas. Fomentan las capacidades universitarias para encarar la formación de grado y posgrado, la investigación, y la extensión. En un primer período fueron seleccionados cuatro centros interdisciplinarios, entre los que se encuentra el Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA). El objetivo sustantivo del CINQUIFIMA es la consolidación de las áreas de Química y Física de Materiales y Nanotecnología en la UdelaR a través del esfuerzo coordinado de docentes de las distintas facultades que componen el centro: la Facultad de Química (Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA), Departamento Estrella Campos (DEC), Departamento de Química Orgánica (DQO)); la Facultad de Ciencias (Instituto de Física, Laboratorio de Biomateriales, Centro de Investigaciones Nucleares); la Facultad de Ingeniería (Instituto de Física) y Facultad de Odontología (Cátedra de Fisiología) y cuenta con el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable como institución asociada.

En este marco, el objetivo de este trabajo es abordar el fenómeno de la interdisciplina combinando metodologías de los Estudios Métricos de la Información y el Análisis de Redes Sociales, utilizando diversas herramientas de procesamiento y visualización de la información (OpenRefine, Gephi, UCINET, NETDRAW). En esta etapa se trabaja con el centro CINQUIFIMA, dado que por su temática su producción está presente en WOS. Se describe la producción del centro, su colaboración nacional e internacional, la evolución de las temáticas. Se propone una metodología aplicable a los centros del EI con visibilidad en WOS. Se discuten ventajas y desventajas de este tipo de enfoque para abordar grupos y/o instituciones de investigación que no encajan dentro de la tradicional división en especialidades y disciplinas.

Metodología

En este trabajo se realizan los siguientes procedimientos metodológicos:

1 – Obtención del corpus documental

Se realiza una consulta en la colección principal de la WOS con la siguiente estrategia de búsqueda:

Autor: (MOMBRU OR KREMER OR SEOANE OR NEGREIRA OR MORENO OR DALCHIELE OR MAROTTI OR MENDEZ OR SUESCUN OR PARDO OR FACCIOR OR TORRES OR CHIOZZONE OR CABRAL OR DENIS) AND Dirección: (URUGUAY)

Los resultados se refinan por: Países/Territorios: (URUGUAY)

Se recuperan todas las publicaciones citables de los quince autores que integran el CINQUIFIMA, ello permite estudiar la evolución de la producción de los investigadores aún antes de su vinculación al centro. De esta manera se obtienen 982 registros que pasan a la siguiente etapa.

2 – Depuración del corpus documental

No todos los autores firman sus trabajos de la misma manera a lo largo de su carrera (Vargas-Quesada, Minguillo, Chinchilla-Rodríguez, & Moya-Anegón, 2010), ello sumado a la confusión debida a los nombres similares hace que la normalización de este dato sea uno de los procedimientos más delicados. Un análisis detenido de los inconvenientes que puede traer la falta de normalización ha sido reportado recientemente por Kim y Diesner (2015).

Se normalizan primero los nombres de los quince autores pertenecientes al centro estudiado, lo que permite descartar 356 (36%) trabajos que no cuentan con su firma. Ello da por resultado un corpus de 626 trabajos, donde se normalizan los campos con los que se va a trabajar, según el detalle de la Tabla 1. Para la normalización se utiliza el *software* Open Refine.

Tabla1. Detalles de la obtención del corpus normalizado.

Período completo (1987-2015)		
Documentos	Totales	982
	Corpus	626 (63,75%)
Autores	Sin normalización	900
	Con normalización	801 (89,00%)
Instituciones	Sin normalización	1063
	Con normalización	323 (30,67%)

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

3 – Procesamiento y análisis de los datos

Para el análisis de los datos se utiliza como indicador de producción el número de documentos y su evolución temporal. La dispersión de las publicaciones es tratada con la metodología propuesta por Bradford (1948). El fenómeno de la colaboración es observado desde las perspectivas de autores, instituciones y países. Para el análisis temático se utilizan las *Web of Science Categories* (WC) que son asignadas por el *Science Citation Index* a los títulos de revistas, a partir de agosto de 2011 cuando sustituyeron a las *Subject Categories* usadas hasta ese momento (Leydesdorff, Carley, & Rafols, 2013). La base consolidada se procesa en Excel para

obtener las matrices de autor y de temas que son cargadas a las herramientas de análisis de redes. Finalmente, se realizan los grafos de colaboración personal con el *software* Gephi (Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009). Para la distribución se utiliza el algoritmo Fruchterman – Reingold (Fruchterman & Reingold, 1991) y Force Atlas2 (Jacomy, Venturini, Heymann, & Bastian, 2014). Para los grafos de temáticas se utilizan los *softwares* UCINET 6 y NetDraw 2 (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002).

