

Facultad de
**Información y
Comunicación**



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Maestría en Información y Comunicación

Tesis para defender el título de la Maestría en
Información y Comunicación

**Identificación y caracterización de grupos interdisciplinarios y su
capacidad de reproducción mediante los Estudios Métricos de la
Información.**

**Estudio de caso del Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y
Química de los Materiales (CINQUIFIMA)**

Autor: Exequiel Fontans

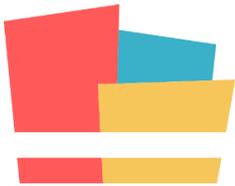
Director de tesis: Dr. Elías Sanz-Casado

Codirectora: Dra. Ma. Gladys Ceretta

Director académico: Mag. José Fernández

Montevideo, Uruguay

2018



Facultad de
**Información y
Comunicación**



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

El Tribunal docente integrado por los abajo firmantes, aprueba la Tesis:

“Identificación y caracterización de grupos interdisciplinarios y su capacidad de reproducción mediante los Estudios Métricos de la Información. Estudio de caso del Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA) (título de la tesis)”

Tesista: Exequiel Fontans

Maestría en Información y Comunicación

Fallo:

Tribunal:

Profesor/a:

Profesor/a:

Profesor/a:

Agradecimientos

A la Comisión Académica de Posgrado de la UdelaR y a la Facultad de Información y Comunicación por el financiamiento durante gran parte del proceso de esta Maestría.

A la Asociación de Universidades Grupo Montevideo que me permitió formarme en el exterior en temáticas fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

Al Director de Tesis, Elías Sanz-Casado, por su guía y paciencia; a la Codirectora de tesis, Ma, Gladys Ceretta, por su apoyo; al Director Académico, José Fernández por su guía.

A las compañeras y compañeros, funcionarios y docentes de la FIC, que se interesaron por los avances en la tesis; en especial a Natalia Aguirre y José Fernández.

A Beatriz, mi compañera de vida, por su apoyo incondicional y a Pilar, por las horas robadas de juegos.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	i
Tabla de figuras	iii
Tabla de cuadros	v
1. Introducción.....	2
2. Fundamentos teóricos	4
2.1 Nuevas formas de producción de conocimiento científico.....	4
2.2 La evaluación de la actividad investigadora.....	6
2.3 El CINQUIFIMA en la UdelaR.....	11
3. Hipótesis y objetivos.....	13
3.1. Hipótesis	13
3.2 Objetivos.....	13
3.2.1 Objetivo general.....	13
3.2.2 Objetivos específicos	13
4. Metodología.....	15
4.1 Estrategia de investigación	15
4.2 Enfoque metodológico.....	15
4.3 Fuentes y herramientas de recolección y análisis	16
4.3.1 Fuente CVuy del SNI de la ANII	16
4.3.1.1 Unidad de análisis.....	16
4.3.1.2 Características, fortalezas y limitaciones.....	17
4.3.1.3 Antecedentes de uso	18
4.3.1.4 Obtención y normalización de los datos.....	19
4.3.1.5 Procesamiento y análisis.....	20
4.3.2 Fuente <i>Web of Science</i> (WOS)	21
4.3.2.1 Unidad de análisis.....	21

4.3.2.2 Características, fortalezas y limitaciones.....	21
4.3.2.3 Antecedentes de uso	22
4.3.2.4 Obtención y normalización de los datos.....	24
4.3.2.5 Procesamiento y análisis.....	27
5. Resultados, análisis y discusión.....	39
5.1 Caracterización de la producción científica de CINQUIFIMA	39
5.1.1 Productividad de los investigadores del CINQUIFIMA	40
5.1.2 Evolución de la productividad por grado académico	41
5.1.3 Impacto de la producción del CINQUIFIMA.....	42
5.2 Distribución temática de la producción científica de CINQUIFIMA	49
5.2.1 Análisis de la dispersión de la producción (Ley de Bradford)	49
5.2.2 Especialización temática del CINQUIFIMA.....	51
5.3 Estudios de la colaboración de CINQUIFIMA	54
5.3.1 Estudio de la coautoría.....	54
5.3.2 Liderazgo en la producción	59
5.3.3 Colaboración institucional	60
5.3.3.1 Colaboración nacional	61
5.3.3.2 Colaboración internacional.....	61
5.4 Estudio de la interdisciplinariedad del CINQUIFIMA.....	65
5.4.1 Indicadores de la interdisciplinariedad	65
5.4.2 Visualización de la interdisciplinariedad.....	67
5.5 Trayectorias académicas de los integrantes del CINQUIFIMA	70
5.6 Capacidad de reproducción del CINQUIFIMA.....	76
6. Conclusiones.....	80
6.1 Limitaciones del estudio y desarrollos futuros	83
7. Referencias	85

Tabla de figuras

Figura 1. Evolución temporal de la producción de los integrantes de CINQUIFIMA.	39
Figura 2. Grupo 1. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).	41
Figura 3. Grupo 3. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).	42
Figura 4. Grupo 2. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).	42
Figura 5. Evolución de las citaciones por año del CINQUIFIMA (1982-2016).	43
Figura 6. Evolución de la producción y citaciones por año de los investigadores de CINQUIFIMA de hasta 20 años de edad de carrera académica (1982-2016).	46
Figura 7. Evolución de la producción y citaciones por año de los investigadores de CINQUIFIMA de 21 a 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).	47
Figura 8. Evolución de la producción y citaciones por año de los investigadores de CINQUIFIMA de más de 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).	48
Figura 9. Comparación de la evolución de las firmas por documento por periodo.	57
Figura 10. Tendencia temporal de la colaboración de los autores de CINQUIFIMA (1982-2001).	58
Figura 11. Tendencia temporal de la colaboración de los autores de CINQUIFIMA (2002-2016).	58
Figura 12. Tendencia temporal del liderazgo en la producción del CINQUIFIMA.	59
Figura 13. Tendencia temporal de las tasas de colaboración nacional e internacional de CINQUIFIMA.	61
Figura 14. Mapa superpuesto de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.	67
Figura 15. Mapa superpuesto de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.	68
Figura 16. Mapa superpuesto de calor de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.	69

Figura 17. Distribución de diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA por periodos. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.....	70
Figura 18. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componentes 3 al 8.	72
Figura 19. Genealogía académica de los componentes 2 a 8 de CINQUIFIMA.....	72
Figura 20. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componente 2.	73
Figura 21. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componente 1.	74
Figura 22. Genealogía académica del componente 1 de CINQUIFIMA.....	74

Tabla de cuadros

Cuadro 1. Dimensiones y variables extraídas del CVuy.	20
Cuadro 2. Detalle del corpus normalizado.	27
Cuadro 3. Distribución de la tipología documental.	40
Cuadro 4. Ranking de productividad de los investigadores del CINQUIFIMA.....	40
Cuadro 5. Incidencia de los documentos en el Núcleo de Bradford y en el primer cuartil (Q1) en los indicadores de impacto.	43
Cuadro 6. Distribución por décadas de los indicadores de impacto del CINQUIFIMA.	44
Cuadro 7. Cantidad de artículos y citas de los títulos del primer cuartil (Q1).	45
Cuadro 8. Grupo 1. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de hasta 20 años de edad de carrera académica (1982-2016).	46
Cuadro 9. Grupo 2. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de 21 a 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).	47
Cuadro 10. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de más de 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).	48
Cuadro 11. Dispersión de las publicaciones.	49
Cuadro 12. Detalle de las revistas de la primera zona de Bradford.....	50
Cuadro 13. Caracterización de los títulos de la primera zona de Bradford.	51
Cuadro 14. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (1982-2001).....	53
Cuadro 15. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (2002-2016).....	53
Cuadro 16. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (1982-2016).....	54
Cuadro 17. Datos básicos de la red de coautoría de CINQUIFIMA (1982-2016).	55
Cuadro 18. Patrones de colaboración de los integrantes del CINQUIFIMA (1982-2016).	56
Cuadro 19. Evolución número de firmas por documento y del Índice de Colaboración.	56
Cuadro 20. Patrones de colaboración de los integrantes del CINQUIFIMA. Coeficiente de Colaboración (1982-2016).	57

Cuadro 21. Resumen de la colaboración internacional y nacional de CINQUIFIMA por periodo.	60
Cuadro 22. Datos generales de la red de colaboración institucional (nivel 1).	62
Cuadro 23. Instituciones más productivas y su patrón de colaboración (1982-2001).	62
Cuadro 24. Instituciones más productivas y su patrón de colaboración (2002-2016).	63
Cuadro 25. Principales actores por medida de centralidad de la red de colaboración institucional de CINQUIFIMA (1982-2001).	64
Cuadro 26. Principales actores por medida de centralidad de la red de colaboración institucional de CINQUIFIMA (2002-2016).	64
Cuadro 27. Países y regiones con los que colabora CINQUIFIMA por periodo de tiempo.	65
Cuadro 28. Índices de diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA.	66
Cuadro 29. Medidas de grado del componente 1. OutDegreee indica tutorías de doctorado realizadas.	75
Cuadro 30. Medidas de Intermediación del componente 1.	75
Cuadro 31. Distribución de los doctorados por cohorte.	76
Cuadro 32. Acumulado de proyectos financiados.	77
Cuadro 33. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 1).	77
Cuadro 34. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 2).	77
Cuadro 35. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 3).	77
Cuadro 36. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 1).	78
Cuadro 37. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 2).	78
Cuadro 38. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 3).	78

1. Introducción

Existe consenso en la literatura de la relevancia que ha tenido y tiene cada vez más la ciencia en el desarrollo de la sociedad. En este sentido, Albornoz señala que “El conocimiento científico y tecnológico es una de las principales riquezas de las sociedades contemporáneas y un elemento indispensable para impulsar el desarrollo económico y social. La ciencia, la tecnología y la innovación se han convertido en herramientas necesarias para la transformación de las estructuras productivas, la explotación racional de los recursos naturales, el cuidado de la salud, la alimentación, la educación y otros requerimientos sociales.” (Albornoz, 2012, p. 5). Por su parte, otros autores señalan que “(...) es fundamental la elaboración de políticas, por parte de los Gobiernos de cada país, que orienten la dirección que ha de tener la investigación, de acuerdo con las necesidades y capacidades propias de cada región, de tal manera que se desarrollen, fortalezcan y mantengan las capacidades científicas adquiridas.” (Alcázar Farías & Lozano Guzmán, 2009, p. 120).

En este marco, dado que la actividad científica es mayoritariamente financiada por fondos públicos, cada vez más escasos, el tema de la evaluación es crucial para, por un lado cumplir con la rendición de cuentas a la sociedad de la utilización de dichos fondos (Arocena & Sutz, 2009) y, por otro, monitorear el cumplimiento de las metas postuladas en el diseño de las políticas. Dentro de la amplia gama de temas referidos a la evaluación de la ciencia en este trabajo nos centraremos en la identificación y caracterización de grupos de investigación interdisciplinarios, así como de la capacidad de los mismos de sostenerse en el tiempo. En particular pondremos nuestra atención en un estudio de caso: el Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA).

Esta tesis se inscribe dentro de una de las líneas que está llevando adelante el Grupo de Investigación “Estudios sobre la producción Científica” (Núm. 881410 de CSIC) coordinado por la Dra. María Gladys Ceretta y la consultoría internacional del Dr. Elías Sanz Casado, ambos tutores de este trabajo. Se destaca, además, que desde Bibliotecología–Ciencia de la Información no se está abordando esta temática en particular en Uruguay, por lo que la propuesta contribuye a la generación de conocimiento relevante a nivel local.

El trabajo permitirá reforzar la utilización de una metodología incipiente, el análisis de CVs, que cuenta con una importante potencialidad para brindar insumos e indicadores que no se pueden obtener con otras metodologías. Los indicadores de trayectorias académicas que se utilizarán están en fase de construcción y testeo a nivel internacional. Por su parte, la identificación de grupos interdisciplinarios es reportada en la literatura como un problema acuciante para el desarrollo y diseño de políticas científicas.

Esta tesis se desarrolla en seis capítulos, incluyendo este introductorio. En el capítulo 2 presentamos dos enfoques teóricos que dan marco a la tesis: las nuevas formas de producción de conocimiento científico, y la evaluación de la actividad investigadora. También incluimos en este capítulo la presentación del CINQUIFIMA en la UdelaR. En el capítulo 3 se presentan la hipótesis y objetivos que guían este trabajo. En el capítulo 4 se explicitan los procedimientos metodológicos utilizados en esta tesis. Además de la estrategia y enfoque metodológico se presentan las dos fuentes utilizadas, los currícula vitae de los investigadores y la base *Web of Science* de *Clarivate Analytics*; para cada fuente se describe la unidad de análisis, sus características, antecedentes de uso, cómo se obtuvieron los datos a utilizar y los métodos de procesamiento y análisis.

En el capítulo 5 se presentan los resultados, así como su análisis y discusión. Este capítulo se divide en seis grandes secciones que siguen el orden de los objetivos específicos. En el capítulo 6, se retoma la hipótesis de partida y los objetivos planteados a la luz de los resultados obtenidos en el capítulo anterior. Además, se plantean las limitaciones del estudio y los desarrollos futuros.

2. Fundamentos teóricos

En este capítulo se reseñan los enfoques teóricos que dan marco a esta tesis. En la primera sección se hace una breve introducción a las nuevas formas de producción de conocimiento. Se describen algunos aspectos relevantes para este trabajo que tienen que ver con las nuevas formas de organización y producción del conocimiento: la colaboración, los grupos de investigación y la interdisciplinariedad.

En la segunda sección se aborda la necesidad y relevancia de la evaluación de la actividad investigadora para el sistema científico. Se señala brevemente el enfoque clásico (economicista) (Sancho, 1990; Spinak, 1998) y se expone con más detenimiento el enfoque de las capacidades en el que se basa el trabajo; se presentan antecedentes sobre la relevancia de las trayectorias académicas y el efecto de los mentores en las mismas.

Por último, en la tercera sección, describimos el Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA) y su marco institucional.

2.1 Nuevas formas de producción de conocimiento científico

Varios autores señalan un cambio en los sistemas de investigación en los países altamente desarrollados (Arocena y Sutz, 2009). Estos cambios se producen en la forma, organización y modos de producción de las prácticas científicas y académicas, e impactan en los sistemas de evaluación. Arocena y Sutz hacen notar que los nuevos modos de evaluación son acumulativos; es decir, a la tradicional evaluación interna de la ciencia (endógena) se le acumula la evaluación exógena que conlleva “la exigencia por parte de los gobiernos de una mayor orientación de la investigación hacia la resolución de problemas que el propio gobierno y otros sectores, principalmente productivos, consideraran prioritarios.” (Arocena y Sutz, 2009, p. 109).

Por su parte, Zulueta y colaboradores afirman que:

“La creciente especialización y complejidad de la investigación científica ha incrementado el papel de la colaboración entre autores y ha favorecido la creación de grupos de investigación, en los que se desarrolla el trabajo de forma colectiva para obtener resultados de forma más eficaz y eficiente. La relevancia adquirida por los grupos es tal, que han pasado a considerarse la mínima unidad del sistema

investigador en muchas disciplinas. Los grupos son hoy una pieza clave en el desarrollo de la investigación, en gran parte de las disciplinas científicas y tecnológicas, mientras que el trabajo individual prevalece en muchas áreas de las ciencias sociales y en las humanidades.” (Zulueta, Cabrero y Bordons, 1999, p. 334).

Un grupo puede definirse como una unidad organizativa funcional, con una o varias líneas de investigación que se auto identifica como tal (Rey-Rocha, Martín-Sampere y Sebastián, 2008). Además, una de las características fundamentales de un grupo es su producción científica en colaboración. En este sentido, varios autores sostienen que la investigación es cada vez más colaborativa (Beaver y Rosen, 1978; Gazni, Sugimoto y Didegah, 2012; Price, 1963; Sanz-Casado, García-Zorita, Serrano-López, Filippo y Vanti, 2016) por lo que la conformación, consolidación y capacidad de mantenerse en el tiempo de los grupos, así como la conformación de redes de vinculación, es beneficiosa para las prácticas científicas del grupo, y por tanto para la institución y el sistema donde se inserta.

Por su parte, desde la década del 90 se ha reportado que el aumento de la colaboración trajo como consecuencia la “fusión” de disciplinas anteriormente separadas, lo que redundó en importantes avances científicos (Kodama, 1992). Por su parte Nissani (1997) destaca diez ventajas de la interdisciplinariedad, entre las que se encuentran: los “inmigrantes” suelen hacer aportes novedosos a los nuevos campos donde se integran; algunos temas de investigación valiosos suelen caer en los límites que separan las disciplinas tradicionales.

En definitiva, puede decirse que la interdisciplinariedad es una forma de producir nuevo conocimiento que se ha apartado del tradicional comportamiento por disciplinas claramente establecidas. Este fenómeno ha generado problemas a los evaluadores y a los gestores de la política científica, porque los modelos de evaluación muchas veces no tienen en cuenta esta nueva forma de producir conocimiento (Huutoniemi, Klein, Bruun y Hukkinen, 2010).

Huutoniemi y colaboradoras (2010) destacan la dificultad de definir y detectar la interdisciplinariedad en la investigación dado que puede manifestarse de diferentes maneras. Por su parte, Sugimoto y Weingart (2015) reseñan algunos antecedentes que se han utilizado para detectar y medir actividad disciplinaria y la interdisciplinariedad desde los Estudios Métricos de la Información (EMI): estudios de publicaciones (revistas,

categorías temáticas, citas), investigadores (autores, mentores, afiliaciones), ideas (idioma, tópicos, metodología).

Por su parte, de acuerdo con Albornoz y Alfarez,

“El concepto de capacidad permite superar el carácter puramente hipotético de los “impactos potenciales” al tomar en consideración que aquellas capacidades adquiridas que puedan ser consideradas como un recurso para afrontar demandas y desafíos constituyen impactos genuinos.” (Albornoz y Alfarez, 2008, p. 7).

Luego señala como concepto afín “la noción de “base científica y tecnológica” [que] remite a la cantidad y calidad de investigadores, tecnólogos y profesionales altamente capacitados con los que cuenta el país para afrontar los desafíos de la innovación, no sólo en el plano de la economía, sino también en el de la sociedad.” (Albornoz y Alfarez, 2008, p. 7).

2.2 La evaluación de la actividad investigadora

La inclusión de la evaluación de las prácticas científicas en el modelo de comunicación de la ciencia tiene sus orígenes en 1665 con la aparición de los sistemas de revisión por pares (Zuckerman y Merton, 1971), y continúa hasta nuestros días, no solo para controlar la calidad de los productos de la investigación, sino también como insumo para la asignación de fondos que la sostengan (Sanz-Menéndez, 2004). Sin embargo, tuvieron que pasar casi 300 años para que se formularan los primeros lineamientos guía de las políticas científicas de manera explícita (Bush, 1945).

Así, desde que ha sido necesaria la sistematización de las evaluaciones sobre la actividad científica han surgido manuales (OCDE, 1995, 2006, 2015) que compilan y pretenden estandarizar indicadores consensuados por la comunidad internacional (Alcázar Farías y Lozano Guzmán, 2009). Algunos autores, como Spinak, sostienen que:

“Podemos considerar a la ciencia como un sistema de producción de información, en particular información en la forma de publicaciones, considerando publicación a cualquier “*información registrada en formatos permanentes y disponibles para el uso común*”. Desde este punto de vista entonces, la ciencia puede verse como una empresa con insumos y resultados. La medición de esas dos categorías – insumos y resultados – son la base de los indicadores científicos.” (Spinak, 1998).

En el mismo sentido, Rosa Sancho sostiene que “El proceso científico se puede considerar análogo a los modelos económicos coste-beneficio o inversión-resultado (“*input-output*”), susceptible, por tanto, de ser cuantificado” (Sancho, 1990).

Este enfoque es especialmente criticado desde las ciencias sociales y humanas, en dónde los modelos de producción de conocimiento tienen rasgos particulares que lo diferencian de las ciencias naturales (Hicks, 2005, 2006), en general más proclives a aceptar el modelo “economicista”.

Esta metodología de medición de insumos y resultados es la que ha primado generalmente en los sistemas de evaluación y promoción de las actividades científicas y parte de la premisa de que esta actividad funcionaría como una “caja negra” (Fernández Polcuch, 2000) en dónde entran varios insumos (dinero invertido, personal, equipamiento, etc.) y se obtienen algunos productos (artículos, patentes, etc.) que pueden ser cuantificados mediante indicadores. Estos indicadores han tenido una gran aceptación por parte de los gestores de política científica, pues ofrecen “datos objetivos” y tangibles.

Sin embargo, algunos investigadores proponen un cambio de paradigma en la evaluación de la actividad científica, moviéndose desde el paradigma del *output* o productividad, hacia el paradigma de las capacidades (Bozeman, Dietz y Gaughan, 2001; Cañibano y Bozeman, 2009).

Este enfoque parte de la premisa de que

“el rasgo característico de la ciencia y la tecnología actual es la capacidad colectiva de un número cada vez mayor de individuos, asociados a grupos e instituciones, para la producción y aplicación del conocimiento. La estabilidad en el largo plazo de este proceso está garantizada por la capacidad de reproducción, ampliación y consolidación de la comunidad académica y científica en cuanto a la excelencia de la formación para su interacción con la sociedad.” (Jaramillo Salazar, 2009).

Este enfoque alternativo a los clásicos sistemas de evaluación pone su mirada en las carreras académicas y científicas a partir de dos vertientes: la primera se basa en la ciencia económica y se concentra en la productividad del capital humano, haciendo foco en las carreras industriales y la gestión de la innovación; la segunda se basa en la sociología y se ocupa de las carreras académicas y la productividad como un sistema complejo de interacciones sociales (Jaramillo Salazar, Lopera y Albán Conto, 2009).

La primera vertiente tiene sus raíces en los estudios sobre gestión de la innovación, por lo que algunos temas abordados son: comportamiento de la productividad de los

ingenieros, la innovación, la obsolescencia tecnológica y la gestión del manejo del personal técnico.

El trabajo de Landry, Traore y Godin (1996) es uno de los primeros en reportar los efectos de la colaboración en la productividad académica. Hasta esa fecha, los estudios sobre la investigación en colaboración se centraban en la colaboración industria-universidad, principalmente en las disciplinas académicas relacionadas con la ingeniería aplicada.

“Estos estudios se centran en las motivaciones, los mecanismos, los costos financieros y los beneficios financieros de la investigación en colaboración, prestando poca atención al impacto de la investigación colaborativa en la productividad académica.” (Landry et al., 1996).

Para cubrir esta carencia los investigadores se proponen: a) realizar una encuesta que cubre a los investigadores académicos de todas las disciplinas; b) comparar las relaciones de colaboración entre los investigadores universitarios, entre estos y los investigadores de la industria, y entre los investigadores universitarios y otras instituciones (organismos públicos, gobiernos locales y grupos de interés organizados); y c) evaluar el impacto que tienen estas colaboraciones en la producción académica de los investigadores universitarios. Los resultados mostraron que la colaboración, entre cualquiera de los actores definidos, aumenta la productividad de los investigadores. Además, el efecto de la colaboración en la productividad se ve afectado por varios factores: que la relación comience temprano en la carrera científica, y la cercanía tanto geográfica como de la disciplina. Asimismo, se encontró que la colaboración más beneficiosa para el aumento de la productividad académica es la relación industria – universidad (Landry et al., 1996).

Por su parte, Zucker, Darby y Armstrong (1998) construyeron una base con datos de industrias biotecnológicas y universidades de California (investigadores vinculados a la industria, colaboraciones con investigadores vinculados a universidades, productos tecnológicos, producción académica, etc.) y encontraron que las industrias geográficamente más cercanas a las universidades se ven más beneficiadas por el intercambio identificable entre particulares científicos e investigadores de las empresas que por la difusión del conocimiento generalizado.

“La noción estándar de difusión de conocimientos geográficamente localizados se basa en la idea de que los científicos universitarios realizan actividades de investigación básica desinteresada, cuyos resultados se pueden poner más rápidamente en uso comercial por empresas cercanas, que pueden aprender más fácilmente nuevos resultados de los lazos sociales entre empleados y científicos

universitarios o asistiendo a seminarios informales en la universidad.” (Zucker et al., 1998).

En otras palabras, si bien se supone que la investigación básica desinteresada¹ por parte del científico en la universidad tarde o temprano llegará a la industria en forma de un producto tecnológico o innovación, la cercanía geográfica de la industria a la universidad facilita la transferencia de conocimiento.

La segunda vertiente tiene sus raíces en las obras del sociólogo Robert K. Merton (Merton, 1957, 1968a, 1968b), así como las de los franceses Bruno Latour (Latour, 2001; Latour y Woolgar, 1979) y Pierre Bourdieu (Bourdieu, 2003, 2008).

“La importancia de estos estudios, radica en el hecho de reconocer a la ciencia como una entidad sociológica organizada, bajo la que se establece un marco cultural y normativo que rige la creación, visibilidad e intercambio de conocimientos. De esta manera, la productividad del investigador no puede asociarse a un puesto de trabajo dentro de una carrera académica, sino que debe ser visto como el reflejo de los factores sociales e institucionales que rigen el comportamiento de la ciencia.” (Jaramillo Salazar et al., 2009, p. 4).

Algunas de las líneas que se han desarrollado en esta vertiente son los modelos de prestigio, por ejemplo, el efecto Mateo, postulado por Merton (1968b) y que a pesar del tiempo no deja de confirmarse en los trabajos empíricos (Parker, Allesina y Lortie, 2012; Parker, Lortie y Allesina, 2010; Sabatier y Chollet, 2017). Otra línea son las redes sociales, por ejemplo, la identificación de frentes de investigación a través de la red de citación (Price, 1965), o la visualización de la estructura de la ciencia (Vargas-Quesada y Moya-Anegón, 2007). Por último, los modelos de ciclo vital, por ejemplo, Diamond Jr. (1980, 1984, 1986) identifica regularidades en la disminución de la productividad de los investigadores conforme avanzan en su carrera científica y envejecen.

De ambas vertientes mencionadas y sus correspondientes líneas surge la teoría de carreras académicas. En la literatura se integran a esta teoría cuatro elementos recurrentes que provienen de las teorías de capital humano, capital social y capital intelectual.

“En primer lugar, reconoce que los científicos no se forman en espacios aislados, sino que su trabajo y formación se desarrolla al interior de distintas instituciones sociales y organizaciones. En segundo lugar, propone elementos que permiten establecer que los procesos de colaboración y comunicación entre distintos contextos organizacionales es una variable determinante de la formación de capital humano. En tercer lugar, muestra que los individuos son productos históricos, sus

¹ El tema de cuán “desinteresada” es la investigación realizada por cualquier comunidad científica es largamente debatido desde disciplinas como historia de la ciencia y la epistemología y excede las pretensiones de esta tesis.

vidas están en permanente desarrollo y se encuentran interrelacionadas. Son estas interacciones las que en última instancia determinan su forma de pensar, el conocimiento que acumulan y su producción científica. Y, en cuarto lugar, se constituye en una herramienta de mayor utilidad para analizar las diversas formas de generación y difusión de conocimiento.” (Jaramillo Salazar et al., 2009, p. 7)

Por su parte, Hunter y Kuh (2011) han señalado la importancia crítica que tienen los mentores o patrocinadores para la adquisición de los intereses y habilidades de investigación. En su trabajo identificaron que la mayoría de las veces los mentores eran profesores del programa de doctorado, o en menor proporción supervisores de pasantías o de estancias posdoctorales. Asimismo, establecieron que los mentores brindaban apoyo en (1) el conocimiento e inserción en redes profesionales, (2) apoyo en las primeras inserciones profesionales, (3) asesoramiento o colaboración en actividades de investigación y publicación, (4) servían como modelos de comportamiento académico (Hunter y Kuh, 2011). El efecto de las tutorías sobre las carreras académicas de los estudiantes de posgrado cuenta con algunos antecedentes en la literatura; por ejemplo Long y McGinnis (1985) estudian el efecto de los tutores y la tipología de su trabajo de tutoría sobre las carreras de los doctorandos, fundamentalmente en su capacidad de producción. Otros trabajos analizan cómo el rol de los mentores afecta la decisión de seguir una carrera académica por parte de los doctorandos (Curtin, Malley y Stewart, 2016; Russo, 2011).

Finalmente, cabe señalar la relevancia que están teniendo los estudios bibliométricos sobre nanotecnología y nanociencias que, como veremos más adelante, son dos campos fuertes en la producción del centro a estudiar. Ello se debe probablemente a múltiples causas, pero en el marco de este trabajo mencionaremos dos. Es un campo interesante para estudiar el fenómeno de la interdisciplinariedad (Jang, Kwon, Park y Lee, 2018; Luan y Porter, 2016), probablemente debido a que es relativamente joven (unos 40 años) y existe un consenso bastante aceptado en la comunidad para fijar hitos en su desarrollo (Luan y Porter, 2016). Por otra parte, la importancia estratégica de la nanotecnología y las nanociencias para el desarrollo de los países hace que se encuentren muchos estudios de su impacto en países y regiones (Karaulova, Shackleton, Gök, Kotsemir y Shapira, 2014; Kay y Shapira, 2009; Suarez Estrada y Dutrenit Bielous, 2015; Tang y Shapira, 2011).

2.3 El CINQUIFIMA en la UdelaR

Desde el 2008 la Universidad de la República ha dado señales claras de la importancia que tiene la interdisciplinariedad para la institución. En ese año se conformó el Espacio Interdisciplinario con la finalidad de brindar una estructura física y financiamiento que promoviera las actividades interdisciplinarias en la Universidad. El servicio financia proyectos interdisciplinarios en distintas modalidades: Centros Interdisciplinarios (con un horizonte temporal de cinco años), Núcleos Interdisciplinarios y Programas Experimentales (con un horizonte de dos años). Estos proyectos tienen entre sus objetivos actividades de investigación, docencia y extensión.

