

Análisis de la producción y colaboración científica de Instituciones: el caso del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Alejandro Arnulfo Ruiz León¹

Instituto de Investigaciones en Matemáticas aplicadas y en Sistemas-UNAM

RESUMEN

En este trabajo se presenta un perfil bibliométrico del área ciencias de la computación (CS por sus siglas en inglés *Computer Science*) del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas a partir su producción científica indizada en la Web of Science (WoS), de 1980 al 2016¹. El perfil incluye total de documentos, total de citas, revistas de mayor número de documentos publicados, documentos con mayor número de citas, factor de impacto, redes bibliométricas considerando instituciones, coautores y categorías WoS. Usando el sistema de clasificación de la WoS se observó, entre otros aspectos, que *Artificial Intelligence* es la categoría en que fueron clasificados un mayor número de documentos, mientras que la categoría *Theory & Methods* fue la que obtuvo mayor número de citas por documento. Del total de 1373 documentos considerados, 30 por ciento fueron resultado de colaboración internacional.

Palabras clave: *Ciencias de la computación – Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas – Perfil bibliométrico - Redes bibliométricas.*

ABSTRACT

A bibliometric profile of scientific production on Computer Science (CS) of the Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) is presented using information of Web of Science database (WoS), covering the span 1980 to 2016. The profile includes total publication, total cites, journals by publication frequency, highly cited documents, impact factor, as well as bibliometric networks considering institutions, coauthors, and WoS categories. Using the Web of Science classification allowed to see that *Artificial Intelligence* was the category with higher frequency, while *Theory & Methods* had more cites per document. From the 1373 documents included in this analysis, 30 percent were the result of international collaboration.

Key words: *Computer science – Applied Mathematics and Systems Research Institute – Bibliometric networks – Bibliometric profile.*

¹Contacto con el autor: Alejandro Arnulfo Ruiz León (rarnulfo@unam.mx).

¹ Cifras a julio de 2016.

INTRODUCCIÓN

Para estudiar el desarrollo de la ciencia se ha hecho uso de diferentes técnicas y métodos como son indicadores bibliométricos, el análisis de conglomerados y análisis multivariado, entre otros. Estas técnicas y métodos que están orientados a reducir sesgos en el estudio de los eventos o procesos estudiados, y en su caso también permiten hacer análisis longitudinal, el escalamiento de un nivel micro a un nivel macro y el manejo de diferentes niveles de precisión, todo ello con el objetivo de capturar los aspectos cognitivos y sociales relevantes (Small, 2005).

Estas aproximaciones han llevado a generar explicaciones de las dinámicas observadas a partir de las diferentes relaciones que se establecen entre regiones geográficas, países, instituciones, grupos de investigadores, y temáticas entre otras (Kleiche-Dray & Villavicencio, 2014) (Russell, Madera Jaramillo & Ainsworth, 2009). Para ello se han conjugado diversas metodologías provenientes de la minería de datos, de la bibliometría, del análisis de redes sociales, de la estadística y de la matemática, entre otras áreas. En particular la conjunción de análisis de redes sociales y la bibliometría ha dado lugar a las llamadas redes bibliométricas, en las que los nodos representan documentos, revistas, autores, palabras clave, disciplinas. Los lazos indican la relación entre los nodos, ya sea de coautoría, de citación, de co-ocurrencia o de co-clasificación (Nees Jan van Eck & Ludo Waltman, 2014).

En su trabajo Uddin, Singh, Pinto, & Olmos (2015) hacen una revisión de trabajos relacionados con el estudio del campo ciencias de la computación en México (CS por sus siglas en inglés Computer Science). Dichos estudios han sido análisis cientiométricos generalizados sobre un individuo o un conjunto de individuos, instituciones o países, que se centran en algún aspecto particular. O bien son análisis comparativos del desempeño de la producción de países o instituciones usando diferentes indicadores cientiométricos. Dichos trabajos se han enfocado en estudiar métricas de colaboración, identificación de dominios, patrones de colaboración y comportamiento así como su impacto en la actividad científica.

Este trabajo tiene por objetivo, por un lado resaltar la conjunción de la bibliometría y el análisis de redes y, por otro, proponer una forma de hacer un perfil de carácter institucional que incluya un análisis relacional a nivel de instituciones y de individuos que asimismo incluya temáticas. Por lo que además del cálculo de indicadores bibliométricos se incluyen redes bibliométricas sobre colaboración

a nivel institucional e individual considerando temáticas, así como una red de coclasificación temática.