Los análisis de redes sociales se hacen a través de las medidas de centralidad. Este concepto fue propuesto por Freeman (1979), siendo los aportes de Newman (2000, 2001) muy relevantes para su aplicación a redes de colaboración. A continuación se describen someramente las principales medidas de centralidad.

Centralidad de Grado (*Degree*): Esta medida es la más común e intuitiva de las medidas de centralidad: parece razonable intuir que los nodos con mayor cantidad de relaciones con otros (los mejor conectados) tienden a ser más influyentes en la red.

Centralidad de Intermediación (*Betweenness*): si un nodo está en el camino más corto (la distancia geodésica, en teoría de grafos) entre otro par de nodos es seguro que tiene influencia entre la información que circula entre ese par de nodos.

Centralidad de Cercanía (*Closeness*): esta medida en una red proporciona un indicador de cuán cerca se encuentra un nodo en promedio del resto de nodos de la red. Los nodos con un alto índice de cercanía acceden muy rápido a la información que circula por la red. Si la red es de colaboración, los autores con un alto índice de cercanía pueden ser vistos como autores que acceden muy rápido a la información que circula por la red y a su vez la información que ellos generan llega muy rápido al resto de autores de la red (Newman, 2000, 2004, 2010; Ye, Li, & Law, 2011). Si es una red de palabras clave, la cercanía puede interpretarse como afinidad temática.

4- Productos del procesamiento

- a. Evolución temporal del número de documentos
- b. Dispersión de las publicaciones
- c. Análisis de la colaboración
- d. Análisis de las temáticas

Resultados y discusión

a. Evolución temporal del número de documentos

La tendencia no es homogénea, en general va creciendo el número de artículos, pero también hay años de disminución, esto puede deberse a varias situaciones, de las que no se tiene noticia con la fuente de datos usada. Podría suponerse que el declive de la producción en el año 2002 se debe en parte a la crisis económica que atraviesa el país y que influyó en las asignaciones presupuestales para investigación.

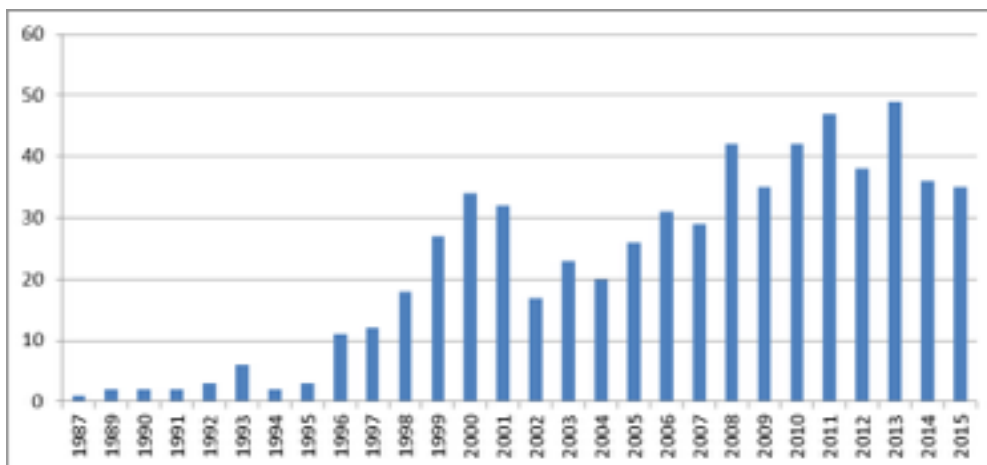


Figura 1. Evolución temporal de la producción. Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

b. Dispersión de las publicaciones

Aplicando el modelo teórico de dispersión de las publicaciones propuesto por Bradford (1948), se encuentra un núcleo de 17 revistas de alta densidad que concentran el 34% de los artículos considerados (Tabla 2). Estas revistas se distribuyen en 16 WC, de las cuales CHEMISTRY, PHYSICAL y CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR son las que tienen más presencia (7 y 5 títulos respectivamente). En relación a los cuartiles, los títulos se distribuyen del siguiente modo: hay 5 revistas Q1, 10 revistas Q2, 7 revistas Q3 y 2 revistas Q4 (Véase Anexo 1).