Entre los Centros Interdisciplinarios (CI) se encuentra el Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA), que está integrado por 18 investigadores, todos ellos con formación de doctorado, que pertenecen en su mayoría (17) a la UdelaR y uno al Instituto de Investigaciones Clemente Estable (IICE-MEC), institución pública de investigación que funciona en la órbita del Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Diecisiete integran el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), perteneciente a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), un organismo gubernamental que tiene por cometidos promover la investigación y la aplicación de nuevos conocimientos para el desarrollo productivo y social del país. Algunos investigadores del CINQUIFIMA son o han sido evaluadores de los llamados concursables de esta agencia. En el grupo hay solo dos mujeres, y el promedio de edad es de 51 años, con una desviación de 8, un máximo de 65 y un mínimo de 37 años.

El objetivo de este centro 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” (Fontans, Aguirre-Ligüera y Vienni, 2015; Mombrú, 2012). Además de las áreas de física y química, como veremos más adelante con mayor detalle, integran el centro biología, ingeniería y odontología, lo que da cuenta de una amplia diversidad en las áreas que lo componen.

En el año 2015, el CINQUIFIMA fue evaluado, como todos los centros que recibieron la primera financiación en el 2009. En el Informe final de la Comisión de Seguimiento de los Centros Interdisciplinarios del Espacio Interdisciplinario, se recomienda al CINQUIFIMA el “incremento del trabajo interdisciplinario” (Universidad de la

República - Espacio Interdisciplinario, 2014). En otras palabras, para los evaluadores el centro no cumplía con las expectativas del trabajo interdisciplinario del programa.

En contraste, en el año 2015 Fontans y colaboradores (Fontans, Aguirre-Ligüera et al., 2015) describieron la producción del CINQUIFIMA, su colaboración nacional e internacional y la evolución de las temáticas de las revistas en donde publican a través del análisis de las WOS *Category* asignadas por la WOS. En este primer trabajo exploratorio se identificó una evolución en la producción interdisciplinaria del Centro en los periodos 1987-2015.

En este marco, esta tesis se justifica en la necesidad de generar conocimiento original sobre el desarrollo de los grupos interdisciplinarios y su capacidad de sostenerse en el tiempo. Estos insumos serán de utilidad para los evaluadores y diseñadores de políticas y planes estratégicos de la actividad científica y tecnológica de los grupos de investigación y departamentos universitarios.

3. Hipótesis y objetivos

3.1. Hipótesis

Esta tesis parte de la hipótesis de que la aplicación de las metodologías y herramientas de los Estudios Métricos de la Información (EMI) permiten analizar la actividad científica de estructuras de investigación, así como la capacidad de reproducción de un grupo científico, con la finalidad de identificar el carácter interdisciplinario de su producción científica y su capacidad de sostenerse en el tiempo.

Para ello, este trabajo plantea, por un lado, el análisis de la actividad investigadora de los integrantes del CINQUIFIMA, con el fin de caracterizar su perfil de producción; y por otro, describir la capacidad de reproducción del CINQUIFIMA con la finalidad de evaluar la capacidad del grupo para producir y difundir conocimiento de manera sostenida a lo largo del tiempo.

El análisis de la actividad investigadora, incluyendo el nivel de interdisciplinariedad de su producción científica, busca brindar insumos a los evaluadores de este tipo de grupos. El aporte sobre la capacidad de reproducción busca aportar un insumo diferente, y creemos que muy importante a la hora de evaluar grupos en proceso de consolidación en el marco del Espacio Interdisciplinario.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo general

Generar una propuesta para la evaluación de grupos de investigación, mediante la aplicación de metodologías y herramientas de los EMI, que integre los aspectos tradicionales (producción, productividad, impacto, colaboración, temáticas) con indicadores más novedosos, como son los de interdisciplinariedad de su producción y su capacidad de sostenerse en el tiempo.

3.2.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar la producción y la productividad científica del Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA).

2. Analizar la distribución temática de su producción científica.
3. Analizar la colaboración científica de la producción del CINQUIFIMA.
4. Identificar el nivel de interdisciplinariedad de su producción.
5. Describir las trayectorias académicas de los integrantes del CINQUIFIMA.
6. Describir la capacidad de reproducción del CINQUIFIMA.

4. Metodología

Este capítulo se divide en tres grandes secciones. En la primera se presenta la estrategia de investigación, en la segunda el enfoque metodológico, y en la última sección, las fuentes y herramientas de recolección y análisis de los datos.

4.1 Estrategia de investigación

De acuerdo con Sautu y colaboradores, “El paradigma es la orientación general de una disciplina, que define el modo de orientarse y mirar aquello que la propia disciplina ha definido como su contenido temático sustantivo” (Sautu, Boniolo, Dalle y Elbert, 2005, p. 39). En este marco, este trabajo se inscribe dentro del paradigma positivista / post-positivista, dado que se parte del supuesto ontológico de que nuestro objeto de estudio (un centro interdisciplinario: CINQUIFIMA) es un fenómeno que tiene ciertas características observables y medibles. El supuesto epistemológico que subyace a este marco es que estas “medidas” pueden realizarse objetivamente (conteo de publicaciones, de autores, de citas, etc.) sin que el investigador esté implicado con la metodología de estudio.

4.2 Enfoque metodológico

Para este trabajo se utilizará un enfoque cuantitativo ya que los datos a recabar serán objetivos y observables, básicamente numéricos, y su tratamiento será estadístico y bibliométrico. El abordaje será exploratorio, en el sentido de que se pretende producir conocimiento relevante sobre una temática que no ha sido abordada desde nuestra disciplina en el país. También será descriptivo, porque se pretende describir las características de un grupo de investigación y su producción académica. Finalmente será un estudio de caso en tanto que se busca estudiar en profundidad un grupo interdisciplinario típico.

El abordaje metodológico se inscribe dentro del análisis de dominio. Para Smiraglia “existe cierto nivel de confusión en la definición de un dominio, por lo que muchos autores han hablado de comunidades discursivas, disciplinas, colegios invisibles, e incluso ecologías, sin embargo, todos ellos son tipos de dominios.” (Smiraglia, 2014, p. 85) Y señala que: “Un dominio puede definirse sencillamente como una comunidad de académicos que trabajan en problemas de investigación que son percibidos de alguna

manera como similares” (Smiraglia, 2014, p. 85). Esto trae implícito que comparten una ontología, un conjunto de hipótesis comunes, una metodología de trabajo que aplican a los mismos problemas de investigación, y por tanto, un lenguaje común que les permite comunicarse (Smiraglia y Lee, 2012, p. 114).

El análisis de dominio, postulado para la Ciencia de la Información por Hjørland y Albrechtsen (1995), constituye un abordaje metodológico central en Organización del Conocimiento, que puede subdividirse en once enfoques metodológicos (Hjørland, 2002). Entre ellos se encuentran los estudios bibliométricos (o EMI) que constituyen un enfoque coherente y objetivo para analizar y caracterizar un dominio científico (Hjørland, 2002; Oliveira y Grácio, 2013); sin embargo, sus resultados deben ser tomados con cautela si no se combinan con métodos cualitativos. Esta necesidad de cautela ha sido señalada recientemente en el Manifiesto de Leiden, que recibe este nombre por el lugar donde se formuló en el marco de una de las conferencias más importantes del área. En el primer punto de sus diez principios de buenas prácticas sostiene que “la evaluación cuantitativa tiene que apoyar la valoración cualitativa por expertos”, no sustituye a esta y por lo tanto “los decisores tienen plena responsabilidad sobre sus evaluaciones” (Hicks, Wouters, Waltman, Rijke y Rafols, 2015).

En este marco, esta tesis busca describir un fenómeno complejo mediante una herramienta válida, pero con limitaciones intrínsecas.

4.3 Fuentes y herramientas de recolección y análisis

La estrategia de investigación propuesta implica acceder a dos fuentes de información diferentes, los *curricula vitae* de los investigadores y la base de datos bibliográfica *Web of Science (WOS)* de *Clarivate Analytics*. A continuación, mencionaremos cada fuente y como una manera de sistematizar la información las describiremos siguiendo el siguiente orden: 1) unidad de análisis, 2) características, fortalezas y limitaciones, 3) antecedentes de uso, 4) obtención y tratamiento de los datos, 5), procesamiento y análisis.

4.3.1 Fuente CVuy del SNI de la ANII

4.3.1.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis para esta fuente es el investigador. Los datos recabados permitieron construir la trayectoria del investigador en la UdelaR, su trayectoria de formación y su

capacidad de formación de recursos humanos. Asimismo, esta información se vinculó con la base que recoge los datos de la producción académica, a través de los nombres de los investigadores y las fechas. Ello permitió un análisis diacrónico del desarrollo de las capacidades del CINQUFIMA.

4.3.1.2 Características, fortalezas y limitaciones

Los *Curriculum Vitae* CVs u hojas de vida,

“contienen la principal información descriptiva sobre los individuos, variables sociodemográficas, información sobre formación y educación, principales publicaciones y patentes, actividades profesionales como tipos de empleos y afiliación institucional y reconocimientos, entre otros. A su vez, son una representación de los principales movimientos de los científicos, ya que contienen información concreta sobre los tiempos, las secuencias, la duración de las actividades profesionales de los individuos y las interrelaciones que implican las colaboraciones y afiliaciones institucionales. En estos términos el *Curriculum Vitae* (CV) de cada científico es en sí mismo, una representación de su valor de conocimiento.” (Jaramillo Salazar et al., 2009).

Los CVs constituyen la principal fuente de información para estudiar las trayectorias de los investigadores.

El CVuy

“es un software en línea accesible a través del portal del SNI que permite el ingreso del currículum vitae de los investigadores. Está basado en el Sistema CV- Lac (*Curriculum Vitae Latinoamericano y del Caribe*) en especial en la tecnología y metodología desarrollada por el CNPq/Brasil (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*) que ya fuera empleada por el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA) y sobre la cual la ANII realizó modificaciones en consulta con otras instituciones nacionales encargadas de financiar y promover actividades de I+D+i.” (Fontans, Simón y Ceretta, 2015, p. 589)

Cabe agregar que este sistema de información se está implementando, además de en Uruguay y Brasil, con diferentes grado de desarrollo en varios países de la región: Argentina, México, Perú, Ecuador, Venezuela y Paraguay (D'Onofrio, 2009).

En cuanto a las limitaciones de los CVs, brevemente se puede señalar que contienen información auto reportada, por lo que es posible que contenga errores; existen múltiples formatos, lo que implica un esfuerzo de normalización y codificación importante.

(Aguirre-Ligüera, Fontans y Simón, 2013; Cañibano y Bozeman, 2009; Dietz, Chompalov y Bozeman, 2000; D'Onofrio, 2009). Para este trabajo el inconveniente de los diversos formatos se verá subsanado por el uso del CVuy como fuente.

4.3.1.3 Antecedentes de uso

Los trabajos pioneros en el uso del CV, tienen su origen en la década de los años 90 en Estados Unidos en el Programa *Research Value Mapping de la School of Public Policy* del *Georgia Institute of Technology*, con el objetivo de examinar los flujos laborales y las trayectorias de las carreras de los científicos e ingenieros (Dietz et al., 2000). Estos estudios se extendieron a Europa, mediante la colaboración con investigadores europeos que tomaron la metodología y la aplicaron a sus propios contextos (Cañibano y Bozeman, 2009). En este trabajo, una revisión de literatura sobre la temática publicada en *Research Evaluation*, Cañibano y Bozeman identifican tres grandes áreas temáticas sobre las que están trabajando los investigadores que toman los CV como instrumento para la evaluación de la investigación científica: las trayectorias profesionales, la movilidad (geográfica y entre instituciones), y el mapeo de la capacidad colectiva (Cañibano y Bozeman, 2009).

A continuación, se señalan algunos de los antecedentes más relevantes del trabajo con CVs².

Lee y Bozeman (2005) analizaron 443 CVs con el objeto de identificar la influencia de la investigación en colaboración en la productividad científica. Su conclusión más relevante fue que algunos de los beneficios más importantes de la colaboración pueden beneficiar a grupos, instituciones y campos científicos, más que a individuos.

Jaramillo Salazar, Lopera y Albán (2009) presentan una revisión bibliográfica sobre el uso de los CVs y su utilización para la modelación de carreras académicas. Describen la información contenida en la Plataforma ScienTi (el equivalente al CVuy de Colombia) y presentan el resultado de investigaciones en Colombia sobre esta temática. Finalmente, describen el establecimiento de una línea de investigación que estudia las carreras académicas de los investigadores colombianos y los mecanismos de evaluación.

² Este relevamiento se realizó para la presentación de un proyecto sobre la temática al llamado a Proyectos I+D de la CSIC (2016). En ese proyecto se identificaron 14 artículos sobre la temática, acá se reseñan los más relevantes.

Sandström (2009) combina el uso de 326 CVs del área biomédica con el análisis bibliométrico (indicadores de citación). Por medio del análisis de clúster identifica cuatro grupos de científicos: móvil, inmóvil, excelente, y empresarial; no detectando un patrón lineal de rendimiento en la citación para los investigadores móviles y menos móviles.

Furtado y colaboradores (2015) analizan la trayectoria educativa de 6.000 investigadores de Brasil a través de sus CVs recogidos en la plataforma CV Lattes y reporta que cada vez más investigadores realizan su formación completa en el país (hasta nivel de doctorado). Sin embargo, los posdoctorados siguen teniendo lugar en EEUU y Europa. Ello sugiere, por un lado, una cooperación con investigadores extranjeros en una etapa más avanzada de la carrera académica, y por otro, la fuerte consolidación de los programas de doctorado de ese país.

Por último, a nivel nacional los únicos antecedentes reportados en el análisis de CV en el área de Bibliotecología y Ciencia de la Información son los trabajos publicados por el Grupo de Investigación que integro, “Estudios sobre la producción Científica” (Núm. 881410 de CSIC) coordinado por la Dra. María Gladys Ceretta y la consultoría internacional del Dr. Elías Sanz Casado (ambos tutores de esta tesis). En Picco y otros (2014) utilizamos el CVuy para describir los patrones de comunicación científica identificados entre los años 2009 y 2010, a partir de la producción científica reportada por los investigadores activos del SNI; y en Fontans, Simón y Ceretta (2015) describimos el acceso a la producción científica financiada con fondos públicos de los investigadores del área social que integran el SNI, para el período 2009-2010.

4.3.1.4 Obtención y normalización de los datos

Para la obtención de los datos se procede a la descarga de los CVuy en formato Adobe del sitio del SNI de los investigadores que integran el CINQUIFIMA. Este centro está integrado por 18 investigadores (Mombrú, 2012), 17 de ellos categorizados en el SNI. La descarga en formato Adobe permite tener una “foto” de los CVuy al día de la descarga, con la fecha de la actualización del documento y tiene la ventaja de que se pueden contrastar los datos de partida en cualquier momento del trabajo; por el contrario, el CV en línea puede ser modificado por el autor en cualquier momento y ello no permitiría recuperar la fuente de datos en el futuro.

Se construyó una base de datos *ad hoc* en una planilla de cálculos (Excel) con los datos que se señalan en el Cuadro 1. Este *software* tiene la suficiente flexibilidad como para permitir levantar los datos con otras herramientas, por ejemplo, SPSS para el análisis estadístico, u otro software para el procesamiento de redes sociales (UCINET, PAJEK, Gephi).

Dado el pequeño número de investigadores, los datos se normalizaron de manera manual procurando una consolidación adecuada de la base que permitió el posterior análisis y procesamiento. Los datos a normalizar son los nombres de personas e instituciones.

Cuadro 1. Dimensiones y variables extraídas del CVuy.

Dimensión	Nombre	Tipo	Etiqueta
Características generales	Nom_Inv	Cadena	Nombre del investigador
	Fecha_Nac	Numérico	Fecha de nacimiento
	Edad	Numérico	Edad cronologica al 2016
	Edad_Acad	Numérico	Años a partir de su primera publicación
	Género	Dicotómica	Género
Trayectoria de formación	Año_Grado	Numérico	Año de obtención del grado
	Año_Mas	Numérico	Año de obtención del master
	Año_Doc	Numérico	Año de obtención del doctorado
	Año_PosDoc	Numérico	Año de obtención del posdoctorado
Doctorado	Dir_T_Doc	Cadena	Director de tesis de doctorado
	CoDir_T_Doc	Cadena	Codirector de tesis de doctorado
	Inst_Doc	Cadena	Institución dónde obtuvo el título de doctorado
	País_Doc	Cadena	País de Institución dónde obtuvo el título de doctorado
	Tem_Doc	Cadena	Temática del doctorado
Financiación	Total_Proj_Financ	Numérico	Suma de los proyectos financiados
Formación de RRHH	Cursos_Mas	Numérico	Cursos de maestría dictados
	Curso_Doc	Numérico	Cursos de doctorado dictados
	Tesis_Mas	Numérico	Tesis de maestría dirigidas
	Tesis_Doc	Numérico	Tesis de doctorado dirigidas
	Trib_Mas	Numérico	Integración de tribunales de maestría
	Trib_Doc	Numérico	Integración de tribunales de doctorado

4.3.1.5 Procesamiento y análisis

Para la visualización de las relaciones establecidas en la integración de tribunales de tesis, y las relaciones entre los directores de tesis y sus tutorados se utilizaron los paquetes informáticos para el procesamiento de redes sociales UCINET (Borgatti, Everett y Freeman, 2002), PAJEK (Batagelj y Mrvar, 2004), Gephi (Bastian, Heymann y Jacomy, 2009). Para el análisis se calcularon las métricas de centralidad: Grado, Intermediación y Cercanía (Wasserman y Faust, 1994).

El análisis de redes sociales (ARS) es un enfoque en las ciencias sociales que centra su atención en las relaciones entre actores, desplazándose del tradicional foco en los propios actores, por ello es conocido también como análisis estructural (Freeman, 2012). Para

Molina González (2001), no existe acuerdo en la literatura sobre si este enfoque constituye una técnica de abordaje o un nuevo paradigma dentro de las ciencias sociales. Lo que sí puede asegurarse es que constituye una herramienta cada vez más utilizada para el desarrollo de los Estudios Métricos de la Información (Pinto & Gonzales-Aguilar, 2014).

En este contexto, una red social es una representación gráfica (un grafo) compuesta por al menos dos componentes: los actores (nodos), y las relaciones o vínculos existentes entre ellos (aristas). Los nodos pueden representar individuos o personas, grupos, países, empresas, acontecimientos, palabras claves, etc. Las aristas representan los vínculos que se establecen entre los nodos según el abordaje del investigador, por ejemplo, amistad, afinidad, enemistad, coautoría, parentesco, etc. (Carrington, Scott, & Wasserman, 2005; Molina González, 2001; Wasserman & Faust, 1994).

Los roles que desempeñan los actores en las redes pueden establecerse a través de la aplicación de la teoría de grafos, una rama de la matemática que aporta robustez al ARS. Según Wasserman y Faust (1994), esta teoría basa esa robustez en tres puntos: 1) tiene un vocabulario que puede ser utilizado para analizar muchas propiedades de las estructuras sociales; 2) nos ofrece las operaciones matemáticas por las cuales esas propiedades pueden analizarse y medirse; y 3) nos permite probar teoremas sobre los grafos (citado por Freeman, 2012).

4.3.2 Fuente *Web of Science* (WOS)

4.3.2.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis para esta fuente es la “producción científica” y corresponde a los datos que permiten identificar la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Los datos recabados permitieron caracterizar la producción, la colaboración (a nivel de coautoría e institucional), y las temáticas desarrolladas por los investigadores del CINQUIFIMA. Asimismo, los productos de este análisis se vincularon con las trayectorias de los investigadores del grupo.

4.3.2.2 Características, fortalezas y limitaciones

La plataforma *Web of Science* (WOS) de *Clarivate Analytics*, es una de las más importantes bases de datos en línea de información bibliográfica, científica y

multidisciplinaria. Brinda información bibliográfica sobre más de 18000 revistas científicas (Mangan, 2017), libros, actas de congresos de ciencias, ciencias sociales, artes y humanidades. Esta fuente es una de las más usadas para estudios bibliométricos por lo que también ha sido evaluada desde distintos puntos de vista en la literatura del área. A modo de ejemplo, Bosman y colaboradores (2006) analizan en profundidad la cobertura y la funcionalidad de la base de datos de citas *Scopus*, incluyendo comparaciones con la *Web of Science* y *Google Scholar*; el trabajo de Harzing y Alakangas (2016) proporciona una comparación sistemática y exhaustiva de la cobertura de las tres principales bases de datos bibliométricos: *Google Scholar*, *Scopus* y *Web of Science*; Gavel e Iselid (2008) proporcionan datos cuantitativos sobre la cobertura de títulos de revista; Beigel y Salatino (2015) analizan el impacto que tiene WOS en lo que ellos llaman el Sistema Académico Mundial; López-Illescas y colaboradores (2008) comparan la cobertura y el impacto de un área temática específica, oncología, en WOS y Scopus, mientras que Gorraiz y Schloegl (2008) hacen lo propio para el área farmacia.

Las limitaciones más recurrentes que se reportan en la literatura sobre esta base son la cobertura, el sesgo lingüístico y disciplinar. Uno de los criterios de inclusión de las revistas científicas en WOS es que su cobertura sea de nivel internacional. Ello implica que los temas locales (sobre todo de los países de la “periferia”) no son de interés para las revistas que están o pretenden estar en WOS. El sesgo lingüístico se constata en que la mayoría de las publicaciones son en inglés. En cuanto al sesgo disciplinar, se ha reportado que las Áreas Sociales y Humanidades están subrepresentadas en la fuente (Torres-Salinas et al., 2010).

4.3.2.3 Antecedentes de uso

La base WOS, junto con la base Scopus de Elsevier desde el 2009, son las más utilizadas en los estudios bibliométricos en general. En esta sección reseñaremos brevemente algunos antecedentes de uso para identificar interdisciplinariedad y colaboración.

Como ya señaláramos, Sugimoto y Weingart (2015) reseñan algunos antecedentes que se han utilizado para detectar y medir la actividad disciplinaria y la interdisciplinariedad desde los Estudios Métricos de la Información (EMI): estudios de publicaciones (revistas; *Subject Category*; citas); investigadores (autores; mentores; afiliaciones); ideas (idioma; tópicos; metodología).

Para la identificación de la interdisciplinariedad se utilizó 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 y Rafols, 2013). Las WC son asignadas a los títulos de revistas mediante un método “heurístico” sobre la base de una serie de criterios, como el título de la revista y sus patrones de citación (Leydesdorff y Rafols, 2009; Pudovkin y Garfield, 2002). De un reciente estudio sobre los resultados de este método de clasificación de títulos revistas se puede concluir que tiene un elevado margen de confianza (Wang y Waltman, 2016). Además, han sido ampliamente reportadas en la literatura como una buena aproximación de la interdisciplinariedad de un grupo, un área temática o revista (Leydesdorff et al., 2013; Leydesdorff y Rafols, 2012; Leydesdorff, Rotolo y Rafols, 2012; Rafols, Porter y Leydesdorff, 2010).

Las WC han sido utilizadas para realizar mapas de la ciencia, en dónde se puede apreciar cómo se relacionan las disciplinas presentes en WOS a través del comportamiento de citación (Leydesdorff et al., 2013; Leydesdorff y Rafols, 2009). Si se quiere ir más allá de la identificación de la interdisciplinariedad, también se ha reportado su utilidad para medir el grado de interdisciplinariedad (Chavarro, Tang y Rafols, 2014).

Con respecto a la segunda opción reportada por Sugimoto y Weingart (2015), “autores, mentores y filiaciones”, refieren a que si un artículo es firmado por autores con formación en distintas disciplinas puede inferirse que ese artículo es interdisciplinario (Schummer, 2004). En el caso de los mentores el análisis se realiza con los integrantes de los tribunales de tesis, desde esta perspectiva se parte del supuesto de que si los integrantes del tribunal de tesis son de distintas disciplinas, la tesis y el candidato a evaluar son interdisciplinarios (Sugimoto, Ni, Russell y Bychowski, 2011). Por último, para las filiaciones, se parte del supuesto de que, si la filiación institucional de los coautores de un artículo es de distintas disciplinas, el artículo es interdisciplinario (Carayol, Uyen y Thi, 2005). Para este trabajo se analizó la información recabada por el CVuy y se constató que no reporta la integración de los tribunales de tesis, por lo que este abordaje no es posible con la fuente seleccionada. Por su parte es difícil distinguir de la filiación institucional la pertenencia disciplinar de los coautores, en este caso con la fuente WOS.

WOS también fue utilizada en este trabajo para analizar la producción y la colaboración del CINQUIFIMA. Desde que Solla Price detectara y predijera el continuo aumento de la colaboración científica (Price, 1965), y más allá de la problematización de qué es la

colaboración científica, puede concluirse que constituye un fenómeno social complejo que ha sido abordado por los investigadores de diversas áreas desde fines de la década del 50 (Katz y Martin, 1997). La colaboración científica puede verse como una red social, más específicamente una red de colaboración, en la que los investigadores de la comunidad científica se vinculan entre sí a través de relaciones. El ARS es una herramienta muy potente para el estudio de este fenómeno, dado que pone su acento en las relaciones entre los investigadores y no solo en sus características individuales (Vargas-Quesada y Moya-Anegón, 2007).

En particular, la coautoría es uno de los tipos de colaboración científica más estudiados y mejor documentados, además el ARS es útil para analizar casi cualquier aspecto de este fenómeno (Glänzel y Schubert, 2005). En particular, en la investigación que combina el ARS con el análisis bibliométrico, los abordajes que estudian las redes de colaboración científica tienen un desarrollo importante en los últimos años (Ye, Li y Law, 2011). Para esta tesis, el fenómeno de la colaboración fue observado desde las perspectivas de autores e instituciones (a nivel nacional e internacional).

4.3.2.4 Obtención y normalización de los datos

La distribución de los integrantes del CINQUIFIMA por institución es la siguiente:

- 1) Facultad de Química
 - a) Departamento de Experimentación y Teoría de la Estructura de la Materia y sus Aplicaciones (DETEMA)
 - i) Alvaro Mombrú
 - ii) Ricardo Faccio
 - iii) Helena Pardo
 - iv) Leopoldo Suescun
 - v) Pablo Denis
 - b) Departamento Estrella Campos (DEC)
 - i) Carlos Kremer
 - ii) Julia Torres
 - iii) Raúl Chiozzone
 - c) Departamento de Química Orgánica (DQO)
 - i) Gustavo Seoane
- 2) Facultad de Ciencias

- a) Instituto de Física
 - i) Carlos Negreira
 - ii) Ariel Moreno Gobbi
- b) Laboratorio de Biomateriales
 - i) Eduardo Méndez
- c) Centro de Investigaciones Nucleares
 - i) Pablo Cabral
- 3) Facultad de Ingeniería
 - a) Instituto de Física
 - i) Enrique Dalchiele
 - ii) Ricardo Marotti
 - iii) Daniel Ariosa
- 4) Facultad de Odontología
 - a) Cátedra de Fisiología
 - i) Marcelo Kreiner
- 5) Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable
 - i) Juan Benech

Se realizó una consulta el 8/05/2017 en la colección principal de la WOS con los nombres de los integrantes del CINQUIFIMA, con la siguiente estrategia de búsqueda:

Autor: (CABRAL OR CHIOZZONE OR DALCHIELE OR DENIS OR FACCIO OR KREMER OR MAROTTI OR MENDEZ OR MOMBRU OR MORENO OR NEGREIRA OR PARDO OR SEOANE OR SUESCUN OR TORRES OR ARIOSA OR KREINER OR BENECH)

Período de tiempo: Todos los años. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC.

Ello permitió recuperar toda la producción citable de los dieciocho investigadores integrantes del CINQUIFIMA, incluso anterior a la vinculación al grupo. Necesariamente la estrategia tuvo que centrarse en los nombres de los investigadores y no en la filiación al centro CINQUIFIMA, dado que los investigadores reportan en general como filiación la institución en donde están radicados sus cargos, la Universidad de la República, y más precisamente la respectiva facultad.

Otra decisión importante con respecto a la estrategia de conformación del corpus documental consistió en no limitar la búsqueda a los periodos de existencia del CINQUIFIMA. Ello nos permitió analizar el comportamiento de la producción de los investigadores antes de la conformación del centro, así como estudiar el comportamiento de publicación a lo largo de su trayectoria académica.

Se descargó toda la producción citable a una base Excel construida *ad hoc*. Luego se procedió a la consolidación de la base, procedimiento que consiste en verificar que todos los registros descargados tengan por lo menos un autor perteneciente al CINQUIFIMA. Finalmente, se normalizaron los datos: nombre de autores y filiación. Los campos que se utilizaron fueron: AU (Autor), SO (Título de la fuente), LA (Idioma), DT (Tipo de documento), PY (Año de publicación), JI (Titulo de la fuente en formato ISO), C1 (Filiación), WC (*WOS Categories*).

Uno de los problemas fundamentales en la construcción de indicadores bibliométricos es la calidad de los datos con los que se elaboran (Haustein y Larivière, 2015). En efecto, no todos los autores firman sus trabajos de la misma manera a lo largo de su carrera (Vargas-Quesada, Minguillo, Chinchilla-Rodríguez y Moya-Anegón, 2010). Un análisis de los inconvenientes que esto puede traer para los trabajos de análisis de colaboración es desarrollado recientemente en un artículo aparecido en *Journal of Informetrics* (Kim y Diesner, 2015).

Para la normalización se seleccionaron de la base los campos AU (Autor), AF (Nombre completo del autor), PY (Año de publicación) y UT (Número de acceso), y se procesaron con el paquete informático *Open Refine* (Verborgh y Wilde, 2013). En una primera etapa se normalizaron los nombres de los 18 autores pertenecientes al centro, descartándose los registros que no contaban con al menos uno de estos autores. En la segunda etapa se normalizaron el resto de los nombres del campo autor mediante el uso de las herramientas de agrupamiento con las que cuenta *Open Refine*. Este software incluye siete métodos o algoritmos de agrupamiento: *Key Collision Methods*, *Fingerprint*, *N-Gram Fingerprint*, *Phonetic Fingerprint*, *Nearest Neighbor Methods*, *Levenshtein Distance*, *PPM* (Verborgh y Wilde, 2013). En conjunto, el uso de estos métodos brinda una normalización de los errores más comunes en las cadenas de texto presente en las bases de datos. No obstante, el sistema es semiautomático; es decir, el *software* sugiere posibles normalizaciones que deben ser validadas por el usuario, lo que hace que el resultado final sea muy bueno.