Con tal propósito se tomó en cuenta la producción científica del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), en el periodo 1981-2016 que fue indizada en la Web of Science (WoS). En particular se consideró la producción en el campo CS de WoS. Se construyeron indicadores sobre total de documentos (TD) por cada campo temático para México y para el IIMAS. En el caso de las categorías para el campo CS, también se calculó el total de citas (TC)² con lo que se construyó el indicador de citas por documento (TC/TD). Se identificaron las revistas donde se publicó el mayor número de documentos. Se consideraron los trabajos con mayor número de citas. Se construyó una red de colaboración interinstitucional considerando tanto instituciones nacionales como extranjeras. Se calculó la colaboración a nivel país por cada categoría del campo CS. Se analizó la evolución temática de CS. Se identificó a los autores con mayor número de documentos y se analizó la evolución de la colaboración en dicho campo temático.

El IIMAS y ciencias de la computación

Como se especifica en su sitio web (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2016) "El Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) tiene como misión garantizar la existencia de grupos de investigación en matemáticas aplicadas, ciencia e ingeniería de la computación y los sistemas, para lograr que estas disciplinas se mantengan actualizadas y se enriquezcan, contribuyendo de esta manera al conocimiento universal de las mismas".

Los orígenes del IIMAS datan de 1958, año en que se fundó el entonces llamado Centro de Cálculo Electrónico (CCE), en donde se instaló la primera computadora del país, una IBM-650. Dicho proyecto fue impulsado por el entonces Rector, el Dr. Nabor Carrillo Flores, el Coordinador de la Investigación Científica, el Dr. Alberto Barajas Celis y el Director de la Facultad de Ciencias, el Dr. Carlos Graef Fernández.

Hacia 1961 el CCE realiza una serie de trabajos para diferentes dependencias de la UNAM entre los que figuraron los institutos de: Física, Geofísica, Ingeniería, Historia, Biología. En ese

² Solo se consideraron citas en WoS Core Collection.

tiempo también se trabaja con otras instituciones como Petróleos Mexicanos, la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Nacional Financiera (Fernández, 2000).

A inicios de la década de los años 1970 las actividades del CCE se fusionaron con las de la Dirección General de sistematización de Datos conjugando servicios de cómputo para áreas académicas y administrativas, lo que dio lugar a que en el año de 1970, el CCE se transformara en Centro de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas, Sistemas y Servicios (CIMASS). Tres años después se vuelven a separar las áreas académicas y administrativas y se crean dos centros: el Centro de Servicios de Cómputo y el Centro de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (CIMAS).

En marzo de 1975 se creó la Maestría en Ciencias de la Computación, cuya coordinación y organización académica fueron confiadas al CIMAS. Actualmente el IIMAS es entidad cede y partícipe en cuatro posgrados de la UNAM: en Ciencias Matemáticas, en la Especialidad en Estadística Aplicada, en Ciencias e Ingeniería de la Computación y en Ciencias de la Tierra e Ingeniería (UNAM, 2015).

El 10 de marzo de 1976 el Dr. Tomás Garza Hernández fue designado Director del entonces recién transformado Centro en Instituto (IIMAS), resultado de la sesión extraordinaria del Consejo Universitario celebrada dicha fecha.

Actualmente el IIMAS está conformado por seis departamentos y agrupados en dos áreas: Matemáticas aplicadas y sistemas, y Ciencia e Ingeniería de la computación. Los departamentos son: Física Matemática; Matemática y Mecánica; Modelación Matemática de Sistemas Sociales; Probabilidad y Estadística; Ciencias de la Computación e Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización (UNAM, 2016).