Tabla 2. Dispersión de las publicaciones

Zona	Artículos			Títulos		
	Cantidad	Porcentaje	Acumulado	Cantidad	Porcentaje	Acumulado
1ra.	215	34%	34%	17	8%	8%
2da.	210	34%	68%	53	24%	32%
3ra.	201	32%	100%	151	68%	100%
	626			221		

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

c. Análisis de la colaboración

En la Tabla 3 se presenta la red de colaboración entre autores, siendo los datos más relevantes: el 93% de los documentos son firmados en coautoría, de estos el 80% son firmados por más de 3 autores, lo que da cuenta de un alto comportamiento de colaboración, reforzado por el hecho de que si bien existen 45 documentos firmados por un solo autor, no existen autores que no hayan colaborado al menos una vez para el periodo estudiado.

Tabla 3. Datos básicos de colaboración entre autores.

Número total de documentos (a)	688	
Documentos firmados por un solo autor (b)	46	7%
Documentos firmados en co-autoría (a-b)	591	86%
Documentos firmados por dos autores	98	10%
Documentos firmados por tres autores	59	10%
Documentos firmados por más de tres autores	464	67%
Número total de autores (c)	801	
Autores sin ninguna colaboración	0	0%
Autores con alguna colaboración (d)	801	100%
Autores con un único trabajo en colaboración	422	53%
Autores con dos trabajos en colaboración	134	17%
Autores con tres o más trabajos en colaboración	245	31%
Número total de colaboraciones	9852	
Media de documentos por autor (a/c)	0,8	
Media de autores por documentos en colaboración (a-b)/d	1,4	
Número total de firmas (e)	3308	
índice de coautoría (e/a)	5,4	

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

Mediante Gephi se modela la colaboración entre autores, lo que da por resultado un grafo de 801 nodos y 9852 aristas en un solo componente gigante (es decir que para cada nodo del componente gigante existe un camino que lo relaciona con cualquier otro nodo de la red). Para mejorar la visualización se eliminan aquellos autores que tienen menos de 5 artículos. Los nodos pasan a 138 y se mantiene un componente gigante en la red que incluye al 100% de los nodos. Se identifican siete comunidades mediante el algoritmo incorporado en Gephi (Blondel, Guillaume, Lambiotte, & Lefebvre, 2008; Lambiotte, Delvenne, & Barahona, 2008) que se presentan en la Figura 2. Se nombra cada comunidad con el autor de mayor grado. Cada comunidad se corresponde con un grupo de trabajo dentro del CINQUIFIMA y el autor de mayor grado generalmente coincide con el responsable.

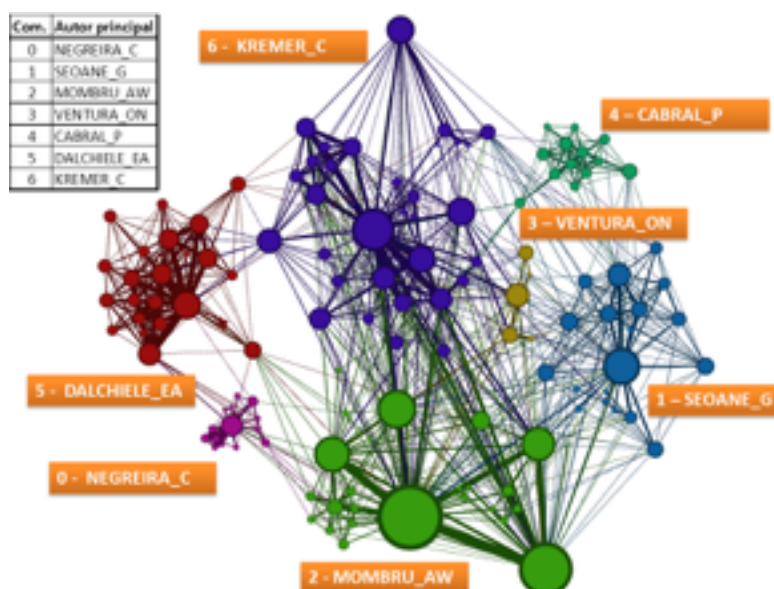


Figura 2. Identificación de las comunidades de CINQUIFIMA. Nota: Los nodos representan autores, el tamaño es proporcional a la cantidad de artículos, el grosor de las aristas es proporcional a la cantidad de colaboraciones, el color identifica comunidades. Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