Finalmente, se cotejó que la cantidad de registros asignados a los investigadores en esta base coincidiera con el número de artículos reportados por el investigador en su CV.

Para la normalización de los nombres de instituciones se siguió un procedimiento similar, con la diferencia de que aquí no se contó con la posibilidad de cotejar el nombre de las instituciones en los CVuy, pero se hicieron búsquedas en Internet cuando fue necesario desambiguar la denominación de una institución. La variación aquí resultó mayor que para el caso de los nombres de los autores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Detalle del corpus normalizado.

Periodo comprendido (1987-2016)		
Documentos	Totales	1636
	Corpus	830 (51,0 %)
Autores*	Sin normalización	1242
	Con normalización	1139 (91,71 %)
Instituciones*	Sin normalización	881
	Con normalización	414 (47,0 %)
* en el corpus		

Una vez obtenido el corpus normalizado se utilizó el dato del identificador de registro de WOS (Campo UT) para identificar toda la producción de cada investigador y realizar una nueva consulta a la base WOS. Así se obtuvo y se descargó el informe de citas de todo el grupo y de cada investigador por separado. El mismo procedimiento se utilizó para obtener, desde la herramienta *Analyze*, las WC de toda la producción del centro para la confección de los mapas superpuestos.

4.3.2.5 Procesamiento y análisis

Para el cálculo de los indicadores bibliométricos seleccionados en general se utilizó Excel, la única excepción fue para los cálculos de citación, que se utilizó la información brindada por WOS. Para los indicadores de centralidad (ARS) se utilizaron diferentes *softwares* de análisis de redes sociales, optando por el que ofreciera la mejor visualización para el grafo en cuestión.

Desde Excel se obtuvieron las matrices de autor que se cargaron a las herramientas de análisis de redes. Se realizaron los grafos de colaboración personal con el *software Gephi* (Bastian et al., 2009). Para la distribución se utilizó el algoritmo *Fruchterman – Reingold* (Fruchterman y Reingold, 1991) y *Force Atlas2* (Jacomy, Venturini, Heymann y Bastian,

2014). Para los grafos de WC se utilizaron los *softwares* PAJEK (Batagelj y Mrvar, 2004) y *VOSviewer* (van Eck y Waltman, 2010).

Los análisis de redes sociales se hicieron a través de las medidas de centralidad. Este concepto fue propuesto por Freeman (1979), siendo los aportes de Newman (2001, 2004b) 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, y 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 sobre 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, 2004a, 2004b, 2010; Ye et al., 2011).

A continuación, se detallan los indicadores utilizados agrupados por dimensión.

- 1) Caracterización de la producción científica
 - a) Cantidad de artículos por año
 - b) Tipología documental
 - c) Idioma de la producción
- 2) Indicadores de productividad
 - a) Número de documentos por investigador
 - b) Evolución de la productividad por grado académico y edad de carrera académica
- 3) Indicadores de impacto
 - a) h-index
 - b) Promedio de citas
 - c) Número de citaciones

- d) Número de citas sin autocitas
- e) Documentos en que se cita
- f) Documentos en que se cita sin citas propias
- g) Porcentaje de documentos en revistas del primer cuartil (Q1)
- 4) Análisis temático
 - a) Dispersión de Bradford
 - b) WC (Análisis temático de las revistas del núcleo)
- 5) Especialización temática
 - a) Índice de actividad
 - b) Porcentaje de contribución
 - c) Índice de especialización relativa
- 6) Estudio de la colaboración
 - a) Análisis de coautoría
 - b) Firmas por documento
 - c) Documentos firmados por un solo autor
 - d) Documentos firmados en coautoría
 - i) Documentos firmados en coautoría (2 autores)
 - ii) Documentos firmados en coautoría (3 autores)
 - iii) Documentos firmados en coautoría (más de 3 autores)
 - e) Autores sin colaboración
 - f) Autores con colaboración
 - i) Autores con colaboración en 1 trabajo
 - ii) Autores con colaboración en 2 trabajos
 - iii) Autores con colaboración en 3 o más trabajos
 - g) Número total de colaboraciones
 - h) Media de documentos por autor
 - i) Media de autores por documentos en colaboración
 - j) Total de firmas
 - k) Índice de coautoría
 - l) Coeficiente de Colaboración
 - m) Evolución del índice de colaboración por año
 - n) Evolución del número de firmas por año
 - o) Liderazgo en la producción
 - p) Colaboración internacional

- i) Tasa de colaboración internacional
 - ii) Documentos con colaboración internacional
 - iii) Documentos con firma de 2 países
 - iv) Documentos con firmas de 3 o más países
 - q) Colaboración nacional
 - i) Tasa de colaboración nacional
 - ii) Documentos con colaboración nacional
 - iii) Indicadores estructurales de las redes de colaboración nacional
 - (1) #Nodos
 - (2) #Aristas
 - (3) #Componentes
 - (4) Diámetro de la red
 - (5) #Nodos del componente gigante
 - (6) #Aristas del componente gigante
 - (7) Centralidad de Grado (*Degree*)
 - (8) Centralidad de Intermediación (*Betweenness*)
 - (9) Centralidad de Cercanía (*Closeness*)
 - r) Colaboración institucional
 - i) Redes de colaboración (tres medidas centrales básicas)
 - ii) Instituciones colaboradoras
 - iii) Valor de la colaboración más intensa
- 7) Diversidad temática
- a) Índice de Rao-Stirling
 - b) Índice de Zhang
 - c) Dominancia de Simpson
 - d) Diversidad de Simpson
 - e) Entropía de Shanon
- 8) Trayectorias
- a) Red de relaciones de tutorías de doctorado
 - (1) Centralidad de Grado de salida (*OutDegree*)
 - (2) Centralidad de Grado de entrada (*InDegree*)
 - (3) Centralidad de Grado de salida normalizado (*NrmOutDegree*)
 - (4) Centralidad de Grado de entrada normalizado (*NrmInDegree*)
 - (5) Centralidad de Intermediación (*Betweenness*)

(6) Centralidad de Intermediación normalizado (nBetweeness)

Algunos indicadores utilizados son de muy fácil cálculo; por ejemplo, el de producción científica (cantidad de artículos por año), Tipología documental o Idioma de la producción y no nos detendremos en su definición. En cambio, detallamos otros que creemos que son más interesantes para el desarrollo de este trabajo.

Edad de carrera académica: de acuerdo con Todeschini y Baccini (2016, p. 1), este indicador (1) fue desarrollado por Hirsch (2005) y se define como el intervalo expresado en años desde el presente (Y_p), menos la fecha de la primera publicación del autor (Y_f) más 1. Antecedentes de este indicador pueden consultarse en Sinatra y colaboradores (2016) y en Wang y colaboradores (2017). En este último puede verse un ejemplo de su aplicación en donde los autores analizan la variación de la colaboración a lo largo de la edad de carrera académica de más de 621.493 académicos y 2.646.941 registros de colaboración en las áreas de Física e Informática (Wang et al., 2017). Otros autores (Milojević, 2012) proponen utilizar en vez del año presente la fecha de la última publicación, pero en nuestro caso se optó por la versión original dado que todos los investigadores estudiados están en actividad.

$$(1) Y_{aa} = Y_p - Y_f + 1$$

Productividad por grado académico: se calculó para cada investigador la productividad en el grado, la maestría y el doctorado. Para el grado se consideraron los documentos publicados hasta obtener el título de maestría; para la maestría se consideraron los documentos publicados hasta obtener el título de doctorado, menos los documentos considerados en el tramo anterior. Para el doctorado se consideró la producción a partir de la obtención del título de doctor.

Dispersión de Bradford: El método matemático de la Ley de Bradford fue descartado, pues no predecía el número de revistas del núcleo, ni se llegaba al número de zonas satisfactoriamente que cumplieran con la constante (k). Esto se debe a que el corpus de publicaciones es muy pequeño (767 documentos). Se aplicó entonces la formulación verbal postulada de la siguiente forma:

“Si las revistas científicas se ordenan en orden decreciente de productividad de artículos sobre una materia dada, ellas podrían dividirse en un núcleo de publicaciones periódicas más especialmente dedicadas al tema y varios grupos o zonas que contienen el mismo

número de artículos que el núcleo, cuando el número de publicaciones periódicas en el núcleo y zonas sucesivas se presentan como 1 : n : n2...” (Bradford, 1948)

El procedimiento seguido fue el siguiente:

- a) Se ordenó los títulos de revistas de manera decreciente por la cantidad de artículos que aportan al corpus (se descartaron los registros que no correspondían a revistas).
- b) Se dividió el total de artículos del corpus entre tres: $767/3= 256$
- c) El núcleo quedó conformado por 21 títulos que aportaron 8 o más registros, la segunda zona quedó conformada por los títulos que reportan de 7 a 3 registros, y la tercera zona por el resto de títulos.

Porcentaje de Contribución: Se calculó para la producción del CINQUIFIMA y la producción de Uruguay en la base WOS, el porcentaje de documentos sobre cada temática (WC).

Índice de especialización relativa (RSI): Este índice tiene su origen en la economía, dónde se utiliza para indicar el estado de especialización de un país en la comercialización de un producto comparado con la incidencia de ese producto en el comercio mundial (Glänzel, 2000). Se estandariza en el rango [-1; 1], en el que el valor "0" representa la especialización promedio mundial en la temática, valores por encima muestran una mayor contribución al promedio mundial y por debajo menor contribución. Para este trabajo se utilizaron las WC como un indicador de las temáticas y se comparó entre la producción del CINQUIFIMA y Uruguay. Para ello se realizó una consulta a la WOS, con el fin de obtener la producción de Uruguay hasta el año 2016, y se descargaron las WC desde la opción *Analyze*. Se calculó el Índice de Actividad (AI), el cociente de los porcentajes de contribución en una temática del CINQUIFIMA sobre el porcentaje de contribución de esa temática de Uruguay. Por último, se utilizó la fórmula siguiente para estandarizar:

$$RSI= AI-1/AI+1$$

Estudio de la colaboración

Para los análisis de la colaboración se utiliza “el índice de coautoría” para la colaboración entre autores, entendida como la firma en conjunto de un documento por, al menos, dos investigadores. Para la colaboración institucional se consideraron los documentos con la

firma en conjunto de, al menos, dos instituciones, siendo una de ellas nacional³; si una de las instituciones es extranjera se contabiliza en la categoría “colaboración internacional”, de lo contrario se contabiliza en “colaboración nacional”. Estas dos categorías son mutuamente excluyentes. De manera que el estudio de colaboración se presenta de la siguiente manera:

- 1) Coautoría
- 2) Colaboración institucional
 - a) Colaboración nacional
 - b) Colaboración internacional

Para asignar un documento al autor o a la institución, dependiendo del nivel del análisis, se utilizó el sistema de recuento total, según el cual se asigna el documento completo a cada uno de los autores o instituciones firmantes.

Los indicadores utilizados fueron los siguientes:

Índice de Colaboración: Fue propuesto en 1980 por Lawani en su tesis doctoral (Todeschini y Baccini, 2016). Se calcula como el número de artículos en colaboración de un periodo dado, sobre la totalidad de artículos de dicho periodo.

Coefficiente de Colaboración: Fue propuesto por Ajiferuke, Burell y Tague (1988) porque señalaban que los índices anteriores otorgaban igual peso a los artículos con un autor que con más autores. Este indicador pondera los artículos según el número de autores. En este sentido, si hay muchos artículos sin colaboración el coeficiente baja, si hay muchos artículos con colaboración el coeficiente sube. La ventaja de este indicador es que sus valores se encuentran entre 0 y 1. Para su cálculo se utilizó la fórmula:

$$CC = 1 - \frac{\sum_{a=1}^q f_a/a}{P} = 1 - \frac{FP}{P}$$

(Todeschini y Baccini, 2016)

Liderazgo de la producción: Este indicador muestra quién lleva el liderazgo en la colaboración (Miguel, González y Chinchilla-Rodríguez, 2015). Como una aproximación de este liderazgo se utiliza la dirección de correspondencia (en WOS campo RP “*Reprint Address*”). Se calculó como la tasa de documentos en colaboración en los que en la

³ Esto es necesario por que algunos autores del CINQUIFIMA reportan filiaciones en instituciones extranjeras en algún momento de su carrera.

dirección de correspondencia hay un autor nacional. Es necesario aclarar que de esta manera se determina el liderazgo en la colaboración de Uruguay, no necesariamente el autor tiene que ser del CINQUIFIMA, pero se calculó la incidencia del grupo en la producción.

Estudio de la interdisciplinariedad

Para identificar la interdisciplinariedad se trabajó el concepto de diversidad, entendida como un atributo de cualquier sistema cuyos elementos pueden distribuirse en categorías (Stirling, 2007).

La diversidad se puede descomponer en tres factores (Stirling, 2007; Yegros-Yegros, Rafols y D'Este, 2015) a saber:

- **Variedad (variety):** es la cantidad categorías en las que se distribuyen los elementos del sistema. Responde a la pregunta “cuántos tipos de cosas tenemos” (Stirling, 2007).
- **Equilibrio (balance):** Es la función del patrón de reparto de los elementos entre las categorías. Responde a la pregunta “cuánto de cada elemento tenemos” (Stirling, 2007).
- **Disparidad (disparity):** Es la manera en que se distinguen los elementos, Responde a la pregunta “qué tan diferentes son entre sí las cosas que tenemos” (Stirling, 2007).

Se emplearon indicadores que exploran cada una de estas dimensiones por separado y en conjunto. Para este trabajo se utilizaron las WC como elementos que identifican las disciplinas de la producción del CINQUIFIMA. Para complementar el análisis se obtuvieron visualizaciones del fenómeno a través de la técnica de mapas superpuestos que se detalla más adelante.

Índice de Rao-Stirling: Esta medida (Stirling, 2007) integra los tres factores mencionados (variedad, equilibrio y disparidad) en un solo indicador. Ello lo hace más robusto, pues cuando se calculan los factores por separado, dependiendo del indicador que se utilice, el resultado puede ser muy sensible a pequeñas variaciones de los elementos (Yegros-Yegros et al., 2015). Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Rao-Stirling diversity} = \sum_{ij}^i p_i p_j d_{ij}$$

En la práctica, para este trabajo el índice se obtuvo del procedimiento de realización de los mapas superpuestos (Carley, Porter, Rafols y Leydesdorff, 2017).

Índice de Zhang: Esta medida (Zhang, Rousseau y Glänzel, 2016) es una reformulación del índice de Rao-Stirling que mejora su sensibilidad para altos valores de diversidad (Yegros-Yegros et al., 2015). También se obtuvo desde el procedimiento de realización de los mapas superpuestos.

Para una mejor descripción de la interdisciplinariedad en la producción del CINQUIFIMA se utilizaron los “números de diversidad de Hill” (Hill, 1973). Estos indicadores están basados en tres medidas de diversidad muy usadas: Entropía de Shannon, índice de Simpson, y el número de especies (su notación es S, en nuestro caso corresponde al número de WC). La ventaja de este conjunto de indicadores es que ofrece una suerte de gradiente basado en el número de especies, por lo que es de más fácil interpretación.

A continuación, describiremos brevemente estos índices, con la siguiente notación:

- S = número de especies (la riqueza de especies), en nuestro caso cantidad de WC.
- N = número de todos los individuos de todas las especies (la frecuencia total de WC).
- $n_i/N = p_i$ = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos N (es decir la abundancia relativa de la especie i), en nuestro caso la frecuencia de cada WC, sobre la frecuencia total de WC.

Entropía de Shannon: Este índice fue formulado por Shannon (1948) para cuantificar el contenido de incertidumbre o el contenido de la información en cadenas de texto en la teoría de la información (Aydinoglu, Allard y Mitchell, 2016). Los ecologistas lo adaptaron para medir la diversidad en un hábitat y desde ese campo se ha adaptado a los estudios bibliométricos (Aydinoglu et al., 2016; Calver, Bryant y Wardell-Johnson, 2018; Chakraborty, Tammana, Ganguly y Mukherjee, 2015).

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\hat{H}' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \times \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right) \right]$$

(Todeschini y Baccini, 2016)

Índice de Simpson: También denominado Dominancia de Simpson (Simpson, 1949), es la sumatoria de la abundancia relativa al cuadrado; es decir, cuánto más cerca del uno más dominante es una especie, cuánto más cerca del cero más diversidad y equilibrio existe entre las especies.

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

(Todeschini y Baccini, 2016)

Diversidad de Simpson: Es uno menos el Índice de Simpson. Cuánto más cerca del uno más diversidad, cuánto más cerca del 0 menos diversidad.

$$Si_D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 1 - D_{Si}$$

(Todeschini y Baccini, 2016)

Números de diversidad de Hill: $N0 > N1 > N2$

$N0 = S$ número de especies

$N1 = e^H$ número de las especies abundantes

$N2 = 1/D_{Si}$ número de las especies muy abundantes

Es importante señalar que los índices que integran los tres factores (Rao-Stirling, y Zhang), al ser extraídos del procedimiento de elaboración de los mapas superpuestos, no deben ser comparados con los otros indicadores.

Mapas superpuestos: Permiten obtener una visualización de la estructura de conocimiento de un dominio. Se utilizó la técnica propuesta por Leydesdorff y Rafols (2009) y se consideró las actualizaciones posteriores (Rafols et al., 2010; Rafols, Leydesdorff, O'Hare, Nightingale y Stirling, 2012), en particular el procedimiento detallado por Carley y colaboradores (Carley et al., 2017). Para la visualización se utilizaron los programas Pajek (Batagelj y Mrvar, 2004) y VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010).

Los mapas con los datos del CINQUIFIMA se construyen sobre un mapa que refleja las relaciones de todas WC de la base WOS. Ello permite visualizar las distancias cognitivas

que existen entre las disciplinas, el tamaño de los nodos representa las frecuencias de las WC del CINQUIFIMA. Se utilizó la versión integrada en 5 factores porque era la que mejoraba la interpretación. La diferencia entre la visualización de Pajek y VOSViewer radica en que este último ofrece una opción de visualización de densidad (mapa de calor) que permite identificar las temáticas de mayor frecuencia.

Trayectoria y capacidad de reproducción

Se entiende por “trayectoria de los investigadores” la,

“secuencia de eventos y roles socialmente definidos que los investigadores viven y desempeñan a lo largo del tiempo en el contexto de grupos de investigación y desarrollo e instituciones académicas y de ciencia, tecnología e innovación, desde su formación universitaria” (RICYT, 2009)⁴.

En esta fuente también se establece

“Que las trayectorias de los investigadores se medirán “para evaluar las capacidades de los individuos para producir y difundir conocimiento a lo largo del tiempo en el contexto de diversos colectivos (grupos, redes, disciplinas, instituciones u otros)” (RICYT, 2009).

En el marco de este trabajo definimos operativamente “capacidad de reproducción” como la capacidad con la que cuenta el CINQUIFIMA para formar sus RRHH. Asimismo, se definen tres dimensiones para la capacidad de reproducción (adaptado de (Barata, Aragão, Sousa, Santana y Barreto, 2014)):

Capacidad de captación de financiación: cantidad de investigadores con doctorado; cantidad de investigadores con responsabilidad en proyectos financiados (fuente CVuy).

Capacidad de formación: cantidad de cursos de posgrado dictados por investigador; cantidad de tesis dirigidas por investigador; integración de tribunales de tesis de posgrado por investigador (fuente CVuy).

Capacidad de producción: cantidad de artículos publicados por investigador; índices de colaboración (Fuente WOS).

Para trayectorias académicas se extrajeron del CVuy las relaciones de tutorías de doctorado de todos los integrantes del CINQUIFIMA. Se procesaron los datos obtenidos

⁴ Vale aclarar que esta definición de la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología es provisoria, pero en el marco de este trabajo funciona como una buena definición operativa.

con UCINET (Borgatti et al., 2002) y se realizó una genealogía en Excel considerando solo las relaciones de los integrantes del CINQUIFIMA a un grado de distancia; es decir, que partiendo de cada investigador se consideró un grado hacia arriba (quién dirigió su doctorado) y un grado hacia abajo (a quién dirigió su doctorado), con la restricción de que para este caso se consideraron solamente las tesis codirigidas con otro integrante de la red (su propio tutor u otro integrante del CINQUIFIMA).

5. Resultados, análisis y discusión

Este capítulo se divide en seis secciones, en consonancia con los objetivos específicos planteados. En la primera sección se caracteriza la producción científica del CINQUIFIMA, tomando como fuente principal la base WOS, aunque para enriquecer el análisis se compara con atributos de los investigadores obtenidos de los CVuy. En la segunda sección, tomando como fuente la base WOS, se presenta la distribución temática, en la tercera los patrones de colaboración, y en la cuarta sección la interdisciplinariedad de la producción del CINQUIFIMA. Finalmente, tomando como fuente los CVuy, en la quinta sección se presentan las trayectorias académicas de los investigadores del CINQUIFIMA, y en la sexta su capacidad de reproducción.

5.1 Caracterización de la producción científica de CINQUIFIMA

Los investigadores que integran el CINQUIFIMA han publicado 830 artículos en un periodo de 35 años, desde 1982 al 2016 (Figura 1). Para una mejor visualización y análisis de los datos se dividió el período en dos tramos, el primero 1982–2001, con 222 documentos publicados, y el segundo 2002-2016 con 608 documentos publicados. Estos dos periodos coinciden con los propuestos por Luan y Porter (2016) en lo que ellos llaman “fase de desarrollo preliminar” y “fase de desarrollo rápido” en el campo de la nanotecnología y nanociencia.



Figura 1. Evolución temporal de la producción de los integrantes de CINQUIFIMA.

En cuanto a la tipología documental, el vehículo favorito para publicar su producción es el artículo de revista (92%), las ponencias en congresos en muchísima menor medida (7%), y los libros de manera casi testimonial (1%) (Cuadro 3). Por otra parte, el 99% de los documentos son en inglés (n=824), el resto en español (n=5) y uno en francés.

Cuadro 3. Distribución de la tipología documental.

Tipo	Frecuencia	Porc/830
Revistas	767	0,92
Congresos	54	0,07
Libros	9	0,01
Total	830	

5.1.1 Productividad de los investigadores del CINQUIFIMA

De los 18 investigadores, 12 de ellos, desde Dalchiale hasta Torres han publicado de 117 a 48 documentos, siendo los más productivos cuando se ordena todos los autores del corpus (Cuadro 4). Un segundo grupo podría identificarse desde Cabral a Moreno-Gobbi (de 37 a 21 documentos), y un tercer grupo integrado por Kreiner y autores con menor producción (con 9 documentos o menos).

Cuadro 4. Ranking de productividad de los investigadores del CINQUIFIMA.

Ranking	Autor	Número total de documentos	Porcentaje sobre 830
1	DALCHIELE, EA	117	0,14
2	MOMBRU, AW	112	0,13
3	KREMER, C	107	0,13
4	DENIS, PA	104	0,13
5	NEGREIRA, CA	90	0,11
6	ARIOSIA, D	82	0,10
7	SUESCUN, L	80	0,10
8	SEOANE, G	78	0,09
9	FACCIO, R	67	0,08
10	MAROTTI, RE	63	0,08
11-12	PARDO, H	48	0,06
11-12	TORRES, J	48	0,06
16-17	CABRAL, P	37	0,04
16-17	MENDEZ, E	37	0,04
22	BENECH, JC	29	0,03
29-31	CHIOZZONE, R	25	0,03
40-42	MORENO-GOBBI, A	21	0,03
87-95	KREINER, M	9	0,01

Nota: Dos números en el ranking indica que varios autores comparten posición.

5.1.2 Evolución de la productividad por grado académico

Para describir el rendimiento de la productividad académica de cada investigador se comparó el número de documentos de cada integrante del grupo con la edad de su carrera académica y su trayectoria en el grado académico (grado, maestría y doctorado). Se agrupó a los investigadores por edad de su carrera académica en tres grupos: grupo 1, hasta 20 años; grupo 2, de 21 a 25 años; y grupo 3 mayores de 25 años. Se ha reportado en la literatura que a partir de los 20 años de edad en la carrera académica puede considerarse una carrera “longeva” (Sinatra et al., 2016), para este trabajo, además se realizó una segunda subdivisión a los 25 años de la carrera académica. De esta manera puede observarse que existen algunas diferencias relevantes entre los grupos así conformados.

Cómo es natural, en los tres grupos la productividad en el grado es 0 (50% de los investigadores) o menor a 1, con la excepción de Suescun, en el Grupo 2, que tiene un índice de 2.67. Para el caso de la productividad durante la maestría, el Grupo 2 es el que tiene mejor rendimiento (Figura 4), incluso, para algunos casos, el rendimiento en este grupo baja durante el doctorado. En cambio, para el Grupo 1 (Figura 2), si bien la productividad durante la maestría no es tan alta como en el Grupo 2, durante el doctorado el rendimiento es mejor.

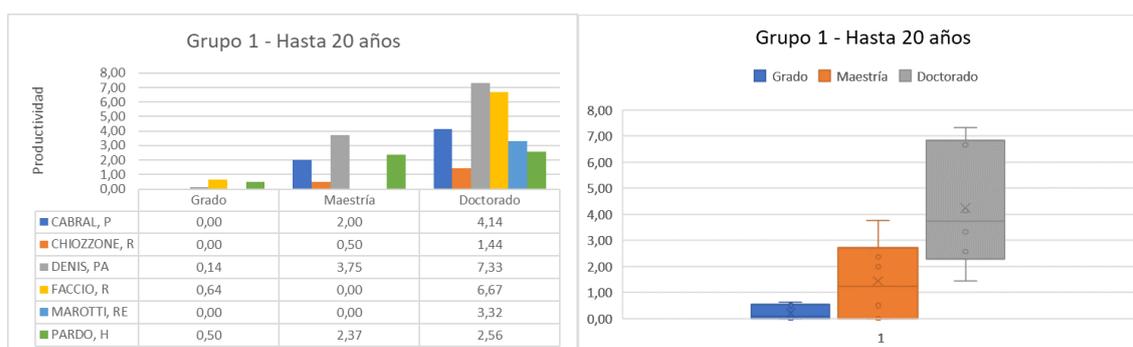


Figura 2. Grupo 1. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).

Los datos recabados para esta tesis no permiten explicar este comportamiento con seguridad, sobre todo por el número pequeño de investigadores, pero podrían esbozarse algunas hipótesis que intenten explicar este fenómeno. Este comportamiento podría deberse al cambio en los modelos de comunicación producidos por las políticas científicas (por ejemplo, el cambio en Uruguay del sistema de ciencia y tecnología en el 2008) o a distintos comportamientos generacionales (Wang et al., 2017). Otro aspecto a tener en

cuenta es que, como veremos luego, el grupo es muy cohesivo, por lo que los investigadores publican más de forma conjunta, y ello podría estar influyendo en el mejor desempeño de los investigadores más jóvenes.

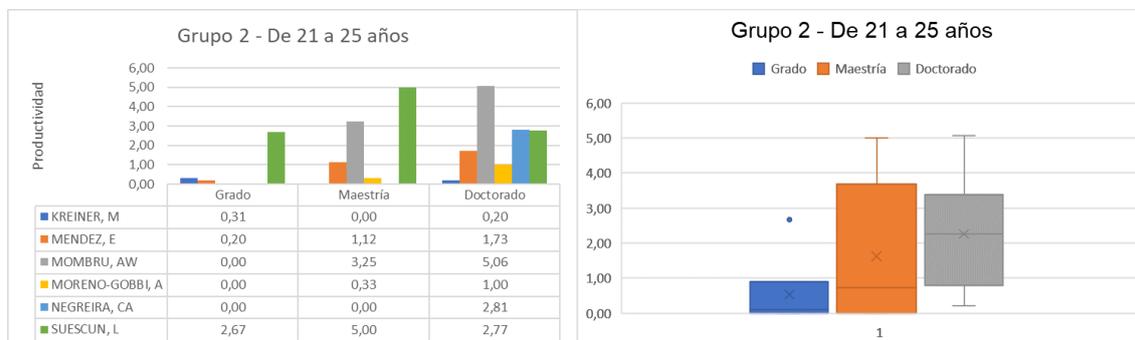


Figura 4. Grupo 2. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).

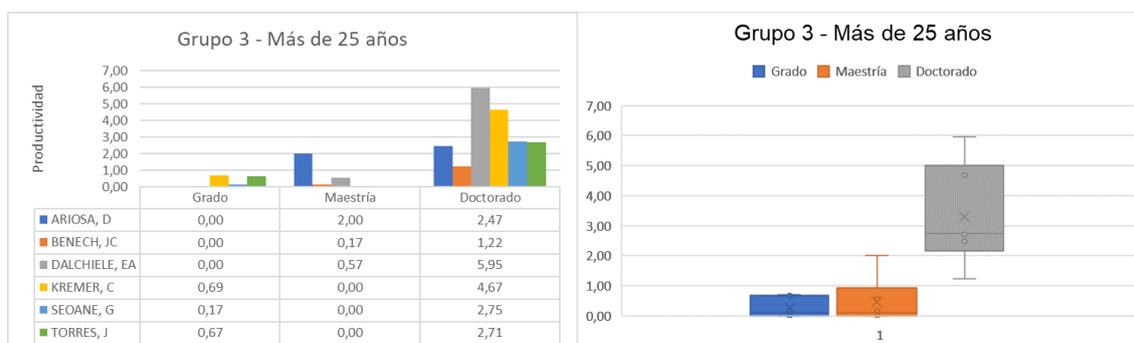


Figura 3. Grupo 3. Evolución de la productividad por grado académico (izquierda); promedios agrupados (derecha).