Las áreas de Investigación del Departamento de Ciencias de la Computación son: Procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, diseño y construcción de robots de servicio, sistemas auto-organizantes, ciencia cognitiva, verificación de modelos, diseño combinatorio y audición robótica. Las áreas de investigación del Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización referentes a la sección en Ingeniería de Sistemas Computacionales son: algoritmos bioinspirados en bioinformática, computación evolutiva, control sobre redes de cómputo, detección y localización de fallas, Imagenología ultrasónica, optimización global y local (modelación de yacimientos), procesamiento de señales e imágenes en tiempo real. Las referentes a la

sección en Electrónica y Automatización son: automatización de procesos, comunicaciones digitales, comunicaciones móviles, instrumentación electrónica, robots móviles, sistemas de control supervisorio y adquisición de datos, visión robótica en manufactura (UNAM, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

La información sobre producción científica del IIMAS se obtuvo de la base de datos Web of Science Core Collection, con la que se construyó una base de datos de referencias bibliográficas del año 1980 a julio de 2016. Esto mediante una consulta en que se definió el valor del campo país igual a México. A partir del campo "dirección" se hizo la identificación de la producción de los autores adscritos al IIMAS en el periodo antes señalado. Para el análisis de las disciplinas científicas se usó la clasificación por campos y categorías de la WoS. En este caso se consideró el campo Ciencia de la Computación y las categorías que lo integran³.

En el estudio se incluyeron los siguientes indicadores: total de documentos por campo y categoría, el total de citas por campo y categoría, revistas de publicación, factor de impacto, trabajos más citados y autores con más documentos publicados. Además, se incluye un análisis de colaboraciones interinstitucionales, análisis de la evolución temática y de la evolución de la colaboración a nivel de individuos. Se usó Pajek para el análisis y visualización de las redes (De Nooy, Mrvar, & Batagelj, 2005).

La red de colaboración se hizo a partir de redes de coautoría a nivel de instituciones en que se definieron tres tipos de colaboración: con entidades de la UNAM, con instituciones mexicanas y con instituciones extranjeras. La estructura de la red se definió aplicando equivalencia estructural (Fruchterman & Reingold, 1991).

El análisis de la evolución temática se hizo mediante mapas semánticos longitudinales a partir de la co-clasificación de los documentos en las diferentes categorías WoS del campo ciencias de la computación (Leydesdorff, Schank, Scharnhorst & De Nooy, 2008) (Snijders, 2012) (Osinska & Bala, 2015). La

³ <http://ips-science-help.thomsonreuters.com/incites/Live/ESIGroup/overviewESI/scopeCoverageESI/esiScopeNotes.html>

estructura de las redes se definió aplicando la metodología visualización de semejanzas (VOS por sus siglas en Inglés Visualiztion of Similarities) (Van Eck & Waltman, 2010).

En el caso de la evolución de la colaboración se usaron redes de coautoría en que los vínculos se definieron de acuerdo a las diferentes categorías ya definidas. La estructura de la red se definió aplicando el algoritmo Kamada-Kawai (Kamada & Kawai, 1989).

RESULTADOS

Dentro del periodo analizado se identificaron 236,912 registros de la producción a nivel

México. En la Tabla 1 se muestra la distribución por cada uno de los campos WoS. A nivel México (Tabla1(a)) el primer lugar lo ocupa *Clinical Medicine* con un total de 53,942 documentos. Computer Science (CS) ocupa el lugar 14 con un total de 11,655. En el mismo periodo se identificaron 1373 documentos publicados por autores afiliados al IIMAS (Tabla 1(b)) y el campo Computer Science ocupa el cuarto lugar. Sin embargo, en el caso de los campos Engineering y Mathematics se identificaron 217 documentos clasificados en la categoría Applied Mathematics, misma que está clasificada en ambos campos, con lo que podría considerarse, en el caso del IIMAS, que el campo Physics es el que tiene mayor producción.

Tabla 1

Distribución de la producción por campos en la WoS, durante el periodo 1980-2016 en todo México (a), en el IIMAS (b)

(a)		(b)	
Campo WoS	Total	Campo WoS	Total
Clinical medicine	53,942	Engineering	654
Engineering	49,022	Mathematics	541
Physics	32,273	Physics	380
Plant & Animal Science	31,116	Computer Science	278
Chemistry	30,427	Clinical medicine	128
Biology & Biochemistry	24,559	Biology & Biochemistry	70
Social Sciences	17,841	Social Sciences	64
Agricultural Sciences	15,102	Chemistry	56
Environment/Ecology	15,002	Geosciences	54
Geosciences	14,890	Environment/Ecology	45
Molecular Biology & Genetics	14,765	Materials Science	42
Materials Science	12,996	Plant & Animal Science	36
Mathematics	11,927	Molecular Biology & Genetics	31
Computer Science	11,655	Multidisciplinary	24
Space Science	9,736	Psychiatry/Psychology	23
Pharmacology & Toxicology	8,366	Neuroscience & Behavior	21
Neuroscience & Behavior	8,136	Economics & Business	16
Microbiology	7,351	Agricultural Sciences	14
Psychiatry/Psychology	6,650	Space Science	14
Immunology	5,219	Microbiology	9
Economics & Business	3,402	Pharmacology & Toxicology	7
Multidisciplinary	2,776	Immunology	4
Arts & Humanities	1,805	Arts & Humanities	2