A continuación se analiza la comunidad del Dr. Álvaro Mombrú por ser una de las más importantes al contar con 26 autores y tener contacto directo con el resto de las comunidades del grafo, exceptuando la de Cabral, que es la más aislada. En la Tabla 4 se presenta el *ranking* de los 10 autores con mejores medidas de centralidad. Estas medidas corresponden a la red completa (801 autores). Los 5 autores con mayor grado y cercanía normalizadas se encuentran entre los 10 primeros de toda la red, lo que da cuenta de la influencia de esta comunidad.

En cuanto a la colaboración institucional de esta comunidad, todos los autores nacionales se afilian a la Facultad de Química de la UdeLaR, y colaboran con la Comisión Nacional de Energía Atómica y el Centro Nacional Patagónico (CENPAT) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina; tres universidades brasileñas: Universidad Federal de San Carlos (UFSCAR), Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) y Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC); y la Universidad del Norte de Illinois, de Estados Unidos.

Tabla 4. Los 10 autores principales en la comunidad de Mombrú.

Nombre	Rank	Gr.	Gr. Nor.	Nombre	Rank	Cerc.	Cerc. Nor.	Nombre	Rank	Inter.	Inter. Nor.
MOMBRU_AW	1	188	0,235	MOMBRU_AW	1	1991	0,503	MOMBRU_AW	1	69388	0,214
SUESOUN_L	2	154	0,192	SUESOUN_L	2	1691	0,473	SUESOUN_L	2	43985	0,135
FACCO_R	3	129	0,161	FACCO_R	3	1798	0,453	FACCO_R	3	32255	0,101
PARDO_H	4	85	0,108	PARDO_H	4	1770	0,452	PARDO_H	4	16173	0,051
MARIEZCURRENA_FA	5	75	0,095	MARIEZCURRENA_FA	5	1852	0,432	MARIEZCURRENA_FA	5	5965	0,019
ARALJO_MOREIRA_FM	6	44	0,055	RUSSE_S	6	1952	0,410	ROMERO_M	6	3948	0,012
MANTA_E	7	34	0,043	ARALJO_MOREIRA_FM	7	2001	0,400	ARALJO_MOREIRA_FM	7	3751	0,012
RUSSE_S	8	25	0,032	ROMERO_M	8	2046	0,391	MANTA_E	8	908	0,003
TORRE_MH	9	24	0,030	ORTIZ_VA	9	2115	0,378	TORRE_MH	9	707	0,002
CAFDOSO_CA	10	22	0,027	CAFDOSO_CA	10	2146	0,373	CAFDOSO_CA	10	406	0,002

Nota: Gr. = Grado; Gr. Norm. = Grado normalizado; Cerc. = Cercanía; Cerc. Nor. = Cercanía normalizada; Inter. = Intermediación; Inter. Norm. = Intermediación normalizada

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

En relación a la colaboración entre instituciones y países, dados los criterios de selección del corpus, la totalidad de artículos considerados reportan como institución de afiliación a la UdeLaR. La Tabla 5 evidencia que poco más de un tercio de los artículos se afilian a una sola institución, la UdeLaR. En relación a los dos tercios restantes destaca la escasa colaboración nacional, seguramente debido a la primacía de esta universidad a nivel nacional y en el campo de las ciencias básicas en particular.

Tabla 5. Datos básicos de colaboración entre instituciones y países.

Indicadores	Total	Porcentaje
Total de artículos	626	
Artículos sin colaboración institucional	219	35,0%
Artículos con colaboración institucional	407	65,0%
Colaboración nacional neta	10	2,5%
Colaboración nacional	17	4,2%
Colaboración internacional	386	97,3%
Otros *	1	0,2%

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

En este marco se entiende fundamental analizar el tema de la afiliación institucional con un grado mayor de desagregación con el fin de estimar el peso de los diferentes subgrupos que

intervienen en el CINQUIFIMA, que de otro modo quedan ocultos tras la etiqueta UdelaR. Se desagregan las instituciones hasta llegar a un 4º nivel (en general los niveles son: universidad, departamento, cátedra, grupo), se identifican 323 instituciones luego de la normalización. En el Anexo 2 se presentan las 17 instituciones que concentran el 50% de la producción. De estas instituciones cinco son extranjeras: la Universidad Católica de Valparaíso de Chile, la Universidad Federal de San Carlos de Brasil, y tres españolas: la Universidad de la Laguna, la Universidad de Valencia y la Universidad de Málaga, el resto son departamentos de la UdelaR.