5.1.3 Impacto de la producción del CINQUIFIMA

En este apartado describiremos el impacto de la producción del CINQUIFIMA utilizando como aproximación los indicadores de citación que brinda WOS en su herramienta Informe de Citas. Primero presentaremos el comportamiento del grupo a través de indicadores que toman en cuenta toda la producción y analizaremos las publicaciones en los títulos de revistas del primer cuartil (Q1). Luego, continuando con el abordaje propuesto, veremos el desempeño agrupando los investigadores por edad de carrera académica.

Los 830 documentos del corpus cuentan con 11.077 citas, con un promedio de 13,35 citas por documento y un Índice h de 47 (Cuadro 5). Los documentos publicados en el Núcleo de Bradford (ver sección 5.2.1) y en el primer cuartil (Q1) tienen un mejor impacto que el resto de las publicaciones del corpus. En el primer caso la incidencia es significativa,

ya que con un 33% de los documentos se obtiene casi la mitad de las citas (48%) y tiene un promedio de citación 48% mayor que el promedio general; en el segundo caso el promedio de citas por documentos es un 86% mayor al promedio general (Cuadro 5).

En el corpus documental hay 105 documentos que fueron publicados en 22 revistas del primer cuartil (Q1) (Cuadro 5 y 7). Entre estas revistas, 5 pertenecen además al Núcleo de Bradford (ver sección 5.2.1). Si consideramos los 20 artículos más citados del corpus (con un rango de citación que va desde 76 a 160 citas), 17 fueron publicados en revistas del primer cuartil. Además, en 9 de los 22 títulos, los artículos allí publicados tienen un desempeño mejor en el indicador Promedio de Citas por artículo (Cuadro 7). Se destaca, además, que cuando se observa la evolución de las citas en el primer cuartil, éstas comienzan a aparecer a partir de la década del 2000 (Cuadro 6).

Cuadro 5. Incidencia de los documentos en el Núcleo de Bradford y en el primer cuartil (Q1) en los indicadores de impacto.

Indicadores	Total	Núcleo de Bradford (%)	Revistas Cuartil 1 (%)
Documentos	830	271 (0,33)	105 (0,13)
Total de veces citado	11077	5367 (0,48)	2605 (0,24)
Promedio de citas por elemento	13,35	19,80 (1,48)	24,81 (1,86)
h-index	47	39	29

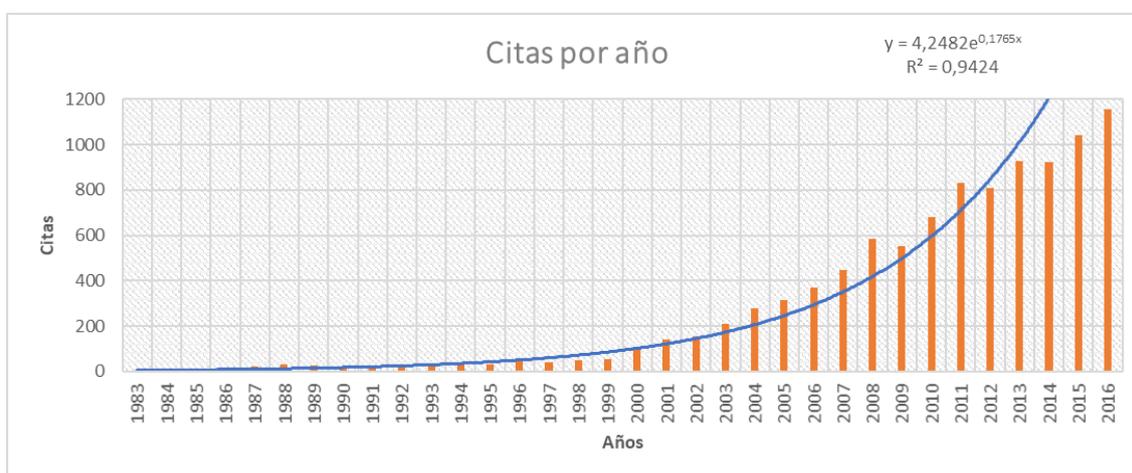


Figura 5. Evolución de las citaciones por año del CINQUIFIMA (1982-2016).

La evolución de las citaciones del CINQUIFIMA tiene un comportamiento exponencial (Figura 5). Esto podría deberse a que los artículos más antiguos, por tener una mayor ventana de citación, son más citados, o a que la mayor cantidad de artículos en el último periodo aumente la cantidad de citas. En otras palabras, el incremento en la citación se

debe al “capital acumulado” (pocos artículos con una citación acumulada a lo largo del tiempo), y/o a una “mayor oferta” en el último período (muchos artículos con pocas citas).

Para intentar contestar estas preguntas agrupamos los documentos en cuatro décadas y contabilizamos el total de citas por década, el documento más citado, el número de documentos sin cita y el promedio de citas por documento (Cuadro 6). Esta aproximación tiene sus inconvenientes: evidentemente los documentos de décadas anteriores tienen más posibilidades de ser citados, pues las citas se contabilizan desde el 2016; por la misma razón es de esperar que los documentos sin citaciones serán más numerosos para las últimas décadas, y ello influye negativamente en el indicador; finalmente, la última década no está completa dado que el periodo estudiado es hasta 2016.

Cuadro 6. Distribución por décadas de los indicadores de impacto del CINQUIFIMA.

Década	# Doc	Total Citas	Más citado	Sin cita	Promedio *	# Doc. Q1 (%)
1980 - 1989	15	243	61	3	16,20	0 (0,00)
1990 - 1999	123	1518	122	19	12,34	1 (0,01)
2000 - 2009	345	6524	160	30	18,91	48 (0,14)
2010 - 2016	347	2792	160	62	8,05	56 (0,16)

Aun teniendo en cuenta estos inconvenientes el Cuadro 6 permite arribar a algunas conclusiones de interés: (1) en la última década, aun incompleta, ya se superó la producción de la década anterior; (2) los artículos más citados están en las últimas décadas, si se consideran los 10 artículos más citados del grupo, solo dos están en la década del 90; (3) el promedio de citas por artículo en las dos últimas décadas viene en aumento, esto es claro para la década del 2010 (aun teniendo una ventana de citación menor, ya superó el promedio de los dos periodos anteriores), para el último periodo es más arriesgada la afirmación, pero los datos muestran que con el mismo número de documentos, con el doble de documentos sin citas y con una ventana de citación menor, el indicador está muy cerca del 50% del valor para el periodo anterior; (4) si observamos el comportamiento de las publicaciones en el primer cuartil, pareciera haber una evolución positiva también en ese indicador.

Cuadro 7. Cantidad de artículos y citas de los títulos del primer cuartil (Q1).

Título	Artículos	Citas	Promedio
ACTA MATERIALIA	1	6	6,00
APPLIED PHYSICS LETTERS	4	39	9,75
APPLIED SURFACE SCIENCE	2	15	7,50
CARBON	3	82	27,33
CATALYSIS TODAY	1	16	16,00
COORDINATION CHEMISTRY REVIEWS	1	76	76,00
DALTON TRANSACTIONS	13	158	12,15
INORGANIC CHEMISTRY	9	330	36,67
JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS	5	37	7,40
JOURNAL OF CHEMICAL THEORY AND COMPUTATION	1	26	26,00
JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE	3	38	12,67
JOURNAL OF INORGANIC BIOCHEMISTRY	6	156	26,00
JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY C	1	6	6,00
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	20	553	27,65
JOURNAL OF POWER SOURCES	5	60	12,00
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY	12	175	14,58
LANGMUIR	1	9	9,00
NANOTECHNOLOGY	2	161	80,50
SCRIPTA MATERIALIA	2	4	2,00
SOLAR ENERGY	1	6	6,00
SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS	10	647	64,70
SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY	2	5	2,50
Destacados los títulos del núcleo de Bradford.	105	2605	24,81

Si observamos la citación por grupo de edad de la carrera académica, tenemos que en el Grupo 1 (Cuadro 8 y Figura 6) se destaca el desempeño del investigador Denis; todos los indicadores seleccionados son altos comparados con los integrantes de su grupo, e incluso si se comparan con los de otros grupos de mayor edad de carrera académica. Denis también tiene la particularidad de que suele publicar en solitario (ver sección 5.3.1).

En este grupo se podrían subdividir a los investigadores en tres subgrupos si consideramos el promedio de citas por documento: así podemos identificar a Chiozzzone, Denis y Marotti con un promedio de citas por documento en el entorno de 20, un segundo subgrupo, Pardo y Faccio en el entorno de 13, y Cabral con un promedio bastante más bajo, probablemente debido a que es el más “joven” del grupo.

Cuadro 8. Grupo 1. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de hasta 20 años de edad de carrera académica (1982-2016).

Autor	Hasta 20 años			Promedio de Número de			Documentos		
	Edad Académica	Total Docs.	h-índice	citas	Número de citas	Número sin autocitas	en que se cita	Sin citas propias	
CHIOZZONE, R	19	25	13	19,76	494	407	226	206	
PARDO, H	18	48	12	12,96	622	560	506	482	
DENIS, PA	17	104	28	20,79	2162	1582	1298	1208	
MAROTTI, RE	17	63	18	23,92	1507	1315	1244	1194	
FACCIO, R	16	67	14	12,49	837	762	690	657	
CABRAL, P	9	37	7	2,73	101	94	92	86	

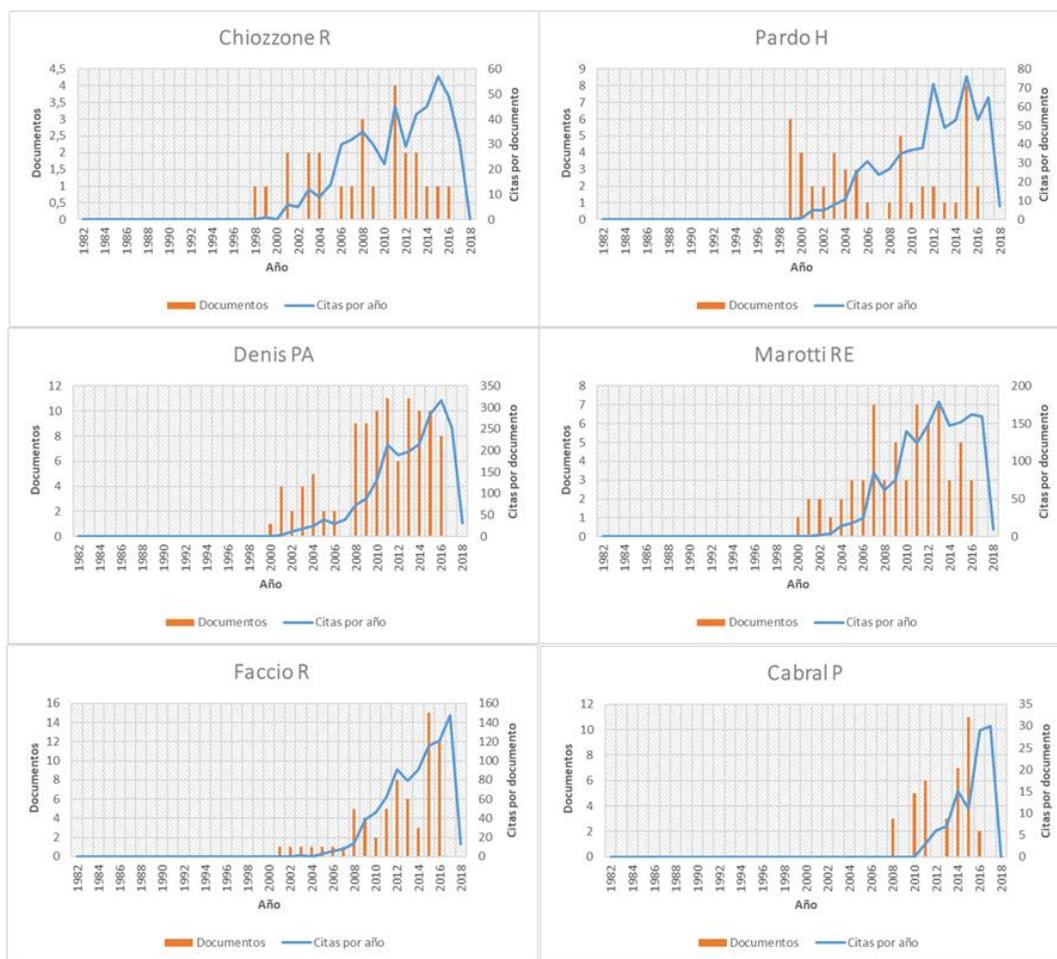


Figura 6. Evolución de la producción y citas por año de los investigadores de CINQUIFIMA de hasta 20 años de edad de carrera académica (1982-2016).

En el Grupo 2 (Cuadro 9 y Figura 7) destaca Mombrú, con todos los indicadores altos, excepto para el promedio de citas por documento. Este investigador es el coordinador del CINQUIFIMA, uno de sus tutores de doctorado fue Negreira, que integra este grupo, y Suescun que es uno de sus discípulos. El mayor promedio de citas por documento es de Kreiner, que a su vez tiene el número más bajo de artículos. Los indicadores de este investigador se diferencian en general del resto de los integrantes del CINQUIFIMA, y esto podría deberse a la distancia disciplinar de su área de estudio, Odontología. Cuando

veamos colaboración constataremos que este investigador es el único que nunca colaboró con el resto de integrantes del CINQUIFIMA.

Cuadro 9. Grupo 2. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de 21 a 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).

Autor	21 a 25 años			Promedio de citas	Número de citas	Número sin autocitas	Documentos	
	Edad Académica	Total Docs.	h-índice				en que se cita	Sin citas propias
MÉNDEZ, E	25	37	12	12,27	454	401	394	370
MOMBRU, AW	24	112	20	12,85	1439	1319	1209	1158
NEGREIRA, CA	23	90	12	4,49	404	340	317	280
KREINER, M	21	9	5	17,22	155	150	136	133
MORENO-GOBBI, A	21	21	5	3,57	75	64	64	56
SUESCUN, L	21	80	16	9,11	729	684	627	595

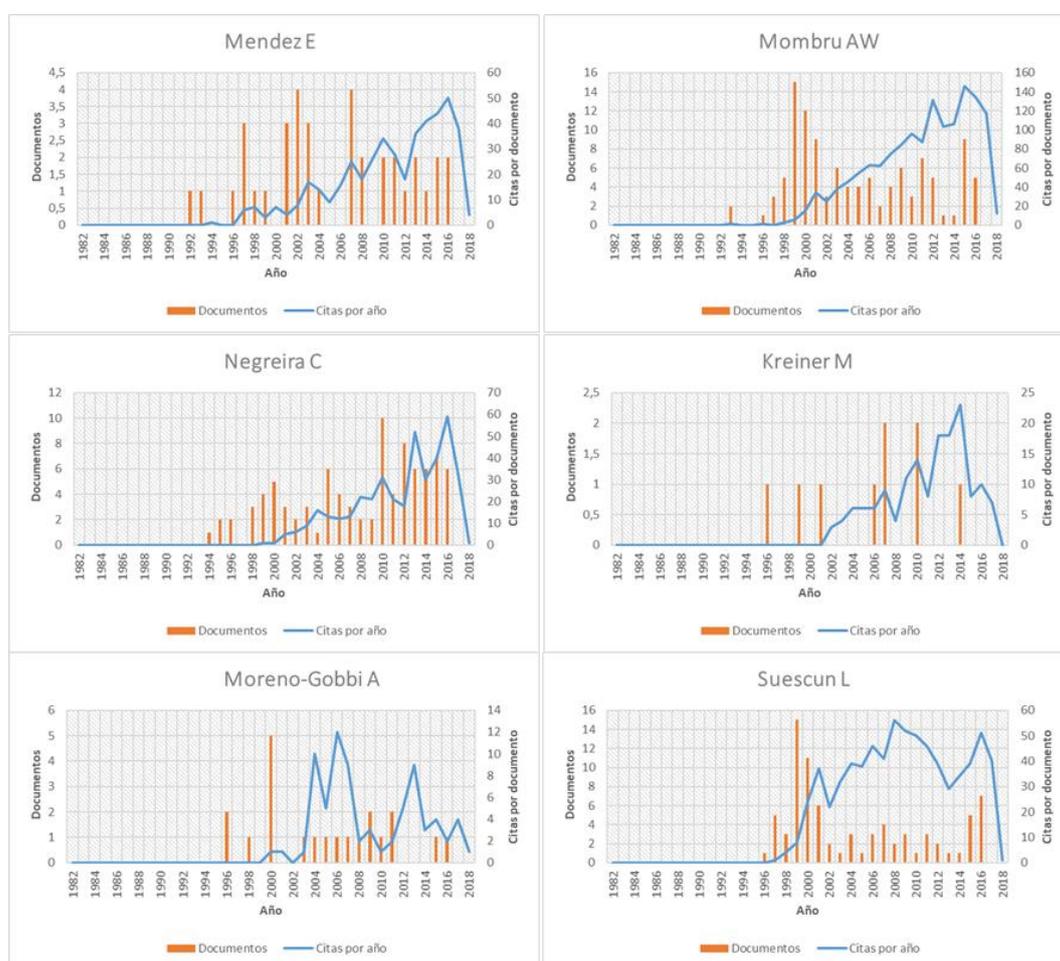


Figura 7. Evolución de la producción y citas por año de los investigadores de CINQUIFIMA de 21 a 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).

En el Grupo 3 (Cuadro 10 y Figura 8) destaca el investigador Dalchiele, con los indicadores más altos del CINQUIFIMA, aunque para el caso del Promedio de Citas por documento (24,04) es seguido de cerca por Marotti (23,92), Denis (20,79) y Chiozzone (19,76), todos ellos del Grupo 1. Ello es coherente con el aumento de la productividad

que señaláramos en el apartado 5.1.2, y corrobora los resultados obtenidos en esta tesis de que el Grupo 1 tiene mejor desempeño que las generaciones anteriores (Grupo2 y 3).

Cuadro 10. Impacto de la producción de los investigadores de CINQUIFIMA de más de 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).

Autor	Más de 25 años			Documentos				
	Edad Académica	Total Docs.	h-índice	Promedio de citas	Número de citas	Número sin autocitas	en que se cita	Sin citas propias
ARIOSA, D	34	82	14	9,8	804	703	646	601
SEOANE, G	30	78	17	15,14	1181	1059	802	750
KREMER, C	28	107	22	14,5	1551	1200	962	874
BENECH, JC	26	29	9	11,66	338	313	284	272
DALCHIELE, EA	26	117	29	24,04	2813	2543	2271	2187
TORRES, J	26	48	14	12,88	618	495	470	434



Figura 8. Evolución de la producción y citas por año de los investigadores de CINQUIFIMA de más de 25 años de edad de carrera académica (1982-2016).

Los indicadores más bajos del Grupo 3 corresponden a Benech; este investigador es el único que no pertenece a la UdelaR, sino al Instituto de Investigaciones Biológicas “Clemente Estable”. Su área de investigación es la Biología, por lo que también se aleja de las áreas más “fuertes” (Física, Química) en el CINQUIFIMA.

5.2 Distribución temática de la producción científica de CINQUIFIMA

En esta sección analizaremos la distribución temática de la producción de CINQUIFIMA a nivel de revistas. Para ello aplicaremos la Ley de Bradford, o análisis de la dispersión de las publicaciones, caracterizaremos los títulos de revista del núcleo, y mediante diversos indicadores bibliométricos describiremos la especialización temática del grupo y su aporte a la producción nacional.

5.2.1 Análisis de la dispersión de la producción (Ley de Bradford)

El núcleo de la producción de los integrantes del CINQUIFIMA (35%) se concentra en 21 títulos de revistas (8%), si consideramos la segunda zona tenemos que el 70% de los artículos se concentran en el 33% de títulos (Cuadro 11). Los 21 títulos de revistas se detallan en el Cuadro 12.

Para la caracterización de las revistas del núcleo se utilizó la asignación de WOS y se consideró el cuartil de pertenencia en la fecha de la consulta (2017) y no la fecha en la que se publicó el artículo. La WOS asigna a veces más de una WC al mismo título de revista, para ser más precisos el 40% de los títulos tienen asignada más de una WC (Wang y Waltman, 2016). En estos casos para la construcción de indicadores en los que se quiere observar el impacto de la revista, se suele seleccionar la categoría con el cuartil más alto, en cambio, para este trabajo se tomaron en cuenta todas las WC asignadas al título, dado que está doble asignación indicaría el carácter multidisciplinar de la revista. Si consideramos este criterio como una aproximación válida, es relevante señalar que 11 de los 21 títulos tienen asignadas más de una WC, lo que daría cuenta de la característica interdisciplinaria de la producción del grupo (Cuadro 13).

Cuadro 11. Dispersión de las publicaciones.

Zona	Artículos			Títulos		
	Cantidad	Porcentaje	Acumulado	Cantidad	Porcentaje	Acumulado
1ra.	271	35%	35%	21	8%	8%
2da.	269	35%	70%	65	25%	33%
3ra.	227	30%	100%	177	67%	100%
	767			263		

Cuadro 12. Detalle de las revistas de la primera zona de Bradford.

Título	Títulos	Artículos	Total
ACTA CRYSTALLOGRAPHICA SECTION C-CRYSTAL STRUCTURE COMMUNICATIONS	1	30	30
PHYSICAL REVIEW B	1	23	23
CHEMICAL PHYSICS LETTERS	1	21	21
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C	1	20	20
INORGANICA CHIMICA ACTA	1	18	18
THIN SOLID FILMS	1	16	16
JOURNAL OF MOLECULAR STRUCTURE	1	14	14
DALTON TRANSACTIONS	1	13	13
JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY	1	12	12
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY A; SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS	2	10	20
COMPUTATIONAL AND THEORETICAL CHEMISTRY; INORGANIC CHEMISTRY; INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTROCHEMICAL SCIENCE; JOURNAL OF RADIOANALYTICAL AND NUCLEAR CHEMISTRY-LETTERS	4	9	36
JOURNAL OF ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY; JOURNAL OF MOLECULAR STRUCTURE-THEOCHEM; JOURNAL OF PHYSICS-CONDENSED MATTER; JOURNAL OF SOLID STATE CHEMISTRY; JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA; PHYSICA C	6	8	48
Total de títulos =	21	Total de artículos =	271

Cuadro 13. Caracterización de los títulos de la primera zona de Bradford.

Título	Subject Category	Q1	Q2	Q3	Q4	Art.	
ACTA CRYSTALLOGR C	CRYSTALLOGRAPHY				1	30	
CHEM PHYS LETT	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		21	
	PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL			1			
COMPUT THEOR CHEM	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		9	
DALTON T	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR	1				13	
INORG CHEM	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR	1				9	
INORG CHIM ACTA	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR		1			18	
INT J ELECTROCHEM SC	CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR		1			9	
	CHEMISTRY, ORGANIC			1			
	CHEMISTRY, PHYSICAL			1			
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			12	
	MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS	1					
J MOL STRUCT	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		14	
J MOL STRUC-THEOCHEM	CHEMISTRY, PHYSICAL			1		8	
J PHYS CHEM A	CHEMISTRY, PHYSICAL		1			10	
	PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL		1				
J PHYS CHEM C	CHEMISTRY, PHYSICAL	1				20	
	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	1					
	NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY		1				
J PHYS-CONDENS MAT	PHYSICS, CONDENSED MATTER		1			8	
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			
PHYS REV B	PHYSICS, CONDENSED MATTER		1			23	
PHYSICA C	PHYSICS, APPLIED			1		8	
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			
21 títulos	16 Subject Category	Totales	8	16	12	2	271

5.2.2 Especialización temática del CINQUIFIMA

En el apartado anterior vimos una aproximación a la temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA, observando las WC de las revistas en donde publican el grueso de su producción (Núcleo de Bradford). También concluimos que esta producción es la más citada del grupo.

En este apartado trataremos la especialización temática de los investigadores del CINQUIFIMA y su contribución a la producción nacional. Para ello consideramos dos periodos 1982-2001 y 2002-2016, con la intención de identificar si hubo cambios en las temáticas abordadas por el grupo. Finalmente, analizaremos el periodo completo 1982-2016.

Se seleccionaron dos indicadores de especialidad temática: Porcentaje de Contribución e Índice de especialización relativa (RSI). Se consideró un umbral mayor o igual al 33% para el indicador de Porcentaje de Contribución, es decir, se tuvo en cuenta las temáticas en las cuáles CINQUIFIMA aporta más de un tercio a la producción nacional.

Es importante señalar que el indicador Porcentaje de Contribución, en algunos casos, toma valores por encima del 100% debido a que varios investigadores que integran el CINQUIFIMA estuvieron afiliados a instituciones extranjeras, como es el caso de ARIOSA, por ejemplo.

A lo largo de todo el periodo el CINQUIFIMA se ha especializado en 20 WC (Cuadros 14, 15 y 16), pero solo 9 de estas están presentes en todos los periodos:

ACOUSTICS
AUDIOLOGY SPEECH LANGUAGE PATHOLOGY
CHEMISTRY INORGANIC NUCLEAR
ELECTROCHEMISTRY
MATERIALS SCIENCE COATINGS FILMS
MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY
NANOSCIENCE NANOTECHNOLOGY
PHYSICS APPLIED
PHYSICS CONDENSED MATTER

Además, estas 9 WC están presentes en el Núcleo de Bradford (Cuadro 13).

Por otra parte, se identifican 6 WC que están presentes solo en uno de los periodos establecidos: CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY, ENGINEERING MARINE, ENGINEERING OCEAN, HEALTH CARE SCIENCES SERVICES, NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY, en el periodo 1982-2001 (Cuadro 14), y PHYSICS ATOMIC MOLECULAR CHEMICAL en el periodo 2002-2016 (Cuadro 15). De estas 6 temáticas se destacan CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY (Cuadro 14) y PHYSICS ATOMIC MOLECULAR CHEMICAL (Cuadro 15), pues tenían un número importante de artículos, 45 y 52 respectivamente.

Cuadro 14. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (1982-2001).

Categorías de Web of Science 1982 -2001	CINQUIFIMA		Uruguay		% de contribución	Índice de especialización relativa
	registros	% of 222	registros	% of 3609		
CHEMISTRY MULTIDISCIPLINARY	45	20,27	133	3,69	33,83	0,69
PHYSICS CONDENSED MATTER	38	17,12	16	0,44	237,50	0,95
CRYSTALLOGRAPHY	34	15,32	61	1,69	55,74	0,80
PHYSICS APPLIED	28	12,61	30	0,83	93,33	0,88
CHEMISTRY INORGANIC NUCLEAR	28	12,61	54	1,50	51,85	0,79
MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY	20	9,01	22	0,61	90,91	0,87
NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY	12	5,41	24	0,67	50,00	0,78
ACOUSTICS	10	4,51	14	0,39	71,43	0,84
MATERIALS SCIENCE COATINGS FILMS	8	3,60	4	0,11	200,00	0,94
ELECTROCHEMISTRY	6	2,70	14	0,39	42,86	0,75
METALLURGY METALLURGICAL ENGINEERING	5	2,25	8	0,22	62,50	0,82
AUDIOLOGY SPEECH LANGUAGE PATHOLOGY	3	1,35	8	0,22	37,50	0,72
HEALTH CARE SCIENCES SERVICES	2	0,90	6	0,17	33,33	0,69
NANOSCIENCE NANOTECHNOLOGY	1	0,45	1	0,03	100,00	0,88
ENGINEERING MARINE	1	0,45	3	0,08	33,33	0,69
ENGINEERING OCEAN	1	0,45	1	0,03	100,00	0,88

Cuadro 15. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (2002-2016).

Categorías de Web of Science 2002-2016	CINQUIFIMA		Uruguay		% de contribución	Índice de especialización relativa
	registros	% of 222	registros	% of 3609		
CHEMISTRY PHYSICAL	155	25,49	281	2,16	55,16	0,84
MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY	115	18,91	161	1,24	71,43	0,88
PHYSICS APPLIED	80	13,16	163	1,25	49,08	0,83
PHYSICS CONDENSED MATTER	72	11,84	74	0,57	97,30	0,91
CHEMISTRY INORGANIC NUCLEAR	67	11,02	166	1,28	40,36	0,79
PHYSICS ATOMIC MOLECULAR CHEMICAL	52	8,55	126	0,97	41,27	0,80
ELECTROCHEMISTRY	51	8,39	92	0,71	55,43	0,84
NANOSCIENCE NANOTECHNOLOGY	38	6,25	67	0,52	56,72	0,85
MATERIALS SCIENCE COATINGS FILMS	29	4,77	34	0,26	85,29	0,90
ACOUSTICS	24	3,95	39	0,30	61,54	0,86
AUDIOLOGY SPEECH LANGUAGE PATHOLOGY	5	0,82	11	0,09	45,45	0,81
MATERIALS SCIENCE CERAMICS	3	0,49	6	0,05	50,00	0,83
MATERIALS SCIENCE CHARACTERIZATION TESTING	1	0,16	2	0,02	50,00	0,83

La especialización temática del CINQUIFIMA puede establecerse en el Cuadro 16, si se consideran las primeras 5 temáticas, tenemos que estas explican el 74% de la producción del centro y contribuyen con un mínimo de 43% a la producción nacional. Por otra parte, a excepción de dos temáticas listadas (AUDIOLOGY SPEECH LANGUAGE PATHOLOGY y MATERIALS SCIENCE CHARACTERIZATION TESTING), todas han sido reportadas como temáticas de la nanotecnología en estudios previos (Luan y Porter, 2016; Porter y Youtie, 2009).

Cuadro 16. Especialización temática del CINQUIFIMA y contribución a la producción de Uruguay (1982-2016).