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, Julio 2016

Al considerar el nivel de categorías se observó que la producción del IIMAS sigue la tendencia nacional ya que las cuatro categorías con mayor

producción en el campo de CS del IIMAS son las mismas de mayor producción a nivel nacional (Tabla 2).

Tabla 2

Distribución de la producción en el campo CS por categoría en el periodo 1980-2016 en todo México (a), en el IIMAS (b).

(a)		(b)	
Categoría WoS	Total	Categoría WoS	Total
Artificial Intelligence	4,656	Artificial Intelligence	96
Theory & Methods	3,356	Theory & Methods	78
Interdisciplinary Applications	2,236	Interdisciplinary Applications	47
Information Systems	1,919	Information Systems	40
Telecommunications	1,348	Software Engineering	34
Software Engineering	891	Mathematical & Computational Biology	34
Imaging Science & Photographic Technology	807	Imaging Science & Photographic Technology	19
Hardware & Architecture	711	Cybernetics	13
Mathematical & Computational Biology	690	Hardware & Architecture	10
Cybernetics	532	Telecommunications	10
Logic	82	Logic	1

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, Julio 2016.

Citas por documento por categoría

Al considerar las citas por cada una de las categorías de CS se observó que a nivel nacional es *Mathematical & Computational Biology* la categoría con mayor número de citas por documento. En el caso del IIMAS es *Theory*

& *Methods* que con casi 14 citas por documento fue la categoría con mayor número de citas, en segundo lugar se ubica *Telecommunications* con 12.5 citas por documento, misma categoría que a nivel nacional ocupa el último lugar con 2.249 citas por documento (Tabla 3).

Tabla 3

Citas por documento por categorías de CS en el periodo 1980-2016, en todo México (a), en el IIMAS (b)*

(a)				(b)			
Categoría WoS	TC	TD	TC/TD	Categoría WoS	TC	TD	TC/TD
Mathematical & Computational Biology	5,937	690	8.604	Theory & Methods	1,089	78	13.962
Interdisciplinary Applications	11,357	2,236	5.079	Telecommunications	125	10	12.500
Imaging Science & Photographic Technology	3,486	807	4.320	Interdisciplinary Applications	528	47	11.234
Logic	303	82	3.695	Mathematical & Computational Biology	256	34	7.529
Hardware & Architecture	2,591	711	3.644	Artificial Intelligence	590	96	6.146
Artificial Intelligence	16,817	4,656	3.612	Cybernetics	61	13	4.692
Software Engineering	3,067	891	3.442	Imaging Science & Photographic Technology	78	19	4.105
Theory & Methods	9,938	3,356	2.961	Information Systems	157	40	3.925
Information Systems	5,186	1,919	2.702	Software Engineering	131	34	3.853
Cybernetics	1,298	532	2.440	Hardware & Architecture	13	10	1.300
Telecommunications	3,032	1,348	2.249	Logic	0	1	0.000

*TC-total de citas, TD-total de documentos.

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

Revistas de publicación

La producción científica en el campo CS del IIMAS se publicó en 178 revistas indizadas en la WoS. En la Tabla 4 se muestran los títulos de revistas en que se publicaron más de cuatro documentos, así como el factor de impacto (FI)

del Journal Citation Report del 2015 (JCR 2015) y el país de origen de la revista. En el periodo de estudio se publicó solo un artículo en 46 del total de revistas, lo que representa el 26%. Como se puede observar en la tabla hay diez artículos publicados en la revista PATTERN RECOGNITION.