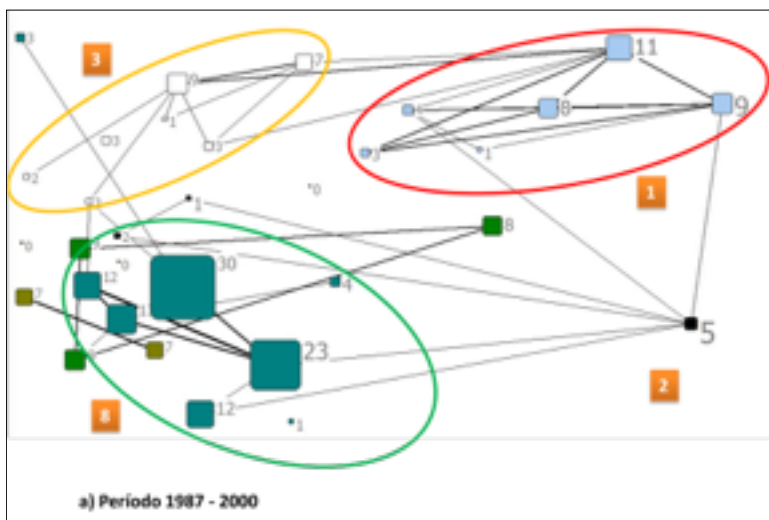
d. Análisis de las temáticas

Para el análisis de las temáticas se utilizan las WC, se descarta un artículo que no cuenta con este dato. Se identifican 69 WC diferentes con una frecuencia total de 1101, con una frecuencia media de aparición por WC de 16 y por documento de 1,78. Se construye una matriz simétrica ponderada de 69x69 y se carga en Gephi para obtener las comunidades (Blondel et al., 2008; Lambiotte et al., 2008). La visualización final se realiza en NetDraw; para mejorar la visualización se descartan 37 WC que cuentan con menos de 5 artículos para todo el período estudiado. Para visualizar la evolución de las temáticas se subdivide el período total (1987-2015) en tres. Para establecer el primer período se considera relevante realizar el corte antes de que la producción entrara en un declive de 2 años consecutivos (2001 y 2002, que por otra parte coincide con la última crisis económica de Uruguay), por lo que el primer corte temporal es 1987-2000 con 123 artículos. Para el segundo y tercer período se consideró relevante el año de fundación del EI (2008), por lo que quedaron conformados de la siguiente manera: 2001-2007 con 178 artículos y 2008-2015 con 324 artículos.

De las ocho comunidades identificadas (1 *MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY*; 2 *CHEMISTRY PHYSICAL*; 3 *ACOUSTICS*; 4 *CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY*; 5 *CHEMISTRY APPLIED*; 6 *SURGERY*; 7 *ENGINEERING CIVIL*; 8 *CHEMISTRY INORGANIC AND NUCLEAR*), la 6 y la 7 no son relevantes dado que cuentan con menos de 5 artículos para el período; de las seis restantes se señalan en el grafo las más importantes por su evolución significativa: 1, 2, 3 y 8. En la Figura 3 se presenta la evolución de las temáticas en períodos acumulados. En este grafo los nodos representan WC, el tamaño es proporcional a la cantidad de artículos, el grosor de las aristas es proporcional a la cantidad de vinculaciones, el color identifica comunidades.

Período 1987-2000.

Figura 3. Evolución de las temáticas. Período 1987-2000.