Categorías de Web of Science 1982-2016	CINQUIFIMA		Uruguay		% de contribución	Índice de especialización relativa
	registros	% of 222	registros	% of 3609		
CHEMISTRY PHYSICAL	167	20,12	367	2,21	45,50	0,80
MATERIALS SCIENCE MULTIDISCIPLINARY	135	16,27	183	1,10	73,77	0,87
PHYSICS CONDENSED MATTER	110	13,25	90	0,54	122,22	0,92
PHYSICS APPLIED	108	13,01	193	1,16	55,96	0,84
CHEMISTRY INORGANIC NUCLEAR	95	11,45	220	1,32	43,18	0,79
ELECTROCHEMISTRY	57	6,87	106	0,64	53,77	0,83
CRYSTALLOGRAPHY	49	5,90	110	0,66	44,55	0,80
NANOSCIENCE NANOTECHNOLOGY	39	4,70	68	0,41	57,35	0,84
MATERIALS SCIENCE COATINGS FILMS	37	4,46	38	0,23	97,37	0,90
ACOUSTICS	34	4,10	53	0,32	64,15	0,86
METALLURGY METALLURGICAL ENGINEERING	13	1,57	35	0,21	37,14	0,76
AUDIOLOGY SPEECH LANGUAGE PATHOLOGY	8	0,96	19	0,11	42,11	0,79
MATERIALS SCIENCE CERAMICS	3	0,36	7	0,04	42,86	0,79
MATERIALS SCIENCE CHARACTERIZATION TESTING	2	0,24	2	0,01	100,00	0,91

5.3 Estudios de la colaboración de CINQUIFIMA

En esta sección analizaremos el comportamiento de colaboración de los investigadores que integran el CINQUIFIMA a nivel micro, meso y macro, aunque no lo presentaremos en ese orden. A nivel micro, en la primera sección, la unidad de análisis serán los investigadores y pondremos la atención en los 18 autores que integran el centro. En la segunda sección presentaremos el liderazgo en las publicaciones.

En la tercera sección nos centraremos a nivel macro, por lo que la unidad de análisis serán los países, y concluiremos con la cuarta sección estudiando la colaboración a nivel nacional.

5.3.1 Estudio de la coautoría

El CINQUIFIMA es un centro que suele publicar sus trabajos en colaboración (solo el 6% de trabajos están firmados por un solo autor), por otra parte, todos los autores de la red de coautoría tienen al menos un trabajo en colaboración (Cuadro 17).

El indicador “Autores con un único trabajo en colaboración” señala los autores que tuvieron una relación esporádica con el grupo (un solo trabajo), siguiendo con este razonamiento, puede decirse que el núcleo “duro” de colaboradores del CINQUIFIMA está constituido por 347 autores (30%) que tienen al menos 3 trabajos en colaboración con los investigadores del centro (Cuadro 17).

Cuadro 17. Datos básicos de la red de coautoría de CINQUIFIMA (1982-2016).

Datos básicos de la red de colaboración		
Número total de documentos (a)	830	
Documentos firmados por un solo autor (b)	49	6%
Documentos firmados en co-autoría (a-b)	781	94%
Documentos firmados por dos autores	76	10%
Documentos firmados por tres autores	79	10%
Documentos firmados por más de tres autores	626	80%
Número total de autores (c)	1139	
Autores sin ninguna colaboración	0	0%
Autores con alguna colaboración (d)	1139	100%
Autores con un único trabajo en colaboración	602	53%
Autores con dos trabajos en colaboración	190	17%
Autores con tres o más trabajos en colaboración	347	30%
Número total de colaboraciones	7082	
Media de documentos por autor (a/c)	0,7	
Media de autores por documentos en colaboración (a-b)/d	0,7	
Número total de firmas normalizadas (e)	4636	
índice de coautoría (e/a)	5,6	

Los patrones de colaboración de los integrantes del CINQUIFIMA (Cuadro 18), indican que la mayoría de los investigadores publican la totalidad de sus investigaciones en colaboración. Los investigadores que tienen un comportamiento diferente son Denis, que como ya señaláramos tiene una producción atípica a sus pares de igual edad de carrera académica (ver sección 5.1.3), y Kreiner, que está trabajando en un área de conocimiento diferente al resto de los investigadores del centro. La evolución del Índice de colaboración (Cuadro 19) muestra que el comportamiento colaborativo del centro se cumple para todos los años del periodo estudiado.

Cuadro 18. Patrones de colaboración de los integrantes del CINQUIFIMA (1982-2016).

Ranking	Autor	Número total de documentos	Número de documentos en colaboración (%)	Número de firmas por documentos	Número de colaboradores	Media de firmas por documentos
1	DALCHIELE, EA	117	117 (100,00%)	768	161	6,56
2	MOMBRU, AW	112	112 (100,00%)	752	201	6,71
3	KREMER, C	107	107 (100,00%)	747	137	6,98
1	DENIS, PA	104	60 (57,69%)	222	45	2,13
5	NEGREIRA, CA	90	90 (100,00%)	433	108	4,81
6	ARIOSA, D	82	82 (100,00%)	539	166	6,57
7	SUESCUN, L	80	80 (100,00%)	542	189	6,78
8	SEOANE, G	78	77 (98,72%)	462	160	5,92
9	FACCIO, R	67	67 (100,00%)	396	162	5,91
10	MAROTTI, RE	63	63 (100,00%)	422	85	6,70
11-12	PARDO, H	48	48 (100,00%)	337	98	7,02
11-12	TORRES, J	48	48 (100,00%)	334	93	6,96
16-17	CABRAL, P	37	37 (100,00%)	341	94	9,22
16-17	MENDEZ, E	37	35 (94,59%)	156	47	4,22
22	BENECH, JC	29	29 (100,00%)	181	81	6,24
29-31	CHIOZZONE, R	25	25 (100,00%)	192	47	7,68
40-42	MORENO-GOBBI, A	21	21 (100,00%)	86	42	4,10
87-95	KREINER, M	9	7 (77,78%)	29	12	3,22

Cuadro 19. Evolución número de firmas por documento y del Índice de Colaboración.

Año	Número de firmas por documento																	TD	DC	IC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	25	26			
1982			1															1	1	1,00
1983																		0	0	0,00
1984			1															1	1	1,00
1985				2														2	2	1,00
1986				4														4	4	1,00
1987				1					1									2	2	1,00
1988			1	2														3	3	1,00
1989					1			1										2	2	1,00
1990			1	1	1													3	3	1,00
1991		3	1	1	1													6	6	1,00
1992		3		2		1												6	6	1,00
1993		1	4	1														6	6	1,00
1994				1	3	1		2										7	7	1,00
1995			3		1		1		1		1							7	7	1,00
1996	1	1		4	2	5	1											14	13	0,93
1997	1	1	1	5	2	3	2	1	1	1	1							19	18	0,95
1998		1	6	3	2	2	3	1	2		1	1			1			23	23	1,00
1999		3	3	9	3	2	3	6	1	2								32	32	1,00
2000	1	3	4	11	2	11	3	2		4	1	1	1					44	43	0,98
2001		2	3	5	5	7	8	2	3	1		3	1					40	40	1,00
Subtotal	3	18	29	52	23	32	21	15	9	8	4	5	2	0	1	0	0	222	219	0,99
2002		1		4	8	2	1	2		3	1			1	2	1		26	26	1,00
2003	1		4	4	3	6	1	5	2								1	27	26	0,96
2004	2	3	1	3	4	4	2	2		3								24	22	0,92
2005	2	6	4	5	1	2	3	2	5	1								31	29	0,94
2006	3	2	2	3	6	5	6	4	2	1								34	31	0,91
2007		2	4	7	6	3	6	5	2	2			1					38	38	1,00
2008	6	4	5	5	5	2	6	5	3	1	1	1	1		1			46	40	0,87
2009	3	3	4	5	8	4	2	5		1								35	32	0,91
2010	4	5	3	3	8	6	6	3	3	3	1							45	41	0,91
2011	6	6	2	6	3	7	3	7	4	2	2	1						49	43	0,88
2012	2	5	2	5	3	5	6	5	2	1		1	1					38	36	0,95
2013	7	4	5	3	4	10	8	7	2	2	1							53	46	0,87
2014	6	3	2	3	4	5	10	4	1	3			1					42	36	0,86
2015	2	8	4	6	6	10	10	6	6	5	1							64	62	0,97
2016	2	6	8	6	7	7	11	3	3	1		1	1					56	54	0,96
Subtotal	46	58	50	68	76	78	81	65	35	29	7	6	3	1	3	1	1	608	562	0,92
Total general	49	76	79	120	99	110	102	80	44	37	11	11	5	1	4	1	1	830	781	0,94

TD= Total de documentos DC= Documentos en colaboración IC= Índice de Colaboración

Por su parte, el Coeficiente de Colaboración (Cuadro 20), que pondera la cantidad de autores por documento, muestra que los autores con mejor desempeño son del Grupo 1

de edad de carrera académica (los más “jóvenes”). Ello podría estar dando indicios de una modificación en el comportamiento de las nuevas generaciones de investigadores del CINQUIFIMA.

Cuadro 20. Patrones de colaboración de los integrantes del CINQUIFIMA. Coeficiente de Colaboración (1982-2016).

Autor	Número de firmas por documento																TD	CC	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	25			26
CABRAL, P					1	1	7	5	5	11	2	3	1		1			37	0,89
CHIOZZONE, R		1			1	1	7	7	6	2								25	0,86
PARDO, H			1	5	4	8	10	9	6	5								48	0,85
TORRES, J			3	2	5	9	9	12	3	4		1						48	0,84
MAROTTI, RE			1	5	10	13	15	12	3	2	1	1						63	0,84
KREMER, C		2	5	4	14	15	20	25	12	7	2	1						107	0,84
DALCHIELE, EA		1	4	10	16	27	25	18	10	4	1	1						117	0,83
SUESCUN, L		2	3	13	7	12	9	16	6	8	3	1						80	0,83
MOMBRU, AW		3	9	13	10	16	15	20	11	11	2	1	1					112	0,82
BENECH, JC			3	7		7	6	2		2	1		1					29	0,81
FACCIO, R		3	11	8	8	9	9	10	5	3			1					67	0,80
ARIOSIA, D		7	7	17	10	11	6	8	3	2	2	3	1		3	1	1	82	0,79
SEOANE, G	1	5	12	12	8	14	7	5	2	5	1	4	1	1				78	0,78
NEGREIRA, CA		10	10	21	24	8	11	2	3		1							90	0,76
MORENO-GOBBI, A		3	6	5	2	3	2											21	0,72
MENDEZ, E	2	5	7	7	8	4	1	3										37	0,69
KREINER, M	2	2	1	1	2	1												9	0,54
DENIS, PA	44	36	10	6	4		2		2									104	0,34

TD= Total de documentos

CC= Coeficiente de colaboración

En cuanto a la evolución del número de firmas por documentos (Cuadro 19 y Figura 9), para el periodo 1982-2001, se observa que el predominio estaba entre los documentos de 3 a 6 firmas, con un pico importante en los de 4. Esta preponderancia se da sobre todo hacia el tramo final del periodo, a partir del año 1996 (Figura 10).

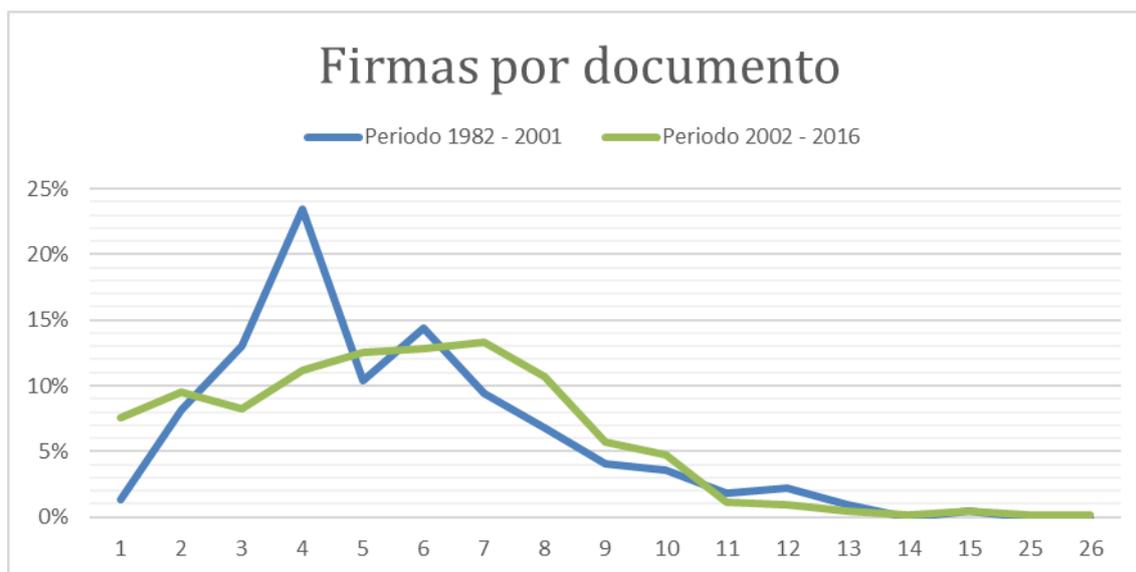


Figura 9. Comparación de la evolución de las firmas por documento por periodo.

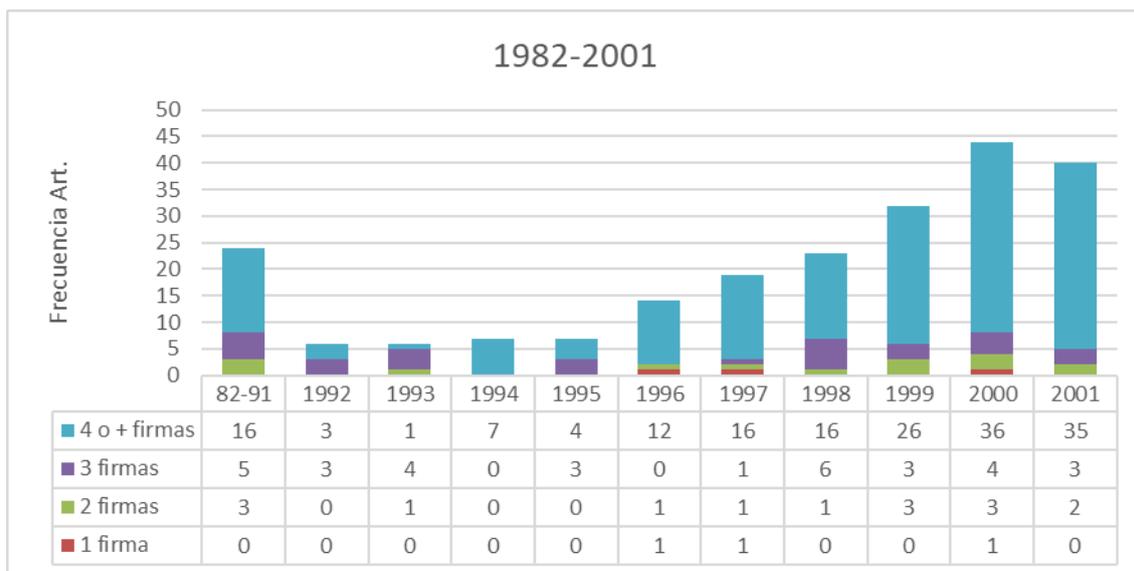


Figura 10. Tendencia temporal de la colaboración de los autores de CINQUIFIMA (1982-2001).

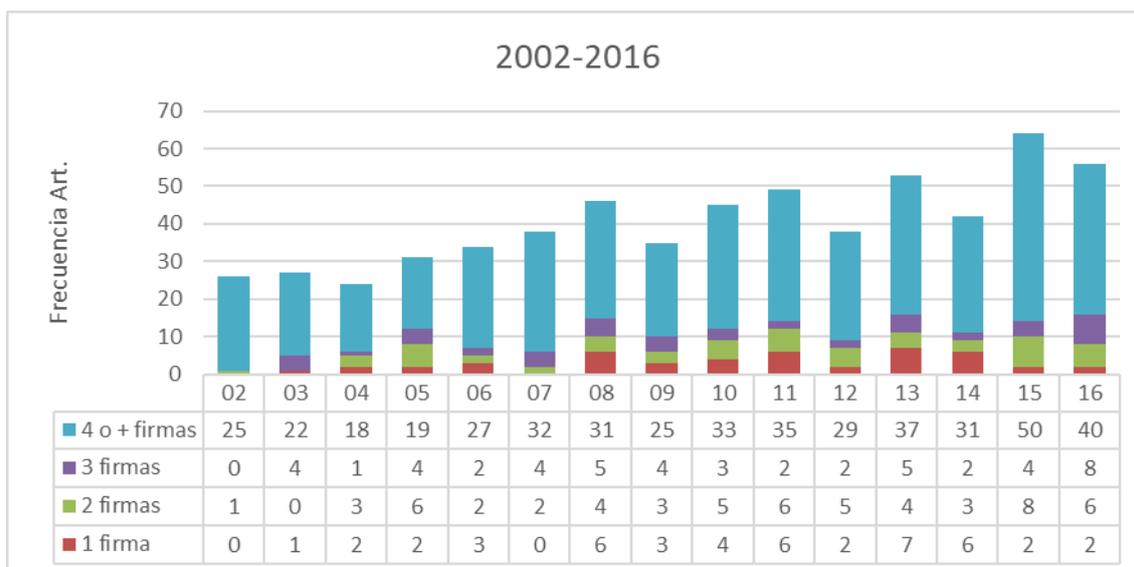


Figura 11. Tendencia temporal de la colaboración de los autores de CINQUIFIMA (2002-2016).

Para el segundo periodo, 2002-2016, se observa que la preponderancia de los artículos con 4 firmas disminuye, pero hay un “corrimiento” de la cantidad de firmas por artículo, pasando de 3 a 6 firmas en el periodo anterior, a 4 a 8 firmas en este periodo (Figuras 9 y 11).

Estos datos indican que hay una modificación a lo largo del tiempo en la forma de publicar de los integrantes del grupo. Debido a la multicausalidad de este fenómeno, es arriesgado formular hipótesis explicativas al respecto. Sin embargo, como ya señaláramos antes, el centro es pequeño, las diferencias de disciplinas inciden seguramente en este

comportamiento, además de otros factores externos como las políticas científicas y el propio fenómeno del aumento de la colaboración en la ciencia en general. Aun teniendo en cuenta todo ello, parecería que los investigadores más jóvenes podrían estar incidiendo en este comportamiento.

5.3.2 Liderazgo en la producción

Dado que el CINQUIFIMA tiene altas tasas de colaboración, es relevante identificar que rol juega en esas colaboraciones el país: ¿lidera las investigaciones en las que participa o le corresponde un rol secundario en los trabajos que firma? Para ello, analizamos la tendencia temporal del liderazgo en los documentos en colaboración del CINQUIFIMA, identificando si el autor de correspondencia era del CINQUIFIMA o de Uruguay. Finalmente, comparamos los resultados entre los dos periodos, 1982-2001 y 2002-2016.

En el primer periodo el indicador se comporta erráticamente, probablemente debido a la baja cantidad de documentos publicados, para el año 1996, cuando comienza a incrementarse la cantidad de documentos el indicador registra guarismos entre el 35% y el 25%. Para el periodo 2002-2016 la tendencia es en alza y se ubica en el entorno del 50%.

Finalmente, para el total del periodo hay 495 firmas uruguayas en el campo RP, de las cuales 292 (59%) son de CINQUIFIMA. Vale aclarar que algunos documentos no tienen firmas de Uruguay, dado que algunos investigadores del CINQUIFIMA reportan filiación a instituciones extranjeras; el caso más notable es el de Ariosa que reporta 18 artículos en Suiza, lugar en donde se formó en sus posgrados.



Figura 12. Tendencia temporal del liderazgo en la producción del CINQUIFIMA.

5.3.3 Colaboración institucional

Si se compara los periodos establecidos, 1982-2001 con 2002-2016, puede observarse que los investigadores del CINQUIFIMA publican menos documentos sin colaboración en el segundo periodo, en términos porcentuales (42% contra 34%), aunque más en términos reales (68 contra 198). Por su parte, la colaboración internacional y nacional aumentó en términos reales y porcentuales (Cuadro 21). Es importante destacar que para este análisis se descartaron los documentos sin firmas de instituciones nacionales, esto incluye dos casos, o no está el dato o aparecen solamente firmas extranjeras. Para el primer periodo se descartaron 41 documentos, un 18% de la producción total del periodo (N=222), y para el segundo se descartaron 30 documentos, un 5% de la producción total del periodo (N=608). Esto podría estar dando cuenta de la incidencia que tuvieron en la producción del grupo los integrantes que se formaron en el extranjero antes de la década del 90 (ver sección 5.5 Trayectorias académicas de los integrantes del CINQUIFIMA)

Cuadro 21. Resumen de la colaboración internacional y nacional de CINQUIFIMA por periodo.

Periodo	Documentos			Documentos con firma de				Documentos con colaboración			
	*Total #	Sin Colaboración #	%	2 países		3 o + países		Internacional		Nacional	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
1982-2001	163	68	42%	73	45%	22	13%	95	58%	8	4%
2002-2016	576	198	34%	270	47%	108	19%	378	66%	28	5%
Totales	739	266	36%	343	46%	130	18%	473	64%	36	5%

*Se descartaron los documentos sin firma de instituciones nacionales, 59 para el primer periodo y 32 para el segundo.

La evolución de las tasas de colaboración, nacional internacional y sin colaboración (Figura 13) muestra un punto de inflexión a partir del año 1998; antes de ese año el comportamiento de los indicadores es errático, seguramente debido al bajo número de documentos. A partir de 1998 la tasa de colaboración internacional supera a la de documentos sin colaboración, y se mantiene fluctuando entre un 60% y un 80%. De acuerdo con la clasificación propuesta por Leite, Mugnani y Leta (2011), estos datos permiten clasificar la producción del CINQUIFIMA como “principalmente internacional”.

Por su parte, la colaboración nacional es muy baja, superando rara vez el 10%. Este último fenómeno tiene sus particularidades en Uruguay que analizaremos en la siguiente sección.

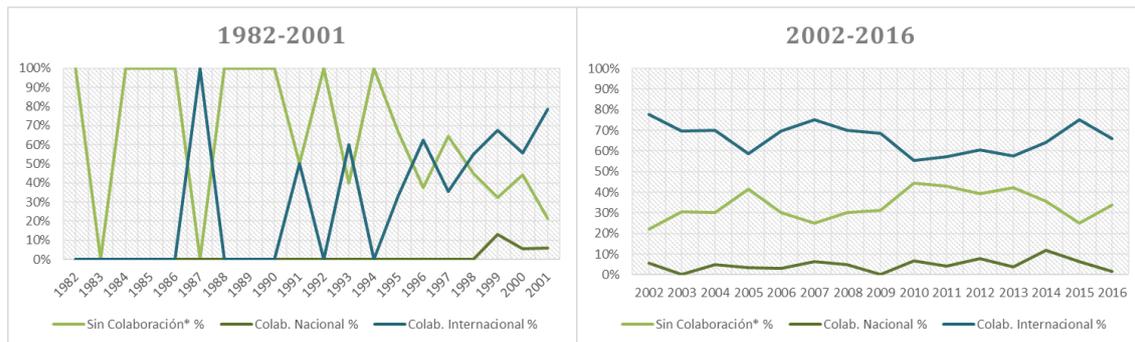


Figura 13. Tendencia temporal de las tasas de colaboración nacional e internacional de CINQUIFIMA.

5.3.3.1 Colaboración nacional

El sistema de Ciencia y Tecnología de Uruguay tiene algunas particularidades que deben ser tenidas en cuenta en el desarrollado de esta sección. La UdelaR es la universidad pública más grande del país; según el último anuario estadístico disponible, cuenta con un poco más de 140.000 estudiantes, lo cual representa el 85% de la matrícula universitaria del país (Uruguay. Ministerio de Educación y Cultura. Dirección de Educación. Área de Investigación y Estadística, 2017). Por otra parte, según los últimos datos disponibles, el 72% del equipamiento científico-tecnológico del país pertenece a esta casa de estudios (Baptista, Buslón, Schenck y Segantini, 2012); el 80% de los científicos que integran el Sistema Nacional de Investigadores de la ANII son docentes de la UdelaR, y el 75% de las publicaciones del país en la base internacional SCOPUS, entre los años 2004-2013, tienen filiación en la UdelaR (Bianco y Sutz, 2014).

Estos datos dan una idea del peso que tiene la institución en el sistema de Ciencia y Tecnología de Uruguay, por tanto, es razonable pensar que sea una explicación de la baja colaboración nacional del CINQUIFIMA.

5.3.3.2 Colaboración internacional

La red de colaboración institucional se ha incrementado entre los dos periodos estudiados (Cuadro 22). En el primer periodo contaba con 5 componentes, lo que da cuenta de su fragmentación, el centro se formaliza como tal en el año 2009. El cambio entre los dos periodos del componente gigante es significativo, pasando de un poco más del 60% de actores y relaciones a un componente completo.

Cuadro 22. Datos generales de la red de colaboración institucional (nivel 1).

Periodo	Visión general de la red				Componente gigante		
	nodos	aristas	Componentes	Densidad	Diámetro	Nodos (%)	Aristas (%)
1982-2001	70	126	5	0,052	4	44 (62,86)	81 (64,29)
2002-2016	189	477	2	0,027	4	188 (99,47)	477 (100,00)

En el primer periodo la Udelar colaboró con 49 instituciones, siendo el vínculo más fuerte con el Centro Nacional de Energía Atómica (Argentina). En general, los vínculos más fuertes se dan con instituciones regionales, Argentina, Brasil y en menor medida Chile, que con instituciones fuera de la región sudamericana. En un segundo nivel se encuentran las instituciones europeas, con un vínculo importante con Suiza, y en un rol muy marginal la Universidad de Wisconsin de Estados Unidos (Cuadro 23).

Cuadro 23. Instituciones más productivas y su patrón de colaboración (1982-2001).

Rank	Institución, país	Número de documentos		Número de firmas	Instituciones colaboradoras	Valor de la colaboración más intensa (Institución)
		Total	en colaboración (%)			
1	UDELAR, URUGUAY	157	96 (61,15)	318	49	16 (CNEA, ARGENTINA)
2	EPFL, SWITZERLAND	21	5 (23,81)	44	8	7 (WISC, USA)
3	CNEA, ARGENTINA	17	17 (100,00)	60	5	16 (UDELAR, URUGUAY)
4	UFSCAR, BRAZIL	13	13 (100,00)	36	6	12 (UDELAR, URUGUAY)
5	UNP, ARGENTINA	13	13 (100,00)	50	3	13 (UDELAR, UR; CNEA, AR)
6	CONICET, ARGENTINA	11	11 (100,00)	44	3	4 (CNEA, AR; UDELAR, UR; UNP, AR)
7	MEC, URUGUAY	10	7 (70,00)	27	10	5 (UDELAR, URUGUAY)
8	UCHILE, CHILE	9	9 (100,00)	23	4	9 (UDELAR, URUGUAY)
9	UNIV NEUCHATEL, SWITZERLAND	9	7 (77,78)	19	5	6 (EPFL, SWITZERLAND)
10	ULL, SPAIN	8	7 (87,50)	20	4	7 (UDELAR, URUGUAY)
11	WISC, USA	8	7 (87,50)	22	6	7 (EPFL, SWITZERLAND)
12	UCV, CHILE	6	6 (100,00)	13	2	6 (UDELAR, URUGUAY)
13	UNF2, ITALY	6	4 (66,67)	17	7	3 (MEC, URUGUAY)
14	CNR, ITALY	5	5 (100,00)	13	3	5 (UDELAR, URUGUAY)
15	UFRJ, BRAZIL	5	3 (60,00)	12	4	2 (UDELAR, UR; UMD, USA)
16	UNIV GENEVA, SWITZERLAND	5	0 (0,00)	5	0	

CNEA= Centro Nacional de Energía Atómica; CNR= Consiglio Nazionale delle Ricerche; CONICET= Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; EPFL= Ecole Polytech Fed Lausanne; MEC= Ministerio de Educación y Cultura; UCHILE= Universidad de Chile; UCV= Universidad Católica de Valparaíso; UDELAR= Universidad de la República; UFRJ= Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFSCAR= Universidade Federal de São Carlos; ULL= Universidad de La Laguna; UMD= University of Maryland; UNF2= Universidad de Nápoles Federico II; UNIV GENEVA= Université de Genève; UNIV NEUCHATEL= Universidad de Neuchâtel; UNP= Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco; WISC= University of Wisconsin

En el segundo periodo (Cuadro 24), aumenta considerablemente el número de instituciones colaboradoras. En el plano regional, Argentina se ve relegada por las instituciones chilenas (Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Valparaíso) y brasileñas (Universidad Federal de San Carlos, Universidad de San Pablo). Fuera de la región se destaca el rol que asume España (Universidad de Málaga, Universidad de La Laguna, Universidad de Valencia). La Universidad de Wisconsin, sigue en un rol marginal, teniendo en cuenta que su vinculación más fuerte, para los dos periodos, no es con la Udelar.

Cuadro 24. Instituciones más productivas y su patrón de colaboración (2002-2016).

Rank	Institución, país	Número de documentos		Número de firmas	Instituciones colaboradoras	Valor de la colaboración más intensa (Institución)
		Total	en colaboración (%)			
1	UDELAR, URUGUAY	574	184 (32,06)	1218	163	44 (UCV, CHILE)
2	UCV, CHILE	44	44 (100,00)	131	16	44 (UDELAR, URUGUAY)
3	UM, SPAIN	37	37 (100,00)	97	8	37 (UDELAR, URUGUAY)
4	ULL, SPAIN	34	34 (100,00)	95	15	34 (UDELAR, URUGUAY)
5	EPFL, SWITZERLAND	30	23 (76,67)	81	26	12(WISC, USA)
6	UFSCAR, BRAZIL	28	28 (100,00)	81	19	28 (UDELAR, URUGUAY)
7	UV, CHILE	25	25 (100,00)	76	10	25 (UDELAR, URUGUAY)
8	UV, SPAIN	22	22 (100,00)	71	13	22 (UDELAR, URUGUAY)
9	USP, BRAZIL	16	16 (100,00)	43	10	16 (UDELAR, URUGUAY)
10	UNLP, ARGENTINA	16	16 (100,00)	40	9	16 (UDELAR, URUGUAY)
11	MEC, URUGUAY	15	15 (100,00)	36	9	13 (UDELAR, URUGUAY)
12	UC, ITALY	14	14 (100,00)	45	6	14 (UDELAR, URUGUAY)
13	MU, USA	14	14 (100,00)	37	5	14 (UDELAR, URUGUAY)
14	WISC, USA	13	12 (92,31)	48	18	12 (EPFL, SWITZERLAND)
15	UFSC, BRAZIL	12	12 (100,00)	29	9	11 (UDELAR, URUGUAY)
16	UFRJ, BRAZIL	11	11 (100,00)	35	13	11 (UDELAR, URUGUAY)
17	CNEA, ARGENTINA	11	11 (100,00)	36	12	8 (UDELAR, URUGUAY)
18	CONICET, ARGENTINA	10	10 (100,00)	38	16	10 (UDELAR, URUGUAY)

CNEA= Centro Nacional de Energía Atómica; CONICET= Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; EPFL= Ecole Polytech Fed Lausanne; MEC= Ministerio de Educación y Cultura; MU= University of Missouri; UC= Universidad de Calabria; UCV= Universidad Católica de Valparaíso; UDELAR= Universidad de la República; UFRJ= Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFSC= Universidade Federal de Santa Catarina; UFSCAR= Universidade Federal de São Carlos; ULL= Universidad de La Laguna; UM= Universidad de Málaga; UNLP= Universidad Nacional de La Plata; USP= Universidade de Sao Paulo; UV, CHILE= Universidad de Valparaíso; UV, SPAIN= Universidad de Valencia; WISC= University of Wisconsin

Esta primera aproximación se enriquece cuando se complementa con el análisis de las medidas de centralidad de la red de colaboración, de manera que algunos actores confirman su papel relevante y aparecen otros que no están en los Cuadros 23 y 24. Así, para ambos periodos se destaca el rol de la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL), con valores altos de intermediación y cercanía (Cuadro 25 y 26). En el primer periodo, la Universidad de Nápoles “Federico II”, cumple un importante rol de intermediación (Cuadro 25); otro caso es el del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos, que aparece con valores de intermediación iguales al de UFSCAR, que ya aparecía en los Cuadros 23 y 24.

Para el segundo periodo (Cuadro 26), aparecen otras instituciones de Estados Unidos con un rol importante en cercanía (PSU, CALTECH), lo que indica que si bien tienen menos de 10 documentos (ausentes en el Cuadro 24), cumplen un rol importante en la red de colaboración.

Cuadro 25. Principales actores por medida de centralidad de la red de colaboración institucional de CINQUIFIMA (1982-2001).

Grado		Intermediación		Cercanía	
Institución	Valor	Institución	Valor	Institución	Valor
UDELAR, URUGUAY	49	UDELAR, URUGUAY	0,528	UDELAR, URUGUAY	0,945
MEC, URUGUAY	10	UNF2, ITALY	0,034	EPFL, SWITZERLAND	0,684
EPFL, SWITZERLAND	8	EPFL, SWITZERLAND	0,022	UNIV NEUCHATEL, SWITZERLAND	0,619
UNF2, ITALY	7	MEC, URUGUAY	0,020	MEC, URUGUAY	0,553
UFSCAR, BRAZIL	6	UNIV NEUCHATEL, SWITZERLAND	0,017	UNF2, ITALY	0,536
WISC, USA	6	UC, CHILE	0,012	UC, CHILE	0,525
CNEA, ARGENTINA	5	PSI, SWITZERLAND	0,005	UFSCAR, BRAZIL	0,515
UNIV NEUCHATEL, SWITZERLAND	5	UFSCAR, BRAZIL	0,001	UFRJ, BRAZIL	0,515
UNIVSUSSEX, ENGLAND	5	WISC, USA	0,001	NIH, USA	0,515
PSI, SWITZERLAND	5	CNEA, ARGENTINA	0,001	MBA, ENGLAND	0,515
UC, CHILE	5	UFRJ, BRAZIL	0,001	SZAN, ITALY	0,515
59 Instituciones	0-4	59 Instituciones	0,000	US, ENGLAND	0,515
				58 Instituciones	0-0,510

CNEA= Centro Nacional de Energía Atómica; EPFL= Ecole Polytech Fed Lausanne; MBA= Marine Biol Assoc United Kingdom Lab; MEC= Ministerio de Educación y Cultura; NIH= National Institutes of Health; PSI= Paul Scherrer Institute; SZAN= Stazione Zoologica Anton Dohrn; UC= Pontificia Universidad Católica de Chile; UDELAR= Universidad de la República; UFRJ= Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFSCAR= Universidade Federal de São Carlos; UNF2= Universidad de Nápoles Federico II; UNIV NEUCHATEL= Universidad de Neuchâtel; UNIVSUSSEX= University of Sussex; US, ENGLAND= University of Sheffield; WISC= University of Wisconsin

Cuadro 26. Principales actores por medida de centralidad de la red de colaboración institucional de CINQUIFIMA (2002-2016).

Grado		Intermediación		Cercanía	
Institución	Valor	Institución	Valor	Institución	Valor
UDELAR, URUGUAY	163	UDELAR, URUGUAY	0,927	UDELAR, URUGUAY	0,886
EPFL, SWITZERLAND	26	EPFL, SWITZERLAND	0,163	EPFL, SWITZERLAND	0,534
UFSCAR, BRAZIL	19	PSU, USA	0,037	PSU, USA	0,512
WISC, USA	18	MEC, URUGUAY	0,014	CALTECH, USA	0,505
UCV, CHILE	16	UNIV CAMBRIDGE, ENGLAND	0,010	UFSCAR, BRAZIL	0,504
CONICET, ARGENTINA	16	UFSCAR, BRAZIL	0,006	UNIV CAMBRIDGE, ENGLAND	0,504
ULL, SPAIN	15	CALTECH, USA	0,005	ULL, SPAIN	0,491
UV, SPAIN	13	CNEA, ARGENTINA	0,005	CONICET, ARGENTINA	0,491
UFRJ, BRAZIL	13	UFSC, BRAZIL	0,004	UCV, CHILE	0,490
CNEA, ARGENTINA	12	WISC, USA	0,004	UFRJ, BRAZIL	0,488
PSU, USA	11	ULL, SPAIN	0,003	CNEA, ARGENTINA	0,487
UV, CHILE	10	CONICET, ARGENTINA	0,003	UV, SPAIN	0,486
USP, BRAZIL	10	177 instituciones	0-0,002	USP, BRAZIL	0,484
176 instituciones	0-9			176 instituciones	0-0,483

CALTECH= California Institute of Technology; CNEA= Centro Nacional de Energía Atómica; CONICET= Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; EPFL= Ecole Polytech Fed Lausanne; MEC= Ministerio de Educación y Cultura; PSU= Penn State University; UCV= Universidad Católica de Valparaíso; UDELAR= Universidad de la República; UFRJ= Universidade Federal do Rio de Janeiro; UFSC= Universidade Federal de Santa Catarina; UFSCAR= Universidade Federal de São Carlos; ULL= Universidad de La Laguna; UNIV CAMBRIDGE= University of Cambridge; USP= Universidade de Sao Paulo; UV= Universidad de Valparaíso; UV, SPAIN= Universidad de Valencia; WISC= University of Wisconsin

Finalmente, tomando en cuenta los países con más de 10 colaboraciones, para el primer periodo el CINQUIFIMA se vincula más con países de Sudamérica (62% de los documentos en colaboración), seguido por países Europa (33%) y Estados Unidos (16%) (Cuadro 27). Para el segundo periodo un poco más de la mitad de los documentos con colaboración entre países es firmado por un país europeo, al igual que con países sudamericanos. De hecho, Europa pasa a liderar el ranking de colaboración, debido al incremento del rol de España y a nuevas vinculaciones con cuatro países de esa región: Francia, Alemania, Suecia e Inglaterra.

Con respecto a los países que lideran el ranking, se destaca que los primeros seis países no cambian de un periodo a otro, solo varían su orden. Además, con todos los países del

ranking, exceptuando Chile, los investigadores han tenido algún vínculo de formación (ver figura 19 y 22 de la sección 5.5).

Cuadro 27. Países y regiones con los que colabora CINQUIFIMA por periodo de tiempo.

Rank	País	1982-2001	Porc. 95	Rank	País	2002-2016	Porc. 378
1	ARGENTINA	26	0,27	1	SPAIN	104	0,28
2	SPAIN	21	0,22	2	BRAZIL	74	0,20
3	CHILE	18	0,19	3	CHILE	66	0,17
4	USA	16	0,17	4	ARGENTINA	61	0,16
5	BRAZIL	15	0,16	5	USA	45	0,12
6	ITALY	12	0,13	6	ITALY	29	0,08
				7	FRANCE	26	0,07
				8	GERMANY	18	0,05
				9	SWEDEN	16	0,04
				10	ENGLAND	14	0,04

Rank	Región	1982-2001	Porc. 95	Rank	Región	2002-2016	Porc. 378
1	Sudamérica	59	0,62	1	Europa	207	0,55
2	Europa	33	0,35	2	Sudamérica	201	0,53
3	USA	16	0,17	3	USA	45	0,12

5.4 Estudio de la interdisciplinariedad del CINQUIFIMA

En esta sección estudiaremos la diversidad temática de la producción de los integrantes del CINQUIFIMA. En la primera sección presentaremos indicadores de la diversidad temática como una aproximación a la interdisciplinariedad del centro, y en la siguiente, tres visualizaciones de las estructuras cognitivas de su producción. El análisis y discusión se realizará en la primera sección.

5.4.1 Indicadores de la interdisciplinariedad

A juzgar por los valores de los índices que integran los tres factores de la diversidad (variedad, equilibrio y disparidad), la producción de los investigadores del CINQUIFIMA es cada vez menos diversa si se compara los dos periodos estudiados (Cuadro 28). En el mismo sentido puede interpretarse el indicador de Entropía de Shannon, al disminuir está indicando que la entropía disminuye, pues hay menos diversidad.

En el mismo sentido, la Dominancia de Simpson indica que la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos “extracciones” sucesivas al azar sin “reposición”, es del 5% para el primer periodo y de 6% para el segundo, es decir hay una concentración de las temáticas.

Cuadro 28. Índices de diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA.

Índice	1982-2001	2002-2016	1982-2016
Rao-Stirling	0,61	0,50	0,54
Zhang	2,53	2,01	2,15
Entropía de Shannon	3,47	3,30	3,47
Dominancia de Simpson	0,05	0,06	0,05
Diversidad de Simpson	0,95	0,94	0,95
Diversidad de Hill N0	65	76	91
Diversidad de Hill N1	32,26	27,17	31,98
Diversidad de Hill N2	21,50	16,88	20,26

Por su parte, los indicadores de diversidad de Hill muestran que la cantidad de temáticas (N0) aumenta 65 para el primer periodo y 76 para el segundo. Sin embargo, las temáticas “abundantes” (N1), y “muy abundantes” (N2) disminuyen de un periodo a otro. Vale señalar también, que para el primer periodo N1 concentra las WC con una frecuencia de 39 a 3, con acumulado de 89%, para N2 la frecuencia es de 39 a 5 con un acumulado de 83%; para el segundo periodo N1 concentra las WC de 155 a 6 con un acumulado de 91%, y para N2 la concentración se produce en las WC con una frecuencia de 155 a 17, con una frecuencia acumulada de 81%.

De manera que los indicadores de diversidad de Hill reflejan que existe una concentración o especialización en la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Esta interpretación es coherente con las visualizaciones (Figuras 14, 15 y 16).

5.4.2 Visualización de la interdisciplinariedad

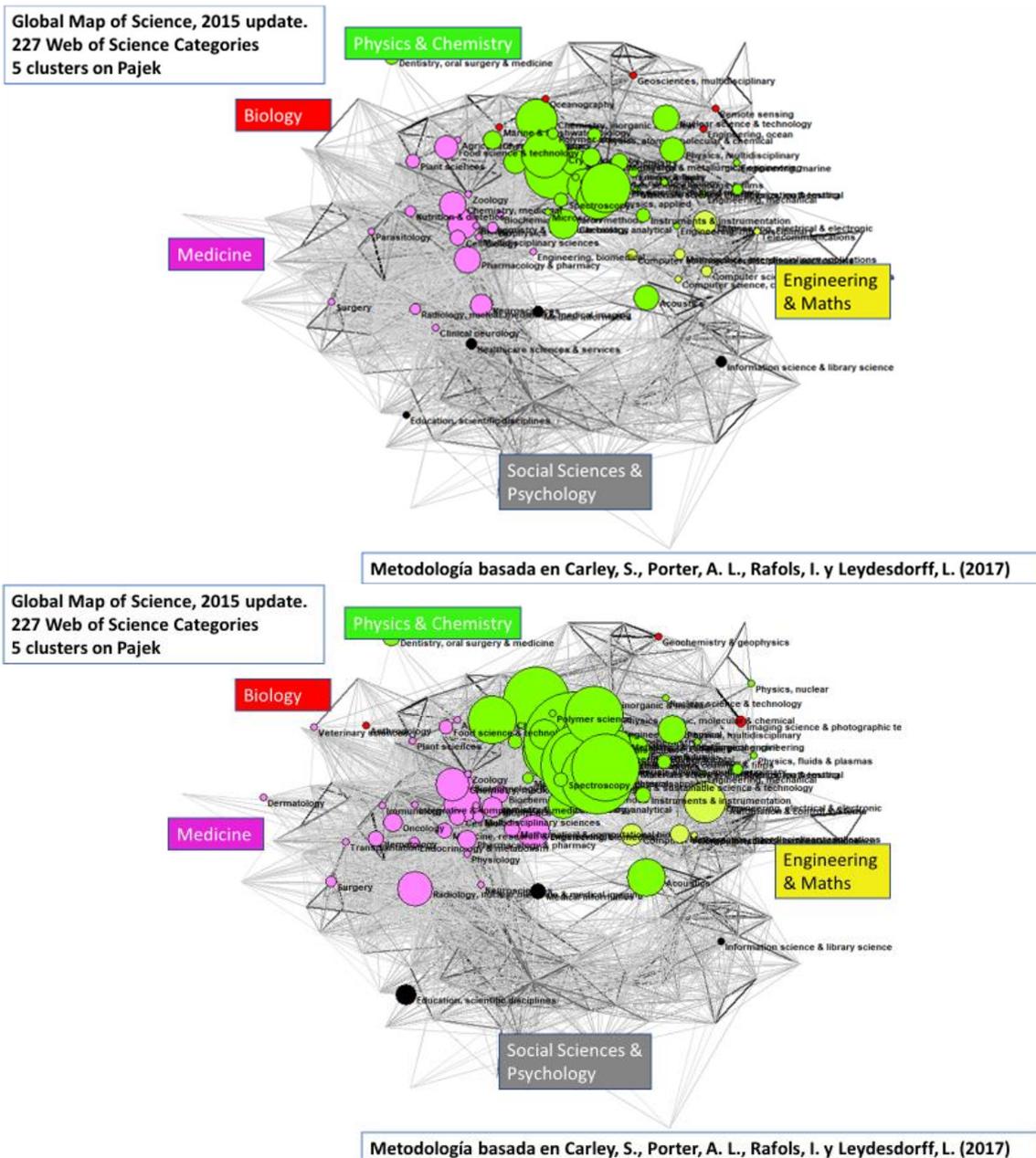


Figura 14. Mapa superpuesto de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.

En las Figuras 14 y 15 se observa que entre los dos periodos las temáticas son las mismas, solo hay un aumento en la concentración, la frecuencia, de algunas categorías: Física y Química por un lado y Medicina por el otro. También puede observarse un leve aumento en Ingeniería y Matemáticas.

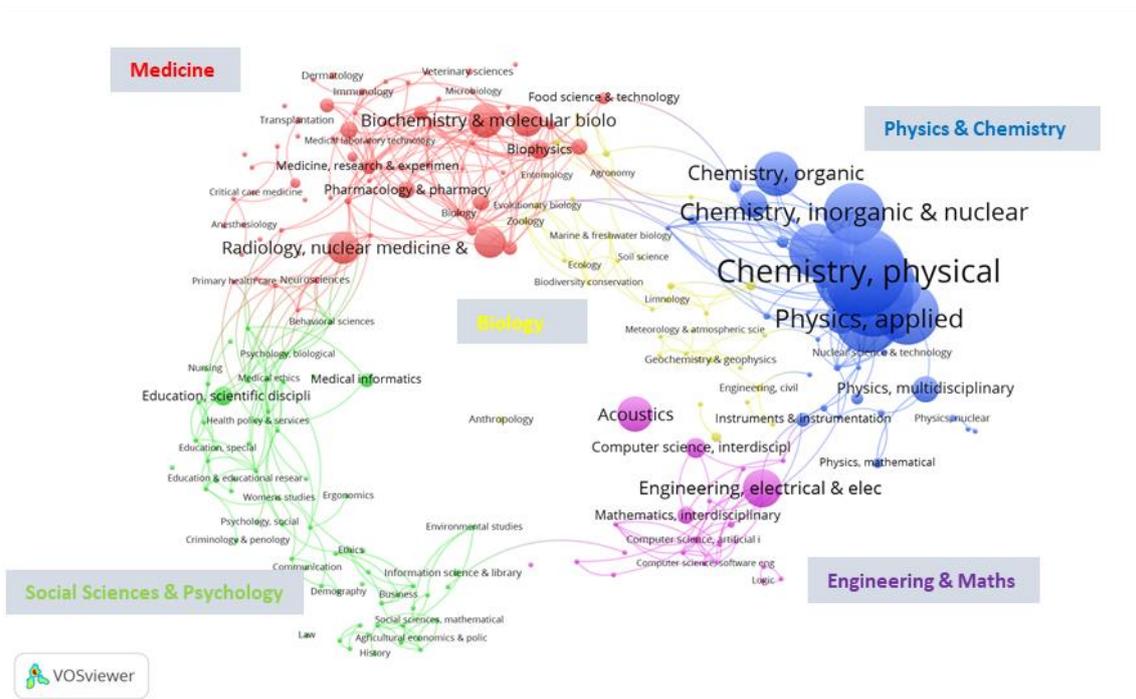
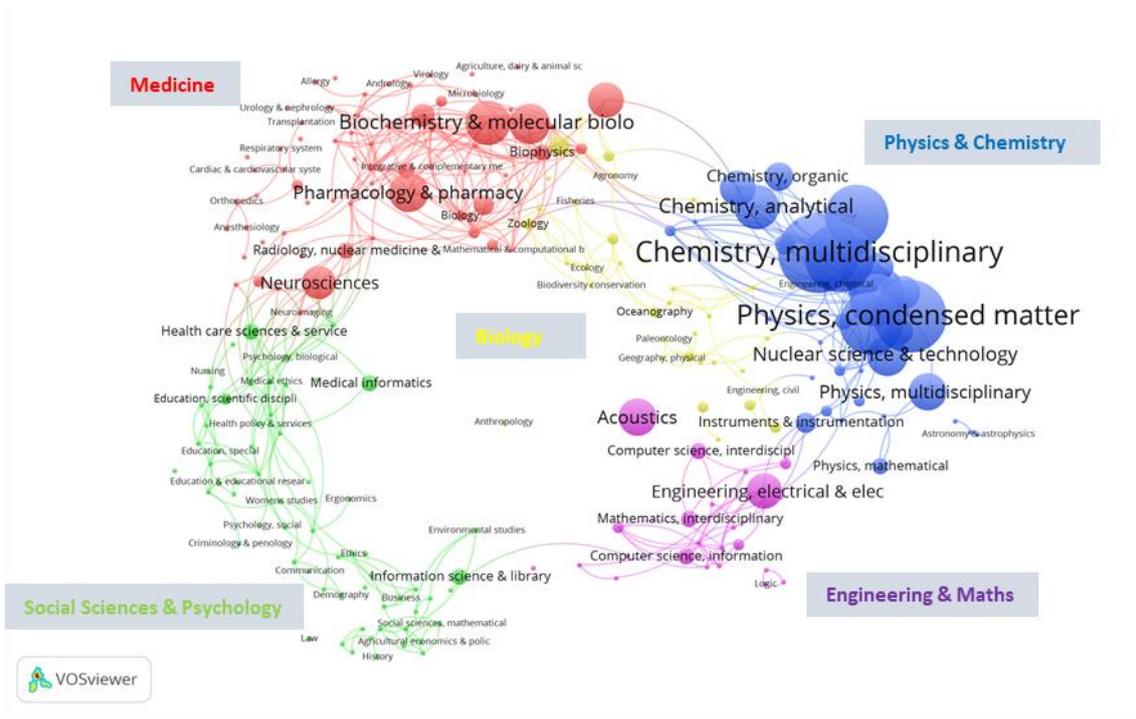


Figura 15. Mapa superpuesto de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.

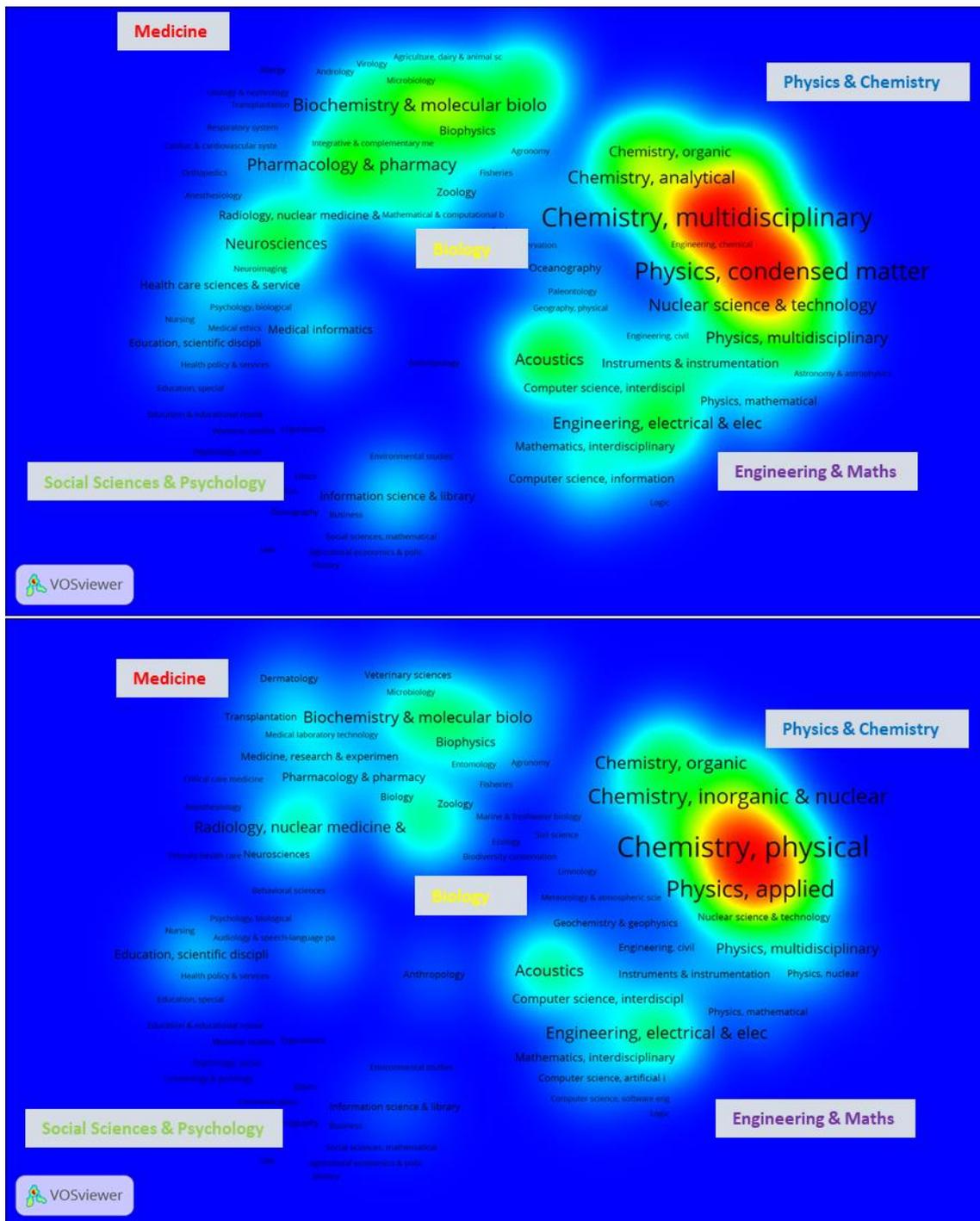


Figura 16. Mapa superpuesto de calor de la diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.

En el mapa de calor (Figura 16) se puede observar la concentración en Física y Química y la disminución de las demás zonas. En Física y Química hay un pequeño cambio en el núcleo de las temáticas más importantes, pero pertenecen a la misma zona.

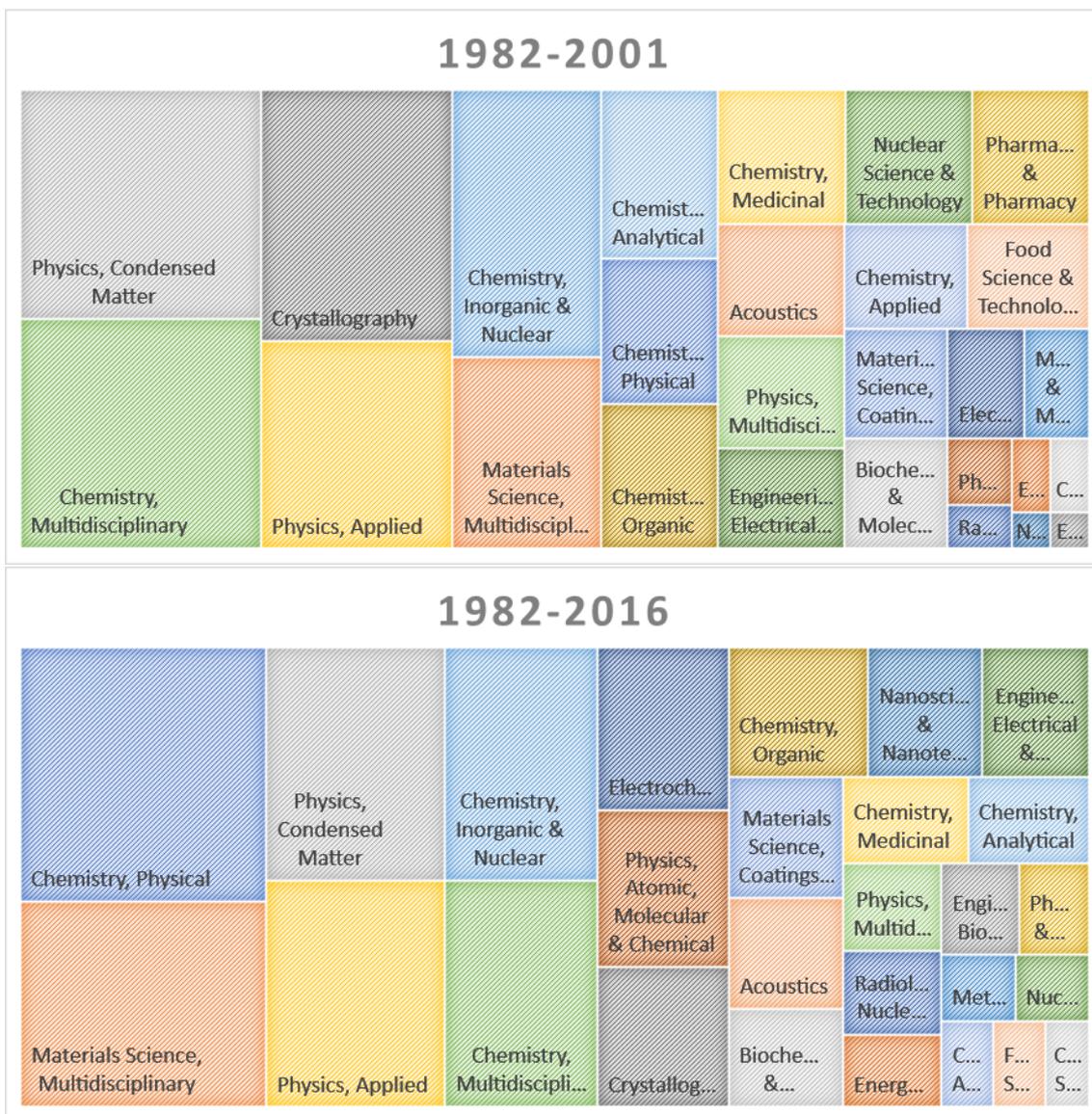


Figura 17. Distribución de diversidad temática de la producción de los investigadores del CINQUIFIMA por periodos. Arriba 1982-2001, abajo 1982-2016.

En la Figura 17 se puede observar las temáticas por categoría sin agrupamientos.

Finalmente, esta descripción es coherente con la especialización temática de los investigadores del CINQUIFIMA (Cuadros 14, 15 y 16 en la sección 5.2.2).

5.5 Trayectorias académicas de los integrantes del CINQUIFIMA

En la sección 5.1.3, cuando se abordó el impacto de la producción de los integrantes del CINQUIFIMA, se analizó este con las trayectorias de formación y la edad de carrera académica. En esta sección se estudia otro aspecto de las trayectorias, la que tiene que ver con las relaciones de tutorías.

Cuando se consideran todas las relaciones de tutoría académica de los integrantes del CINQUIFIMA se obtiene una red con 106 nodos, y 8 componentes, en donde el componente gigante es de 68 nodos (64%).