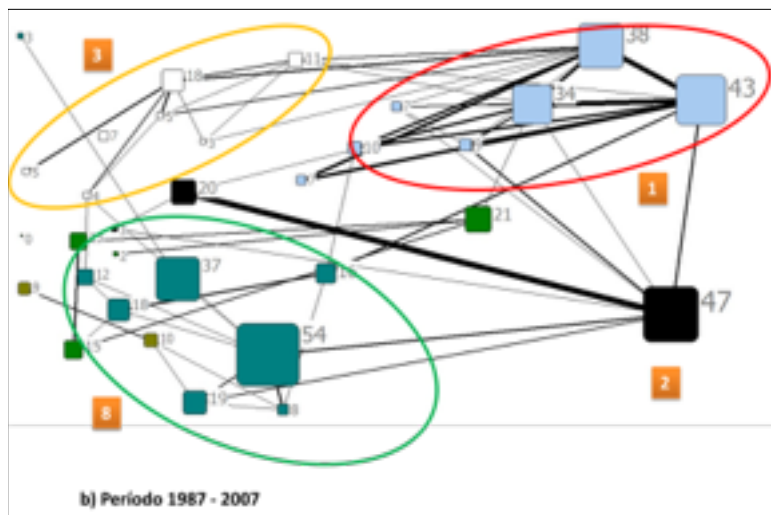


En este período se identifican 3 comunidades con una producción relevante, la 8, con 100 artículos y la 1 y 3 con 36 y 32 artículos respectivamente. Estructuralmente la red está poco conectada: la comunidad 8 no se vincula directamente a la comunidad 1 y se encuentra débilmente conectada a la comunidad 3 a través de un nodo. La comunidad 2, aunque es la que

tiene menor producción ($n=9$), juega un rol significativo de intermediación entre la comunidad 1 y 8.

Período 1987-2007

Figura 3. Evolución de las temáticas. Período 1987-2000.

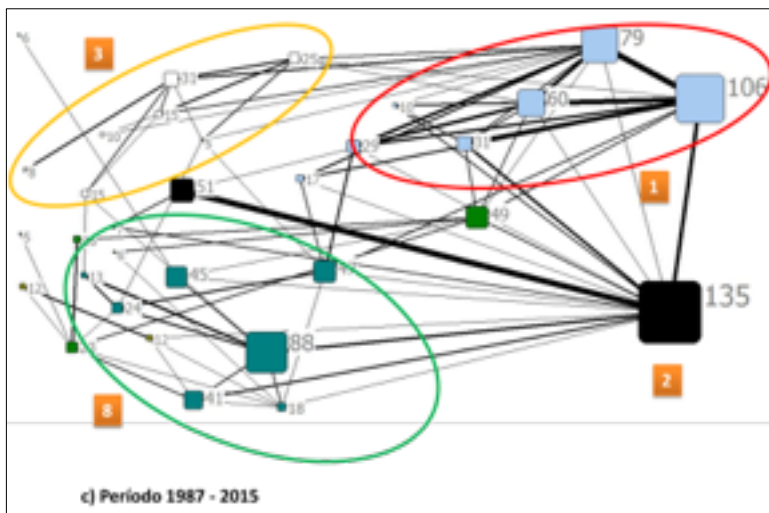


En este segundo periodo destaca la tasa de crecimiento (6,1) de la comunidad 2 que pasa de 9 a 64 artículos, y aunque la comunidad 1 y 8 ahora se vinculan directamente, sigue siendo importante su rol de intermediación. La comunidad 1 tiene una tasa de crecimiento importante (2,1), pasa de 36 a 113 artículos acumulados, y puede decirse que refuerza

los vínculos con el resto de comunidades analizadas. Por su parte la comunidad 3 tiene un crecimiento moderado (0,1) y la comunidad 8 tiene una tasa negativa (-0,3).

Período 1987-2015

Figura 3. Evolución de las temáticas. Período 1987-2015.



En este último período, si se compara con el inicial se ve el crecimiento estructural de la red: las comunidades están más vinculadas entre sí. La comunidad 2 sigue siendo la de crecimiento más significativo (0,9) y las otras 3 comunidades tienen una tasa de crecimiento de 0,6, la 1 y la 8 y de 0,7 la 3.

Conclusiones

El CINQUIFIMA se ha consolidado como un centro de referencia para la Nanotecnología nacional y regional. Las Facultades que lo componen trabajan de forma independiente dada la diversidad de temas a los que cada una de ellas se dedica y al equipamiento con el que cuenta cada laboratorio, sin embargo, desarrollan actividades en conjunto que permean todo el desarrollo de la Nanotecnología como ámbito sustantivo, entre ellas la coautoría de artículos científicos y la cotutoría de estudiantes de grado y posgrado (aunque este último fenómeno no se abordó en este trabajo se vislumbra como una línea de interés a futuro). Ello define las características de la dinámica interdisciplinaria que en el centro se desarrolla y que se evidencia en su producción académica, tal como reflejó el presente trabajo.

Si bien el análisis cuantitativo es aún incipiente para abordar la interdisciplina en Uruguay, este trabajo se muestra como adecuado para explicar las sinergias desarrolladas dentro de colectivos interdisciplinarios o transdisciplinarios. Siendo una herramienta útil, aunque con sus limitaciones por el tipo de fenómeno que se aborda, este trabajo aporta a la conceptualización de un campo de investigación que se denomina Estudios sobre Interdisciplina y que tiene como objetivo sustantivo el desarrollo de políticas universitarias y científicas acordes a las características de nuestro país.

En relación a la metodología empleada se considera que la elección de las WC es apropiada dado que han sido ampliamente utilizadas en este tipo de estudios, en particular para abordar el fenómeno de la interdisciplina, aunque la recomendación de que deben emplearse para grandes cantidades de datos (Leydesdorff et al., 2013), es una limitación que debe ser tomada en cuenta.

Por último se entiende que este trabajo es una primera aproximación al estudio de la interdisciplina a partir de un grupo en particular y que sería interesante profundizar en el análisis y explorar la técnica de mapas superpuestos que permiten visualizar el fenómeno desde varias dimensiones y logran representaciones de mayor robustez (Leydesdorff et al., 2013; Rafols, Leydesdorff, O'Hare, Nightingale, & Stirling, 2012; Rafols, Porter, & Leydesdorff, 2010).

Referencias bibliográficas

- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks. In *Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media* (pp. 361–362). San Jose, California: AAAI Press.
- Blondel, V. D., Guillaume, J.-L., Lambiotte, R., & Lefebvre, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008(10), P10008. <http://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard: Analytic Technologies.
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. London: Crosby Lockwood and Son.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239.
- Frodeman, R. (2014a), The end of disciplinarity, en P. Weingart y B. Padberg (editores), *University experiments in Interdisciplinarity. Obstacles and Opportunities*, Bielefeld, Transcript, Science Studies, pp. 175 - 198.
- Frodeman, R. (2014b), *Sustainable knowledge. A theory of interdisciplinarity*, Nueva York, Palgrave Pivot.
- Fruchterman, T. M. J., & Reingold, E. M. (1991). Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software: Practice and Experience*, 21(NOVEMBER), 1129–1164.
- Gibbons, M., C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott y M. Trow (1994), *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*, Londres, Sage.
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S., & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi software. *PLoS One*, 9(6), e98679. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Kim, J., & Diesner, J. (2015). The effect of data pre-processing on understanding the evolution of collaboration networks. *Journal of Informetrics*, 9(1), 226–236.
- Lambiotte, R., Delvenne, J.-C., & Barahona, M. (2008). Laplacian Dynamics and Multiscale Modular Structure in Networks. *arXiv Preprint arXiv:0812.1770*, 1–29. <http://doi.org/10.1109/TNSE.2015.2391998>
- Leydesdorff, L., Carley, S., & Rafols, I. (2013). Global maps of science based on the new Web-of-Science categories. *Scientometrics*, 94(2), 589–593. <http://doi.org/10.1007/s11192-012-0784-8>
- Newman, M. E. J. (2000). Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks. In *Complex Networks* (Vol. 370, pp. 337–370). <http://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.016132>
- Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 404–9. <http://doi.org/10.1073/pnas.021544898>
- Newman, M. E. J. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(1), 5200–5205. <http://doi.org/10.1073/pnas.0307545100>
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: An introduction*. New York: Oxford University Press.
- Rafols, I., Leydesdorff, L., O'Hare, A., Nightingale, P., & Stirling, A. (2012). How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. *Research Policy*, 41(7), 1262–1282. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.015>
- Rafols, I., Porter, A. L., & Leydesdorff, L. (2010). Science overlay maps: a new tool for research policy and library management. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(9), 1871–1887. <http://doi.org/10.1002/asi>

- Vargas-Quesada, B., Minguillo, D., Chinchilla-Rodríguez, Z., & Moya-Anegón, F. (2010). Estructura de la colaboración científica española en Biblioteconomía y Documentación (Scopus 1999-2007). *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 33(1), 105–123.
- Vienni, B., Cruz, P., Repetto, L., von Sanden, C., Fernández, V. & Lorieta, A. (2015) Encuentros sobre interdisciplina. Editorial Trilce, Montevideo.
- Weingart, P. (2014), Interdisciplinarity and the new governance of universities, en P. Weingart y B. Padberg (editores), *University experiments in Interdisciplinarity. Obstacles and Opportunities*. Bielefeld, Transcript, Science Studies, pp. 151 – 174.
- Ye, Q., Li, T., & Law, R. (2011). A coauthorship Network Analysis of Tourism and Hospitality Research collaboration. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 37(1), 51–76. <http://doi.org/10.1177/1096348011425500>

Anexo 1

Tabla. Caracterización de los títulos de revistas de la 1ra. zona.