Las temáticas de las tesis, reportadas en el CVuy, de los componentes 2 (Figura 20) y del 3 al 8 (Figura 18) son las siguientes:

- *Componente 2* Cristalografía, Física aplicada, Física de los Materiales Condensados, Mecánica estadística, Química.
- *Componente 3:* Análisis Clínicos, Radiofarmacia, Radiología, Radioquímica.
- *Componente 4:* Ciencias Biológicas.
- *Componente 5:* Biomateriales, Ciencia de los Polímeros, Electroquímica, Físico-Química, Nanotecnología, Sensores.
- *Componente 6:* Celdas Solares Fotovoltaicas, Óptica no lineal, Propiedades Ópticas de Materiales.
- *Componente 7:* Ultrasonido.
- *Componente 8:* Medicina Clínica.

Estos componentes tienen la particularidad de que los investigadores del CINQUIFIMA que los integran tienen un bajo nivel de relación medido a través de las tutorías. En efecto, a excepción de Dalchiele y Ariosa, que han co-dirigido una tesis de doctorado (Figura 19 y 20), el resto de investigadores no se vinculan entre sí.

La formación en Física y Química se realizó en el extranjero hasta el año 2001, cuando se doctora Méndez en la UdelaR (Figura 19); además, este investigador tiene la particularidad de haber tenido tres tutores, uno nacional y dos extranjeros (Argentina y España), y es el que más tesis ha dirigido (5) de estos componentes.

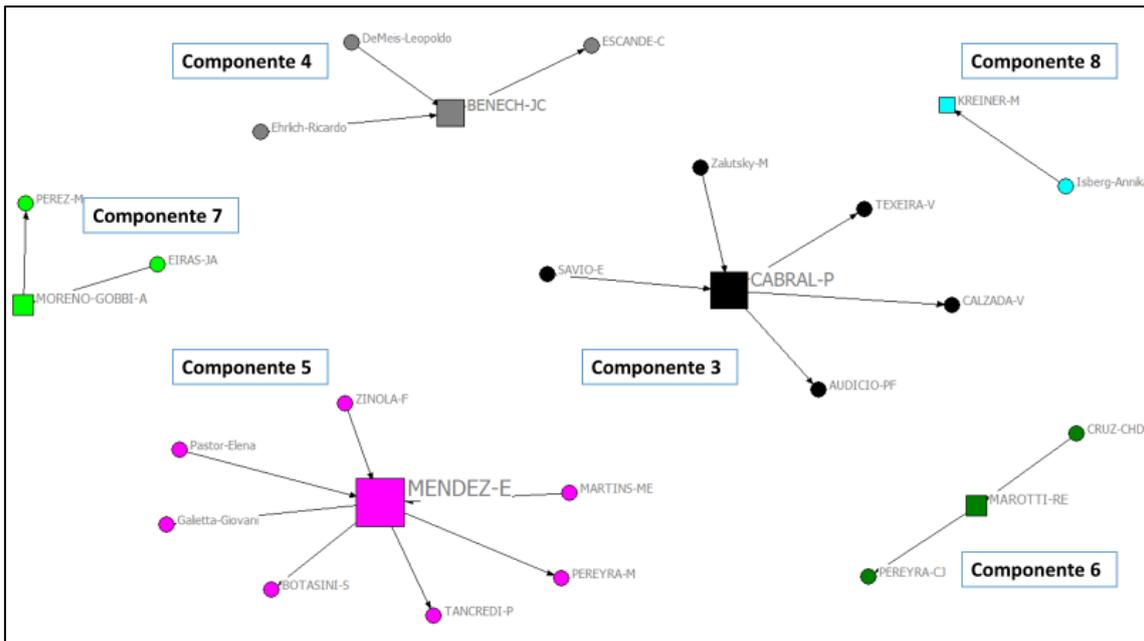


Figura 18. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componentes 3 al 8.

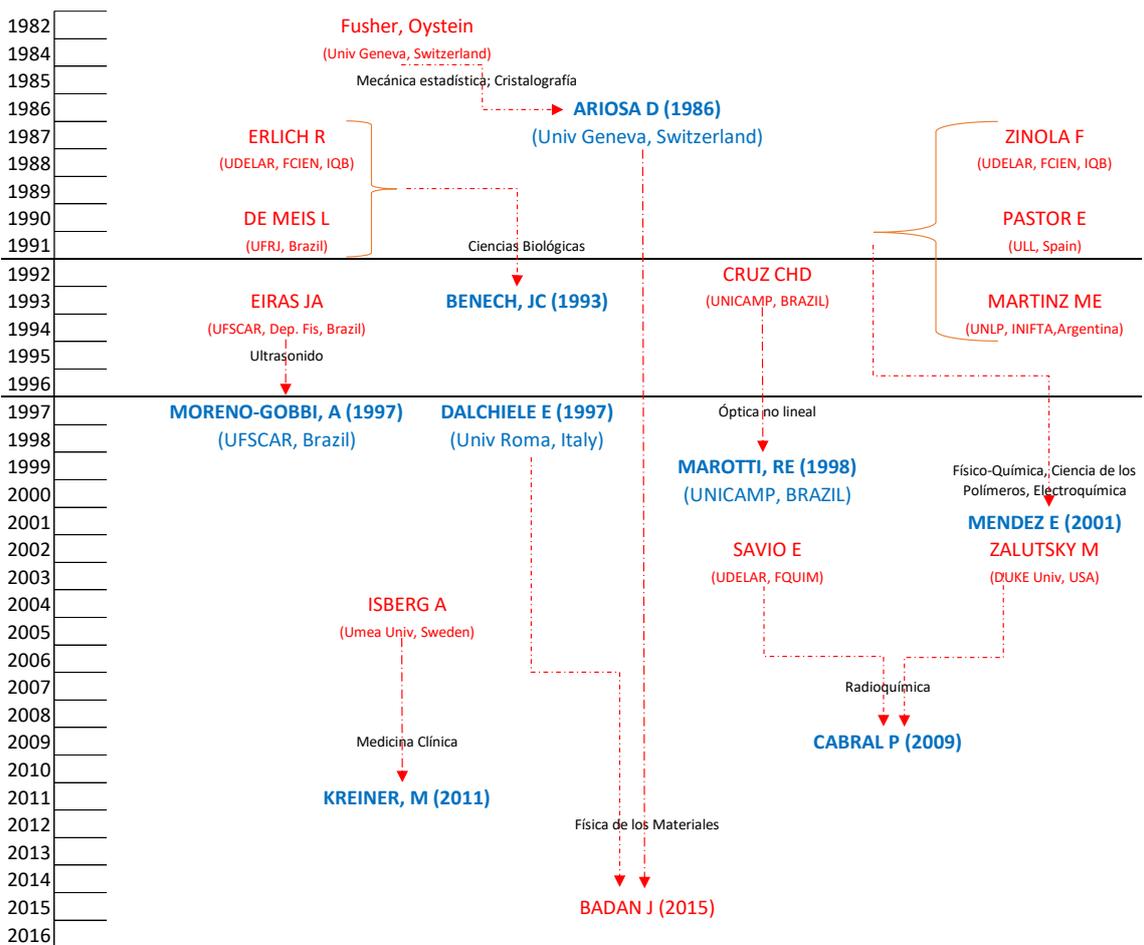


Figura 19. Genealogía académica de los componentes 2 a 8 de CINQUIFIMA.

En azul los integrantes de CINQUIFIMA, en rojo los externos al grupo. Se indica la Universidad de realización del doctorado cuando es distinta de la Udelar.

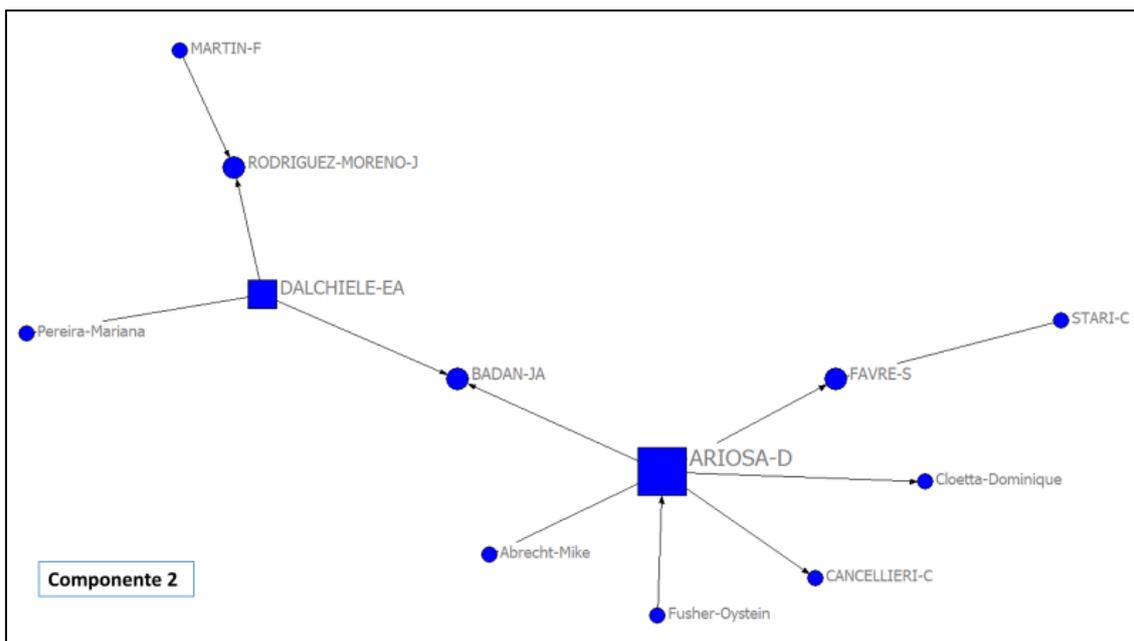


Figura 20. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componente 2.

El componente 1 es el más grande, concentra diez investigadores del CINQUIFIMA, y tiene gran variedad temática en sus tesis:

- *Componente 1:* Acupuntura, Acústica, Ciencia de los Materiales, Ciencia de los Polímeros, Ciencias Biológicas, Ciencias del mar, Contaminación Radiactiva Ambiental, Cristalografía, Electroquímica, Epidemiología, Estado Sólido, Farmacología y Química Médica, Física de los Fluidos y Plasma, Física de los Materiales, Física de los Materiales Condensados, Física en Medicina y Biología, Física Médica, Física Moderna, Física Ultrasónica, Físico-Química, Fisiología, Ingeniería de la Energía, Magnetismo Molecular, Material, Mecánica estadística, Nanoenergía, Nanomateriales, Nanotecnología, Nanotecnología y Simulación por DFT, Oceanografía Física, Óptica, Polímeros, Propiedades Ópticas de Materiales, Química Biológica, Química de Coordinación, Química General, Química Inorgánica y Nuclear, Química Orgánica, Química Teórica, Radiofarmacia, Radiofármacos, Radiología, Radioquímica, Transversal nanociencias cáncer, Ultrasonido

Comparte con los componentes anteriores que los primeros investigadores, Negreira y Seoane, obtuvieron sus títulos en el extranjero antes de la década del 90 y una “segunda generación” obtiene su doctorado en Uruguay después del año 2000 (Figura 22).

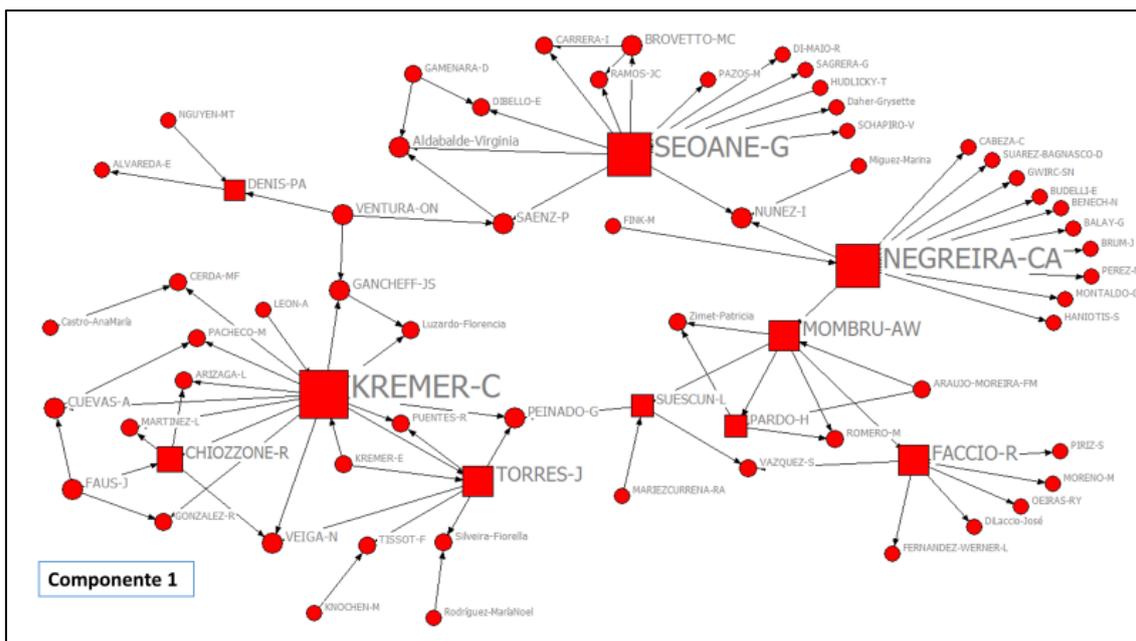


Figura 21. Relaciones de tutoría a nivel doctorado en CINQUIFIMA. Componente 1.

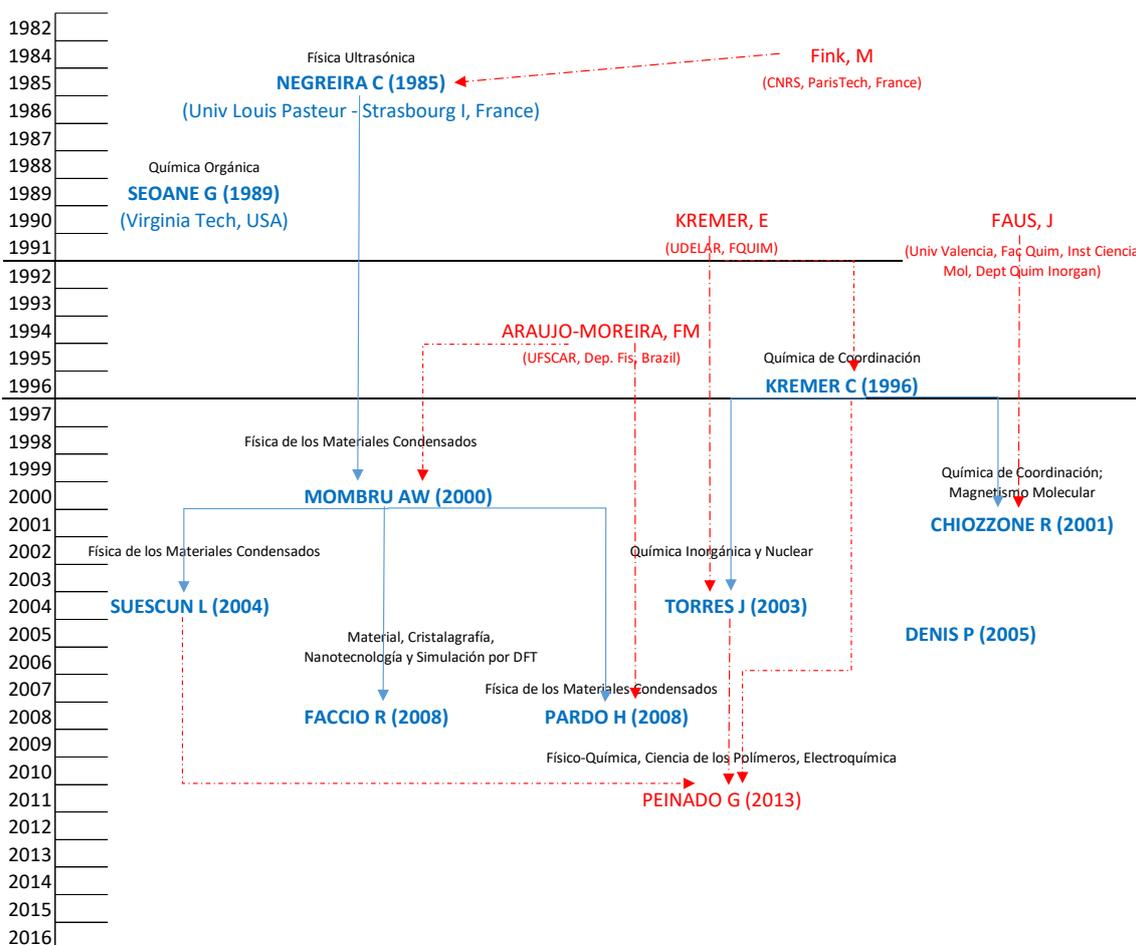


Figura 22. Genealogía académica del componente 1 de CINQUIFIMA.

En azul los integrantes de CINQUIFIMA, en rojo los externos al grupo. Se indica la Universidad de realización del doctorado cuando es distinta de la Udelar.

Las medidas de centralidad permiten identificar algunos patrones en las relaciones de tutorías. Así, el grado permite identificar un grupo de investigadores que han dirigido más de 10 tesis (Kremer, Negreira y Seoane), que a la fecha tienen entre 30 y 20 años de haber obtenido sus propios doctorados (Cuadro 29). Las medidas de intermediación muestran como habiendo dirigido menor cantidad de tesis, Mombrú y Faccio ocupan un rol importante en la red (Cuadro 30) (los actores con mayor grado de intermediación indican puntos de corte en la red).

Cuadro 29. Medidas de grado del componente 1. OutDegree indica tutorías de doctorado realizadas.

	OutDegree	InDegree	NrmOutDeg	NrmInDeg
KREMER-C	13	2	19,403	2,985
NEGREIRA-CA	12	1	17,91	1,493
SEOANE-G	12	1	17,91	1,493
FACCIO-R	6	1	8,955	1,493
TORRES-J	5	2	7,463	2,985
MOMBRU-AW	5	2	7,463	2,985
CHIOZZONE-R	3	2	4,478	2,985
VENTURA-ON	3	0	4,478	0
FAUS-J	3	0	4,478	0
ARAUJO-MOREIRA-FM	2	0	2,985	0
BROVETTO-MC	2	1	2,985	1,493
SUESCUN-L	2	2	2,985	2,985
PARDO-H	2	2	2,985	2,985

Cuadro 30. Medidas de Intermediación del componente 1.

	Betweenness	nBetweenness
MOMBRU-AW	34	0,769
KREMER-C	25,5	0,577
NEGREIRA-CA	24	0,543
FACCIO-R	22	0,498
SEOANE-G	12	0,271
SUESCUN-L	8	0,181
TORRES-J	7,5	0,17
CHIOZZONE-R	3	0,068
DENIS-PA	2	0,045
PARDO-H	1	0,023

5.6 Capacidad de reproducción del CINQUIFIMA

En esta sección describiremos la capacidad de reproducción del CINQUIFIMA en dos de las tres dimensiones definidas para este trabajo: capacidad de captación de financiación y capacidad de formación. La tercera dimensión, capacidad de producción, se analizó en las secciones de producción y colaboración (5.1 y 5.3). En las consideraciones finales daremos una visión de conjunto de la capacidad de reproducción del CINQUIFIMA.

Todos los investigadores del CINQUIFIMA cuentan con doctorado; si se consideran las cohortes de obtención de los doctorados (Cuadro 31), se observa que el número de titulaciones aumentó durante las tres primeras décadas (3 en el 80, 5 en el 90 y 8 en el 2000), pero parece haber un estancamiento en la última década. Una probable explicación de este dato es que no se hayan integrado los nuevos investigadores a la lista de integrantes del CINQUIFIMA, o que haya sido una estrategia del grupo al presentarse al llamado de financiación de Centros Interdisciplinarios en el año 2009 presentar solo a los docentes con doctorado concluido.

Cuadro 31. Distribución de los doctorados por cohorte.

Autor	Año_Doc	Cohorte
NEGREIRA, CA	1984	
ARIOSIA, D	1986	80-89
SEOANE, G	1988	
BENECH, JC	1993	
KREMER, C	1995	
MORENO-GOBBI, A	1997	90-99
MAROTTI, RE	1998	
MOMBRU, AW	1999	
CHIOZZONE, R	2000	
MENDEZ, E	2001	
TORRES, J	2002	
SUESCUN, L	2003	00-09
DENIS, PA	2004	
FACCIO, R	2007	
PARDO, H	2007	
CABRAL, P	2009	
KREINER, M	2011	11-19

La experiencia en proyectos financiados como responsables tiene una incidencia más grande en los investigadores de mayor edad de carrera académica (más de 25 años), con un 41%, seguidos por el Grupo 2 con 34% y el Grupo 3 con 25% (Cuadros 33, 34 y 35).

Si consideramos los investigadores con al menos 10 proyectos dirigidos (Cuadro 32), 7 investigadores acumulan el 70% de los proyectos financiados y los 4 primeros acumulan casi el 50% (47%).

Cuadro 32. Acumulado de proyectos financiados.

	Edad		Proyectos	
	Académica	Financiados	Porc/137	Acumulado
KREMER, C	28	23	0,17	0,17
SEOANE, G	30	16	0,12	0,28
NEGREIRA, CA	23	13	0,09	0,38
MENDEZ, E	25	12	0,09	0,47
BENECH, JC	26	11	0,08	0,55
MOMBRU, AW	24	11	0,08	0,63
FACCIO, R	16	10	0,07	0,70
MAROTTI, RE	17	8	0,06	0,76
SUESCUN, L	21	7	0,05	0,81
PARDO, H	18	6	0,04	0,85
CHIOZZONE, R	19	5	0,04	0,89
TORRES, J	26	5	0,04	0,93
CABRAL, P	9	3	0,02	0,95
KREINER, M	21	3	0,02	0,97
DENIS, PA	17	2	0,01	0,99
ARIOSA, D	34	1	0,01	0,99
MORENO-GOBBI, A	21	1	0,01	1,00
Total		137		

Cuadro 33. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 1)

Más de 25 años					
Autor	Edad Académica	Proyectos Financiados	Promedio por Edad Académica	Porcentaje sobre 56	Porcentaje sobre 137
ARIOSA, D	34	1	0,03	0,02	0,01
SEOANE, G	30	16	0,53	0,29	0,12
KREMER, C	28	23	0,82	0,41	0,17
BENECH, JC	26	11	0,42	0,20	0,08
TORRES, J	26	5	0,19	0,09	0,04
Total		56		Aporte del grupo	0,41

Cuadro 34. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 2).

21 a 25 años					
Autor	Edad Académica	Proyectos Financiados	Promedio por Edad Académica	Porcentaje sobre 47	Porcentaje sobre 137
MENDEZ, E	25	12	0,48	0,26	0,09
MOMBRU, AW	24	11	0,46	0,23	0,08
NEGREIRA, CA	23	13	0,57	0,28	0,09
KREINER, M	21	3	0,14	0,06	0,02
MORENO-GOBBI, A	21	1	0,05	0,02	0,01
SUESCUN, L	21	7	0,33	0,15	0,05
Total		47		Aporte del grupo	0,34

Cuadro 35. Capacidad de captación de financiación. Cantidad de proyectos financiados como responsable por investigador (Grupo 3).

Hasta 20 años					
Autor	Edad Académica	Proyectos Financiados	Promedio por Edad Académica	Porcentaje sobre 34	Porcentaje sobre 137
CHIOZZONE, R	19	5	0,26	0,15	0,04
PARDO, H	18	6	0,33	0,18	0,04
DENIS, PA	17	2	0,12	0,06	0,01
MAROTTI, RE	17	8	0,47	0,24	0,06
FACCIO, R	16	10	0,63	0,29	0,07
CABRAL, P	9	3	0,33	0,09	0,02
Total		34		Aporte del grupo	0,25

Con respecto a la formación de recursos humanos, el 44% de la formación de doctorado corresponde a los investigadores del Grupo 1, pero el grupo es muy heterogéneo (Cuadro 36). Este grupo también concentra la integración de tribunales de tesis de Doctorado (74%). Por su parte, la integración de tribunales de maestría se concentra en el Grupo 2 (Cuadro 37), con un 59%. El Grupo 3 (Cuadro 38) muestra muy baja incidencia en este indicador, a excepción de Faccio, con 9 tesis de doctorado dirigidas y Cabral con 6 de maestría.

Cuadro 36. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 1).

Más de 25 años					
Autor	Edad Académica	Tesis dirigidas		Integración de tribunales	
		Maestría	Doctorado	Maestría	Doctorado
ARIOSIA, D	34	7	5	2	5
SEOANE, G	30	6	12	15	37
KREMER, C	28	7	9	4	8
BENECH, JC	26	6	1	3	3
TORRES, J	26	3	4	0	0
Total (Porc. aporte del grupo)		29 (0,38)	31 (0,44)	24 (0,38)	53 (0,74)

Cuadro 37. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 2).

21 a 25 años					
Autor	Edad Académica	Tesis dirigidas		Integración de tribunales	
		Maestría	Doctorado	Maestría	Doctorado
MENDEZ, E	25	2	4	5	1
MOMBRU, AW	24	7	5	7	10
NEGREIRA, CA	23	12	11	16	0
KREINER, M	21	7	0	0	0
MORENO-GOBBI, A	21	3	1	10	2
SUESCUN, L	21	0	2	0	0
Total (Porc. aporte del grupo)		31 (0,41)	23 (0,33)	38 (0,59)	13 (0,18)

Cuadro 38. Capacidad de formación. Tesis dirigidas y tribunales integrados por investigador (Grupo 3).

Autor	Hasta 20 años		Tesis dirigidas		Integración de tribunales	
	Edad Académica	Edad	Maestría	Doctorado	Maestría	Doctorado
CHIOZZONE, R		19	0	2	1	4
PARDO, H		18	2	2	0	0
DENIS, PA		17	0	1	0	1
MAROTTI, RE		17	4	1	1	1
FACCIO, R		16	4	9	0	0
CABRAL, P		9	6	1	0	0
Total (Porc. aporte del grupo)			16 (0,21)	16 (0,23)	2 (0,03)	6 (0,08)

Con respecto a los cursos de posgrado, destaca Benech con 40 cursos (15 de maestría, 25 de doctorado), Kremer y Seoane reportan 9 cursos de doctorado cada uno, Faccio reporta 6 y Torres 5. Es probable que los reportes no estén completos, pues resulta llamativo que algunos autores reporten un importante número de integración de tribunales de tesis y ningún curso de posgrado.

6. Conclusiones

La hipótesis de partida de esta tesis fue que la aplicación de las metodologías y herramientas de los Estudios Métricos de la Información (EMI) permiten analizar la actividad científica de estructuras de investigación, así como la capacidad de reproducción de un grupo científico, con la finalidad de identificar el carácter interdisciplinario de su producción científica y su capacidad de sostenerse en el tiempo.

El objetivo general planteado fue:

Generar una propuesta para la evaluación de grupos de investigación, mediante la aplicación de metodologías y herramientas de los EMI, que integre los aspectos tradicionales (producción, productividad, impacto, colaboración, temáticas) con indicadores más novedosos, como son los de interdisciplinariedad de su producción y su capacidad de sostenerse en el tiempo.

A juicio del autor se puede aceptar la hipótesis establecida y el objetivo general se ha cumplido, prueba de ello son los resultados obtenidos y presentados en el capítulo anterior. La integración a la evaluación de grupos de investigación de indicadores provenientes del paradigma de las capacidades provee a los evaluadores y diseñadores de políticas una visión más completa de las fortalezas y debilidades de los grupos evaluados. Esta mirada es superadora del modelo economicista ya que amplía los marcos de análisis, pues provee además de los indicadores de *output* clásicos una visión integral de los grupos estudiados.

A continuación, se presentan las consideraciones finales respecto a cada objetivo específico.

Caracterizar la producción y la productividad científica del Centro Interdisciplinario en Nanotecnología y Física y Química de los Materiales (CINQUIFIMA)

Los investigadores del CINQUIFIMA comunican su producción científica generalmente en artículos de revistas en inglés.

Los investigadores más jóvenes (entendiendo por esto la edad de la carrera académica) tienen mejor desempeño en la productividad.

El impacto de su producción, medido a través de la citación, indica que los artículos de CINQUIFIMA tienen cada vez mejor desempeño para este indicador. De hecho, la

cantidad de citas tiene una distribución exponencial, y ésta se explicaría más por la citación de la producción de las últimas dos décadas, cuando comenzaron a publicar en revistas del primer cuartil, que por la acumulación de las citas de los primeros trabajos.

Analizar la distribución temática de su producción científica

El CINQUIFIMA es un grupo de investigación especializado, el 74% de su producción se concentra en 5 categorías: *Chemistry inorganic nuclear, Materials science multidisciplinary, Physics applied, Physics condensed matter, Chemistry physical*. Además, en estas temáticas su contribución a la producción nacional es significativa, aportando un mínimo de 43% a la producción nacional.

Su especialidad temática es la nanotecnología con un mayor desarrollo en los aspectos que tienen que ver con la física – química y, en segundo lugar, con bastante menos desarrollo, los que tiene que ver con la biomedicina. Esto es coherente con la integración del centro, dado que de los 18 investigadores solo 3 (Benech, Cabral y Kreiner) pertenecen al área biomédica, con la particularidad de que no son los más productivos: Cabral es de los investigadores más jóvenes, y Kreiner no tiene producción en colaboración con el resto del grupo.

Analizar la colaboración científica de la producción del CINQUIFIMA

El CINQUIFIMA está conformado por investigadores que suelen publicar su producción en colaboración, con algunas excepciones: Denis y Kreiner. Su núcleo duro de colaboradores está conformado por 350 coautores con un mínimo de tres trabajos en coautoría.

Los indicadores de colaboración tuvieron un cambio en las dos últimas décadas, con respecto al periodo anterior. A partir del año 2000, los investigadores del CINQUIFIMA colaboran más, tienen mayor liderazgo en los trabajos que firman y se vinculan más fuertemente con instituciones europeas que regionales. La producción del CINQUIFIMA puede clasificarse como “principalmente internacional” (Leite et al., 2011).