Título	Subject Category	Q1	Q2	Q3	Q4	Art.	
ACTA CRYSTALLOGR C	CRYSTALLOGRAPHY				1	30	
CHEM PHYS LETT	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		19	
	PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL			1			
COMPUT THEOR CHEM	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		7	
DALTON T	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR	1				11	
IEEE T ULTRASON FERR	ACOUSTICS		1			7	
	ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC		1				
INORG CHEM	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR	1				8	
INORG CHIM ACTA	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR		1			18	
J ACOUST SOC AM	ACOUSTICS		1			8	
	AUDIOLOGY & SPEECH-LANGUAGE PATHOLOGY			1			
J ELECTROANAL CHEM	CHEMISTRY, ANALYTICAL		1			8	
	ELECTROCHEMISTRY		1				
J ELECTROCHEM SOC	ELECTROCHEMISTRY		1			9	
	MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS	1					
J MOL STRUCT	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		21	
J PHYS CHEM A	CHEMISTRY, PHYSICAL		1			10	
	PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL		1				
J PHYS CHEM C	CHEMISTRY, PHYSICAL	1				16	
	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	1					
	NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY		1				
J RADIOANAL NUCL CH	CHEMISTRY, ANALYTICAL				1	9	
	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR			1			
	NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY		1				
J SOLID STATE CHEM	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR		1			8	
	CHEMISTRY, PHYSICAL			1			
SOL ENERG MAT SOL C	ENERGY & FUELS	1				10	
	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	1					
	PHYSICS, APPLIED	1					
THIN SOLID FILMS	MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS		1			16	
	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY		1				
	PHYSICS, APPLIED		1				
	PHYSICS, CONDENSED MATTER			1			
17 títulos	16 Subject Category	Totales	8	15	8	2	215

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

Anexo 2

Tabla. Principales instituciones desagregando a 4to nivel.

Ranking	Institución	Artículos	Porc./1744	Porc. Acum.
1	UDELAR, FQUIM, DETEMA, CRYSSMAT, URUGUAY	130	7,5%	7,5%
2	UDELAR, FING, F, , URUGUAY	120	6,9%	14,3%
3	UDELAR, FQUIM, DEC, CQI, URUGUAY	113	6,5%	20,8%
4	UDELAR, FCEN, IF, LAU, URUGUAY	61	3,5%	24,3%
5	UCV, FCEN, IQ, , CHILE	57	3,3%	27,6%
6	UDELAR, FQUIM, DETEMA, , URUGUAY	55	3,2%	30,7%
7	UDELAR, FQUIM, DQO, , URUGUAY	45	2,6%	33,3%
8	UDELAR, EL CINQUIFIMA, , URUGUAY	40	2,3%	35,6%
9	ULL, FF, DQI, , SPAIN	38	2,2%	37,8%
10	UM, FCEN, DFAIQ, LMS, SPAIN	38	1,9%	39,7%
11	UFSCAR, COET, DF, , BRAZIL	31	1,8%	41,5%
12	UDELAR, FCEN, IF, , URUGUAY	27	1,5%	43,0%
13	UDELAR, FQUIM, DQO, CQO, URUGUAY	26	1,5%	44,5%
14	UDELAR, FQUIM, DETEMA, CQPG, URUGUAY	25	1,4%	45,9%
15	UV, FQUIM, DQI, ICM, SPAIN	24	1,4%	47,3%
16	UDELAR, FCEN, IF, DFAYM, URUGUAY	24	1,4%	48,7%
17	UDELAR, FCEN, IQB, LBM, URUGUAY	21	1,2%	49,9%

Fuente: WOS (2015) Elaboración propia.

Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons (CC) 3.0, disponible en:

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/es/deed.es_AR