Identificar el nivel de interdisciplinariedad de su producción

Si se consideran los indicadores utilizados para este trabajo, la producción del CINQUIFIMA se hace cada vez menos diversa, pues se concentra cada vez más en menos temáticas. En principio, ello podría interpretarse como menor interdisciplinariedad, pero cuando se observan las temáticas en las que se especializa resulta que estas no pertenecen

a una sola disciplina; por ejemplo, *Chemistry physical*, y *Materials science multidisciplinary*.

Este comportamiento ya ha sido reportado en la literatura por Luan y Porter (2016) en un estudio realizado a través de las WC sobre la estructura disciplinar de la nanotecnología. En ese trabajo, Luan y Porter señalan el rol fundamental que juegan las *Materials Science* y *Physics Applied* como motor de desarrollo de la nanotecnología. También encuentran que en general, hay una convergencia a lo largo del tiempo de más cantidad de disciplinas con la nanotecnología (Luan y Porter, 2016, p. 15).

Describir las trayectorias académicas de los integrantes del CINQUIFIMA

La baja cantidad de casos (18 investigadores) no permitió realizar análisis estadísticos robustos que pudieran sustentar hipótesis concluyentes sobre qué variables afectan las trayectorias académicas. Ello no permitió identificar “trayectorias típicas”; que esta tesis tuviera solo un enfoque cuantitativo es con seguridad una limitante que coadyuva a este resultado. Por otra parte, la realización de entrevistas, en el futuro, a los integrantes del CINQUIFIMA arrojaría luz sobre este aspecto.

No obstante, los datos analizados permiten señalar algunas regularidades. En los investigadores que integran el CINQUIFIMA se pueden identificar tres generaciones. Una primera generación que se doctoró en el exterior con fechas anteriores a 1990, y que en ocasiones se radicó por tiempo prolongado en el extranjero; una segunda generación que se doctoró en Uruguay entre los años 1990 y 2000; y una tercera generación que se titula en la primera década de este siglo.

Por otra parte, parece haber cierta tendencia a la tutoría compartida de la tercera generación junto a integrantes de la segunda. Esto podría indicar un traspaso de experiencia entre generaciones.

Describir la capacidad de reproducción del CINQUIFIMA

La capacidad de reproducción del CINQUIFIMA es alta tomando en cuenta las tres dimensiones consideradas para este trabajo. La capacidad de captación de financiación indica que todos sus investigadores tienen nivel de doctorado y se pueden identificar tres generaciones, en donde hay un investigador que obtuvo el doctorado hace más de 30 años y, en el otro extremo dos investigadores con menos de 10 años de obtención de su titulación. Todos los investigadores tienen experiencia en la dirección de proyectos como

responsables, aunque, naturalmente existe una concentración de esta capacidad en los investigadores con mayor edad de carrera académica.

La Capacidad de formación, por su parte, muestra una mayor concentración aún en el Grupo 1, ya que en la primera generación es donde se concentra la mayor cantidad de tesis de doctorado dirigidas, y, a su vez, la mayor integración de tribunales. En la segunda generación se concentran las tesis de maestría dirigidas. Con respecto a los cursos de posgrado, la baja cantidad de reportes en los CVs relevados, no parece tener un correlato con los dos indicadores anteriores. Ello indicaría, con cierto grado de plausibilidad, que el dato podría estar subreportado en los CVs.

Con respecto a la Capacidad de producción, el CINQUIFIMA tiene una producción científica que viene creciendo desde los últimos 20 años. En general los investigadores más jóvenes tienen mejor productividad y mayor impacto en sus trabajos que las generaciones anteriores. Los índices de colaboración internacional aumentan considerablemente en el segundo periodo estudiado (2002-2016), al igual que la cantidad de firmas y países por documento. De los indicadores de colaboración, el que tiene el peor desempeño es la colaboración nacional, pero ello se debe probablemente a las características del sistema de ciencia y tecnología de Uruguay, en donde el peso de la Universidad de la República es muy significativo.

6.1 Limitaciones del estudio y desarrollos futuros

La propuesta de evaluación planteada en esta tesis tiene las limitaciones propias de las fuentes utilizadas. Los grupos con producción en áreas con baja representación en la WOS no pueden ser evaluados. Esto incluye a la mayoría de las disciplinas integrantes de las Ciencias Sociales y Humanas.

Con respecto a la segunda fuente, los CVuy, si bien el sistema lleva 10 años de implementación en Uruguay, todavía hay datos que son defectuosos. Por ejemplo, la mayoría de las asignaciones temáticas de los ítems son en lenguaje libre, ello hace que la información no sea consistente cuando el mismo ítem es reportado por dos autores diferentes. Algunos datos relevantes para la construcción de trayectorias no son campos obligatorios en el sistema; por ejemplo, los cargos en la UdelaR, generalmente figura el último que tiene el investigador y no se puede reconstruir la trayectoria en la institución. Algo similar pasa con la trayectoria dentro del SNI, si bien el sistema tiene solamente 10

años, y algunos investigadores entraron al sistema directamente en las categorías más altas, en otras ocasiones hay un movimiento que es difícil de reconstruir a través del CVuy.

Con respecto a los desarrollos futuros, está propuesta debe ser complementada, y en algunas ocasiones validada, con metodologías cualitativas. Por ejemplo, el desarrollo de entrevistas a los investigadores del CINQUIFIMA podría brindar una mejor interpretación de las trayectorias académicas.

No obstante, la potencialidad de la propuesta radica en la posibilidad de identificar “trayectorias típicas” y “buenas prácticas” en la conformación de grupos de investigación, lo que redundaría en un insumo valioso para los evaluadores, diseñadores de políticas y planes estratégicos de la actividad científica y tecnológica de los grupos de investigación y departamentos universitarios.

7. Referencias

- Aguirre-Ligüera, N., Fontans, E. y Simón, L. (2013). *El currículum vitae como fuente de datos en los estudios métricos*. 3ª Jornadas de Intercambios y Reflexiones acerca de la Investigación en Bibliotecología, 28-29 de noviembre de 2013, La Plata. Recuperado de <http://jornadabibliotecologia.fahce.unlp.edu.ar>
- Ajiferuke, I., Burell, Q. y Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14(5-6), 421–433. <https://doi.org/10.1007/BF02017100>
- Albornoz, M. y Alfarez, C. (2008). *Diseño de una metodología para la medición del impacto de los centros de excelencia*. Buenos Aires.
- Alcázar Farías, E. y Lozano Guzmán, A. (2009). Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México. *Revista Española de Documentación Científica*, 32(3), 119–126. <https://doi.org/10.3989/redc.2009.3.676>
- Arocena, R. y Sutz, J. (2009). Sistemas de innovación e inclusión social. *Pensamiento Iberoamericano*, (5), 99–120.
- Aydinoglu, A. U., Allard, S. y Mitchell, C. (2016). Measuring diversity in disciplinary collaboration in research teams: An ecological perspective. *Research Evaluation*, 25(1), 18–36. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvv028>
- Baptista, B., Buslón, N., Schenck, M. y Segantini, M. (2012). *Relevamiento nacional de equipamiento científico-tecnológico: Informe final*. Montevideo. Recuperado de <http://www.csic.edu.uy/prensa/renderItem/itemId/32118/refererPageId/445>
- Barata, R. B., Aragão, E., Sousa, L. E. P. F. de, Santana, T. M. y Barreto, M. L. (2014). The configuration of the Brazilian scientific field. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(1), 505–521. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130023>
- Bastian, M., Heymann, S. y Jacomy, M. (Eds.) 2009. *Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks*: AAAI Press.
- Batagelj, V. y Mrvar, A. (2004). Pajek — Analysis and Visualization of Large Networks. En G. Farin, H.-C. Hege, D. Hoffman, C. R. Johnson, K. Polthier, M. Jünger y P. Mutzel (Eds.), *Mathematics and Visualization. Graph Drawing Software* (pp. 77–103). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-18638-7_4

- Beaver, D. d. B. y Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration: Part 1. The professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, 1(1), 65–84.
- Beigel, F. y Salatino, M. (2015). Circuitos segmentados de consagración académica: Las revistas de Ciencias Sociales y Humanas en la Argentina. *Información, cultura y sociedad*, (32), 11–36.
- Bianco, M. y Sutz, J. (Eds.). (2014). *Veinte años de políticas de investigación en la Universidad de la República: Aciertos, dudas y aprendizajes*. Montevideo: Udelar; CSIC; Trilce.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. y Freeman, L. C. (2002). *Ucinet 6 for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard: Analytic Technologies.
- Bosman, J., van Mourik, I., Rasch, M., Sieverts, E. y Verhoeff, H. (2006). *Scopus reviewed and compared. The coverage and functionality of the citation database Scopus, including comparisons with Web of Science and Google Scholar*. Utrecht: Utrecht University Library.
- Bourdieu, P. (2003). *El oficio de científico. Ciencia de la ciencia y reflexividad*. Barcelona: Anagrama.
- Bourdieu, P. (2008). *Homo academicus*. Buenos Aires [1984]: Siglo XXI.
- Bozeman, B., Dietz, J. y Gaughan, M. (2001). Scientific and Technical Human Capital: An alternative model for research evaluation. *International Journal of Technology Management*, 22(7/8), 716–740. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2001.002988>
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. London: Crosby Lockwood and Son.
- Bush, V. (1945). *Science the endless frontier: A report the President on a Program for Postwar Scientific Research*. Washington: National Science Foundation.
- Calver, M., Bryant, K. y Wardell-Johnson, G. (2018). Quantifying the internationality and multidisciplinary of authors and journals using ecological statistics. *Scientometrics*, 101(6), 623. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2692-z>
- Cañibano, C. y Bozeman, B. (2009). Curriculum vitae method in science policy and research evaluation: the state-of-the-art. *Research Evaluation*, 18(2), 86–94. <https://doi.org/10.3152/095820209X441754>
- Carayol, N., Uyen, T. y Thi, N. (2005). Why do academic scientists engage in interdisciplinary research. *Research Evaluation*, 14(1), 70–79. <https://doi.org/10.3917/redp.224.0471>

- Carley, S., Porter, A. L., Rafols, I. y Leydesdorff, L. (2017). Visualization of Disciplinary Profiles: Enhanced Science Overlay Maps. *Journal of Data and Information Science*, 2(3), 68–111. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0015>
- Chakraborty, T., Tammana, V., Ganguly, N. y Mukherjee, A. (2015). Understanding and modeling diverse scientific careers of researchers. *Journal of Informetrics*, 9(1), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.11.008>
- Chavarro, D., Tang, P. y Rafols, I. (2014). Interdisciplinarity and research on local issues: Evidence from a developing country. *Research Evaluation*, 23(3), 195–209. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvu012>
- Curtin, N., Malley, J. y Stewart, A. J. (2016). Mentoring the next generation of faculty: supporting academic career aspirations among doctoral students. *Research in Higher Education*, 57(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11162-015-9403-x>
- Diamond Jr., A. M. (1980). Age and the acceptance of cliometrics. *The Journal of Economic History*, 40(4), 838–841.
- Diamond Jr., A. M. (1984). An economic model of the life-cycle research productivity of scientists. *Scientometrics*, 6(3), 189–196. <https://doi.org/10.1007/BF02016762>
- Diamond Jr., A. M. (1986). The life-cycle research productivity of mathematicians and scientists. *Journal of Gerontology*, 41(4), 520–525.
- Dietz, J., Chompalov, I. y Bozeman, B. (2000). Using the curriculum vita to study the career paths of scientists and engineer: An exploratory assessment. *Scientometrics*, 49(3), 419–442.
- D'Onofrio, M. G. (2009). The public CV database of Argentine researchers and the 'CV-minimum' Latin-American model of standardization of CV information for R&D evaluation and policy-making. *Research Evaluation*, 18(2), 95–103.
- Fernández Polcuch, E. (2000). *La medición del impacto social de la ciencia y tecnología*. Universidad Nacional de Quilmes, Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Buenos Aires.
- Fontans, E., Aguirre-Ligüera, N. y Vienni, B. (2015). *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*. 4ta. Jornadas de Intercambios y Reflexiones acerca de la Investigación en Bibliotecología, 29-30 de

octubre de 2015, La Plata. Recuperado de <http://jornadabibliotecologia.fahce.unlp.edu.ar>

- Fontans, E., Simón, L. y Ceretta, M. G. (2015). Acceso a la producción científica financiada con fondos públicos: el caso de los investigadores del Área Social del SNI de Uruguay. *Interciencia*, 40(9), 588–595.
- Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239.
- Fruchterman, T. M. J. y Reingold, E. M. (1991). Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software: Practice and Experience*, 21(11), 1129–1164.
- Furtado, C. A., Davis, C. A., Gonçalves, M. A. y Almeida, J. M. de. (2015). A spatiotemporal analysis of Brazilian science from the perspective of researchers' career trajectories. *Plos One*, 10(10), 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141528>
- Gavel, Y. y Iselid, L. (2008). Web of Science and Scopus: A journal title overlap study. *Online Information Review*, 32(1), 8–21. <https://doi.org/10.1108/14684520810865958>
- Gazni, A., Sugimoto, C. R. y Didegah, F. (2012). Mapping World Scientific Collaboration: Authors Institutions and Countries. *ASIS&T*, 63(2), 323–335. <https://doi.org/10.1002/asi>
- Glänzel, W. (2000). Science in Scandinavia: A Bibliometric Approach. *Scientometrics*, 48(2), 121–150. <https://doi.org/10.1023/A:1005640604267>
- Glänzel, W. y Schubert, A. (2005). Analysing Scientific Networks Through Co-Authorship. En H. F. Moed, W. Glänzel y U. Schmoch (Eds.), *Handbook of quantitative science and technology research. The use of publication and patent. Statistics in studies of S&T Systems*, p. 800. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Gorraiz, J. y Schloegl, C. (2008). A bibliometric analysis of pharmacology and pharmacy journals: Scopus versus Web of Science. *Journal of Information Science*, 34(5), 715–725. <https://doi.org/10.1177/0165551507086991>
- Harzing, A.-W. y Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, 106(2), 787–804. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1798-9>
- Haustein, S. y Larivière, V. (2015). The use of Bibliometrics for Assessing Research: Possibilities, Limitations and Adverse Effects. En I. M. Welpe, J. Wollersheim, S.

- Ringelhan y M. Osterloh (Eds.), *Incentives and Performance. Governance of Research Organizations* (pp. 121–139). Cham: Springer International Publishing.
- Hicks, D. (2005). The Four Literatures of Social Science. En H. F. Moed, W. Glänzel y U. Schmoch (Eds.), *Handbook of quantitative science and technology research. The use of publication and patent. Statistics in studies of S&T Systems*, pp. 473–496. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Hicks, D. (2006). The Dangers of Partial Bibliometric Evaluation in the Social Sciences. *Economía Política*, 23(2), 145–162.
- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., Rijcke, S. de y Rafols, I. (2015). The Leiden Manifest for Research Metrics. *Nature*, 520(23 april), 429–431. <https://doi.org/10.1038/520429a>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individuals scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569–16572.
- Hjørland, B. (2002). Domain analysis in information science: Eleven approaches - traditional as well as innovative. *Journal of Documentation*, 58(4), 422–462. <https://doi.org/10.1108/00220410210431136>
- Hjørland, B. y Albrechtsen, H. (1995). Toward a new horizon in information science: domain-analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(6), 400–425. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199507\)46:6<400::AID-ASI2>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199507)46:6<400::AID-ASI2>3.0.CO;2-Y)
- Hunter, D. E. y Kuh, G. D. (2011). The "Writing Wing": Characteristics of prolific contributors to the Higher Education literature. *The Journal of Higher Education*, 58(4), 443–462.
- Huutoniemi, K., Klein, J. T., Bruun, H. y Hukkinen, J. (2010). Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators. *Research Policy*, 39(1), 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.09.011>
- Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S. y Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a continuous graph layout algorithm for handy network visualization designed for the Gephi

- software. *Plos One*, 9(6), e98679-e98679.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098679>
- Jang, W., Kwon, H., Park, Y. y Lee, H. (2018). Predicting the degree of interdisciplinarity in academic fields: The case of nanotechnology. *Scientometrics*, 42(1p1), 329.
<https://doi.org/10.1007/s11192-018-2749-z>
- Jaramillo Salazar, H. (2009). La formación de posgrado en Colombia: maestrías y doctorados. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 5(13), 1–26.
- Jaramillo Salazar, H., Lopera, C. y Albán Conto, C. (2009). Carreras Académicas. Utilización del CV para la modelación de carreras académicas y científicas. *Serie Documentos. Borradores de Investigación*, (96).
- Karaulova, M., Shackleton, O., Gök, A., Kotsemir, M. N. y Shapira, P. (2014). *Nanotechnology Research and Innovation in Russia: A Bibliometric Analysis* (Working Paper, Project on Emerging Technologies, Trajectories and Implications of Next Generation Innovation Systems Development in China and Russia). Manchester.
- Katz, J. S. y 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)
- Kay, L. y Shapira, P. (2009). Developing nanotechnology in Latin America. *Journal of nanoparticle research : an interdisciplinary forum for nanoscale science and technology*, 11(2), 259–278. <https://doi.org/10.1007/s11051-008-9503-z>
- Kim, J. y Diesner, J. (2015). The effect of data pre-processing on understanding the evolution of collaboration networks. *Journal of Informetrics*, 9(1), 226–236.
- Kodama, F. (1992). Technology fusion and the new Research and Development. *Harvard Business Review*, 70(4), 70–78.
- Landry, R., Traore, N. y Godin, B. (1996). An econometric analysis of the effect of collaboration on academic research productivity. *Higher Education*, 32(3), 283–301.
<https://doi.org/10.1007/BF00138868>
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*. Barcelona: Gedisa.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1979). *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Universidad [1975].

- Lee, S. y Bozeman, B. (2005). The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science*, 35(5), 673–702. <https://doi.org/10.1177/0306312705052359>
- Leite, P., Mugnaini, R. y Leta, J. (2011). A new indicator for international visibility: Exploring Brazilian scientific community. *Scientometrics*, 88(1), 311–319. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0379-9>
- Leydesdorff, L., Carley, S. y Rafols, I. (2013). Global maps of science based on the new Web-of-Science categories. *Scientometrics*, 94(2), 589–593. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0784-8>
- Leydesdorff, L. y Rafols, I. (2009). A global map of science based on the ISI Subject Categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(2), 348–362. <https://doi.org/10.1002/asi>
- Leydesdorff, L. y Rafols, I. (2012). Interactive overlays: A new method for generating global journal maps from Web-of-Science data. *Journal of Informetrics*, 6(2), 318–332. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2011.11.003>
- Leydesdorff, L., Rotolo, D. y Rafols, I. (2012). Bibliometric perspectives on medical innovation using the medical subject Headings of PubMed. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(11), 2239–2253. <https://doi.org/10.1002/asi.22715>
- Long, J. S. y McGinnis, R. (1985). The effects of the mentor on the academic career. *Scientometrics*, 7(3-6), 255–280. <https://doi.org/10.1007/BF02017149>
- López-Illescas, C., Moya-Anegón, F. d. y Moed, H. F. (2008). Coverage and citation impact of oncological journals in the Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*, 2, 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.08.001>
- Luan, C. y Porter, A. L. (2016). Insight on the disciplinary structure of Nanoscience & Nanotechnology. *Journal of Data and Information Science*, 1(2), 1–19. <https://doi.org/10.20309/jdis.201600>
- Mangan, R. (2017). *[Web of Science: Manual de uso]*: Claryvate Analytics.
- Merton, R. K. (1957). Priorities in scientific discovery: A chapter in the Sociology of Science. *American Sociology Review*, 22(6), 635–659.
- Merton, R. K. (1968a). *Social theory and social structure*. New York: Free Press.

- Merton, R. K. (1968b). The Matthew Effect in science. The reward and communication systems of science are considered. *Science*, (159), 56–63.
- Miguel, S., González, C. y Chinchilla-Rodríguez, Z. (2015). Lo local y lo global en la producción científica argentina con visibilidad en Scopus, 2008-2012. Dimensiones nacionales e internacionales de la investigación. *Información, cultura y sociedad*, (32), 59–78.
- Milojević, S. (2012). How are academic age, productivity and collaboration related to citing behavior of researchers? *Plos One*, 7(11), e49176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049176>
- Molina González, J. L. (2001). *El análisis de redes sociales: una introducción*. Barcelona: Bellaterra.
- Mombrú, Á. W. (2012). Un nuevo centro interdisciplinario en nanotecnología en Uruguay. *Revista Digital Universitaria*, 13(5), 1–11.
- Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 404–409. <https://doi.org/10.1073/pnas.021544898>
- Newman, M. E. J. (2004a). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(1), 5200–5205. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307545100>
- Newman, M. E. J. (2004b). Who is the best connected scientist?: A study of scientific coauthorship networks. En *Lecture Notes in Physics: Vol. 650. Complex Networks* (pp. 337–370). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.64.016132>
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: An introduction*. New York: Oxford University Press.
- Nissani, M. (1997). Ten cheers for interdisciplinarity: The case for interdisciplinary knowledge and research. *The Social Science Journal*, 34(2), 201–216. [https://doi.org/10.1016/S0362-3319\(97\)90051-3](https://doi.org/10.1016/S0362-3319(97)90051-3)
- OCDE. (1995). *The measurement of scientific and technological activities: manual on the measurement of human resources devoted to S&T*. París.
- OCDE. (2006). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (3ra). Madrid: TRAGSA.

- OCDE. (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. The measurement of scientific, technological and innovation activities*. París: OECD Publishing.
- Oliveira, E. F. T. d. y Grácio, M. C. C. (2013). Studies of Author Cocitation Analysis: A approach for Domain Analysis. *IRIS: Informação, Memória e Tecnologia*, 2(1), 12–23.
- Parker, J. N., Allesina, S. y Lortie, C. J. (2012). Characterizing a scientific elite (B): publication and citation patterns of the most highly cited scientists in environmental science and ecology. *Scientometrics*, 94(2), 469–480. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0859-6>
- Parker, J. N., Lortie, C. y Allesina, S. (2010). Characterizing a scientific elite: the social characteristics of the most highly cited scientists in environmental science and ecology. *Scientometrics*, 85(1), 129–143. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0234-4>
- Picco, P., Aguirre-Ligüera, N., Maldini, J., Simón, L., Petroccelli, P., Fontans, E., ... Ceretta, M. G. (2014). La comunicación científica en Uruguay: estudio de las publicaciones de los investigadores activos del Sistema Nacional de Investigadores (2009-2010). *Transinformação*, 26(2), 155–165.
- Porter, A. L. y Youtie, J. (2009). How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of nanoparticle research : an interdisciplinary forum for nanoscale science and technology*, 11(5), 1023–1041. <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9607-0>
- Price, D. J. d. S. (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press.
- Price, D. J. d. S. (1965). Networks of Scientific Papers. *Science*, 149(3683), 510–515.
- Pudovkin, A. I. y Garfield, E. (2002). Algorithmic procedure for finding semantically related journals. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(13), 1113–1119. <https://doi.org/10.1002/asi.10153>
- Rafols, I., Leydesdorff, L., O'Hare, A., Nightingale, P. y Stirling, A. (2012). How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management. *Research Policy*, 41(7), 1262–1282. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.015>

- Rafols, I., Porter, A. L. y Leydesdorff, L. (2010). Science overlay maps: A new tool for research policy and library management. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 61(9), 1871–1887. <https://doi.org/10.1002/asi>
- Rey-Rocha, J., Martín-Sampere, M. J. y Sebastián, J. (2008). Estructura y dinámica de los grupos de investigación. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 184(732), 743–757.
- RICYT. (2009). *Hacia el Manual de Buenos Aires. Indicadores de Carreras de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología en Iberoamérica. Informe técnico de la I Reunión y el I Taller Iberoamericanos en la temática desarrollados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, abril d.* Buenos Aires.
- Russo, G. (2011). Graduate students: Aspirations and anxieties. *Nature*, 475(7357), 533–535. <https://doi.org/10.1038/nj7357-533a>
- Sabatier, M. y Chollet, B. (2017). Is there a first mover advantage in science?: Pioneering behavior and scientific production in nanotechnology. *Research Policy*, 46(2), 522–533. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.003>
- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología: Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3-4), 842–865.
- Sandström, U. (2009). Combining curriculum vitae and bibliometric analysis: Mobility, gender and research performance. *Research Evaluation*, 18(2), 135–142.
- Sanz-Casado, E., García-Zorita, C., Serrano-López, A., Filippo, D. de y Vanti, N. (2016). Desarrollo de indicadores para los nuevos hábitos de información y comunicación científica. *Educación Médica*, 17(Supl. 2), 45–50.
- Sanz-Menéndez, L. (2004). *Evaluación de la investigación y sistema de ciencia*. Madrid.
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P. y Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires: CLACSO.
- Schummer, J. (2004). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 59(3), 425–465. https://doi.org/10.1023/B_SCIE_0000018542_71314_38

- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature*, 163(4148), 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sinatra, R., Wang, D., Deville, P., Song, C. y Barabási, A.-L. (2016). Quantifying patterns of individual scientific impact. *Science*, 354(6312), 596–604. <https://doi.org/10.1126/science.aaf5239>
- Smiraglia, R. P. (2014). *The Elements of Knowledge Organization*. New York: Springer.
- Smiraglia, R. P. y Lee, H. L. (Eds.). (2012). *Cultural Frames of Knowledge*. Würzburg: Ergon-Verlag.
- Spinak, E. (1998). Indicadores cuantitativos. *Ciência da Informação*, 27(2), 141–148.
- Stirling, A. (2007). A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society, Interface*, 4(15), 707–719. <https://doi.org/10.1098/rsif.2007.0213>
- Suarez Estrada, M. y Dutrenit Bielous, G. (2015). The role of policy incentives in the reproduction of asymmetries within nanotechnology knowledge networks. *Science and Public Policy*, 42(1), 59–71. <https://doi.org/10.1093/scipol/scu005>
- Sugimoto, C. R., Ni, C., Russell, T. G. y Bychowski, B. (2011). Academic genealogy as an indicator of interdisciplinarity. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(9), 1808–1828. <https://doi.org/10.1002/asi.21568>
- Sugimoto, C. R. y Weingart, S. (2015). The kaleidoscope of disciplinarity. *Journal of Documentation*, 71(4), 775–794. <https://doi.org/10.1108/JD-06-2014-0082>
- Tang, L. y Shapira, P. (2011). China–US scientific collaboration in nanotechnology: Patterns and dynamics. *Scientometrics*, 88(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0376-z>
- Todeschini, R. y Baccini, A. (2016). *Handbook of Bibliometric Indicators: Quantitative Tools for Studying and Evaluating Research* (1. Auflage). Wiley online library. Weinheim: Wiley-VCH.
- Torres-Salinas, D., Bordons, M., Giménez-Toledo, E., López-Cózar, E. D., Jiménez-Contreras, E. y Sanz-Casado, E. (2010). Clasificación integrada de revistas científicas (CIRC): propuesta de categorización de las revistas en ciencias sociales y humanas. *El*

- Profesional de la Información*, 19(6), 675–684.
<https://doi.org/10.3145/epi.2010.nov.15>
- Universidad de la República - Espacio Interdisciplinario. (2014). *Informe final de la Comisión de Seguimiento de los Centros Interdisciplinarios del Espacio Interdisciplinario. 29 de setiembre de 2014*. Montevideo.
- Uruguay. Ministerio de Educación y Cultura. Dirección de Educación. Área de Investigación y Estadística. (2017). *Anuario Estadístico de Educación 2016*. Montevideo.
- van Eck, N. J. y Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
<https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vargas-Quesada, B., Minguillo, D., Chinchilla-Rodríguez, Z. y Moya-Anegón, F. d. (2010). Estructura de la colaboración científica española en Biblioteconomía y Documentación (Scopus 1999-2007). *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 33(1), 105–123.
- Vargas-Quesada, B. y Moya-Anegón, F. d. (2007). *Visualizing the structure of science*. Berlin: Springer.
- Verborgh, R. y Wilde, M. D. (2013). *Using OpenRefine: The essential OpenRefine guide that takes you from data analysis and error fixing to linking your dataset to the Web*. Birmingham, England: Packt Publishing.
- Wang, Q. y Waltman, L. (2016). Large-scale analysis of the accuracy of the journal classification systems of Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*, 10(2), 347–364. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.003>
- Wang, W., Yu, S., Bekele, T. M., Kong, X. y Xia, F. (2017). Scientific collaboration patterns vary with scholars' academic ages. *Scientometrics*, 68(6), 756.
<https://doi.org/10.1007/s11192-017-2388-9>
- Wasserman, S. y Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ye, Q., Li, T. y Law, R. (2011). A coauthorship Network Analysis of Tourism and Hospitality Research collaboration. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 37(1), 51–76. <https://doi.org/10.1177/1096348011425500>

- Yegros-Yegros, A., Rafols, I. y D'Este, P. (2015). Does interdisciplinary research lead to higher citation impact?: The different effect of proximal and distal interdisciplinarity. *Plos One*, 10(8), e0135095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135095>
- Zhang, L., Rousseau, R. y Glänzel, W. (2016). Diversity of references as an indicator of the interdisciplinarity of journals: Taking similarity between subject fields into account. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(5), 1257–1265. <https://doi.org/10.1002/asi.23487>
- Zucker, L. G., Darby, M. R. y Armstrong, J. (1998). Geographically localized knowledge: spillovers or markets ? *Economic Inquiry*, 36(1), 65–86.
- Zuckerman, H. y Merton, R. K. (1971). Patterns of evaluation in science: institutionalisation, structure and functions of the referee system. *Minerva*, 9(1), 66–100.
- Zulueta, M.-Á., Cabrero, A. y Bordons, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica*, 23(3), 333–347. <https://doi.org/10.3989/redc.1999.v22.i3.341>