Tabla 4

*Distribución de la producción por revistas y factor de impacto (FI) en el campo CS del IIMAS durante el periodo 1980-2016**

Revista	Número de documentos	Factor de Impacto (FI) 2015	País de origen de la revista
PATTERN RECOGNITION	10	3.399	INGLATERRA
IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS	8	0.436	ESTADOS UNIDOS
INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS COMMUNICATIONS & CONTROL	7	0.627	RUMANIA
KYBERNETIKA	6	0.619	REPÚBLICA CHECA
COMPUTERS & MATHEMATICS WITH APPLICATIONS	6	1.398	ENGLAND
COMPUTATIONAL STATISTICS & DATA ANALYSIS	5	1.179	NETHERLANDS
INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE COMPUTING INFORMATION AND CONTROL	5	1.667	JAPÓN
MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING	4	1.366	INGLATERRA
JOURNAL OF PARALLEL AND DISTRIBUTED COMPUTING	4	1.320	ESTADOS UNIDOS
IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS	4	2.661	ESTADOS UNIDOS
BIOMETRIKA	4	1.130	INGLATERRA
ARTIFICIAL LIFE	4	1.042	ESTADOS UNIDOS
INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING	4	1.640	INGLATERRA

*4 o más documentos.

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016

Trabajos más citados

Se identificaron los 16 trabajos más citados (Tabla 5). El trabajo más citado se publicó en la revista IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND

DISTRIBUTED SYSTEMS, en 2002, y tiene acumuladas 330 citas. Los siguientes dos trabajos más citados también se publicaron en dicha revista. El cuarto documento se publicó en la revista MEDICAL IMAGE ANALYSIS.

Tabla 5

Los 16 artículos más citados por autores con afiliación al IIMAS en el periodo 1980-2016

Título	Revista	Año	Total de Citas	Factor de Impacto FI 2015	País
Dominating sets and neighbor elimination-based broadcasting algorithms in wireless networks	IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS	2002	330	2.661	ESTADOS UNIDOS
Power-aware localized routing in wireless networks	IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS	2001	264	2.661	ESTADOS UNIDOS
Loop-free hybrid single-path/flooding routing algorithms with guaranteed delivery for wireless networks	IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS	2001	160	2.661	ESTADOS UNIDOS
Segmentation of blood vessels from red-free and fluorescein retinal images	MEDICAL IMAGE ANALYSIS	2007	127	4.565	HOLANDA
The optimal geometry of Lennard-Jones clusters: 148-309	COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS	1999	79	3.635	HOLANDA
Multiphase equilibria calculation by direct minimization of Gibbs free energy with a global optimization method	COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING	2002	74	2.581	ESTADOS UNIDOS
A new chain code	PATTERN RECOGNITION	1999	64	3.399	INGLATERRA
A robust Graph Transformation Matching for non-rigid registration	IMAGE AND VISION COMPUTING	2009	52	1.766	HOLANDA
Modelling the dynamics of West Nile Virus	BULLETIN OF MATHEMATICAL BIOLOGY	2005	52	1.326	ESTADOS UNIDOS
An easy measure of compactness for 2D and 3D shapes	PATTERN RECOGNITION	2008	48	3.399	INGLATERRA
Identifying the structure of nonlinear dynamic systems using multiobjective genetic programming	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART A-SYSTEMS AND HUMANS	2004	46	1.598	ESTADOS UNIDOS
On calculating power-aware connected dominating sets for efficient routing in ad hoc wireless networks	JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS	2002	46	0.92	COREA DEL SUR
Connectivity based k-hop clustering in wireless networks	TELECOMMUNICATION SYSTEMS	2003	46	0.822	HOLANDA
Bayesian nonparametric estimation of the probability of discovering new species	BIOMETRIKA	2007	45	0.619	REPÚBLICA CHECA
Measuring 2-D shape compactness using the contact perimeter	COMPUTERS & MATHEMATICS WITH APPLICATIONS	1997	41	1.398	INGLATERRA
A chain code for representing 3D curves	PATTERN RECOGNITION	2000	41	3.399	INGLATERRA

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, Julio 2016

Colaboraciones interinstitucionales nacionales e internacionales

La colaboración en el campo de CS a nivel internacional se realizó con 23 países, con 82 documentos; ésta representó el 30% del total. El país con que se tuvo el mayor número de colaboraciones fue Canadá con un total de 18, en segundo lugar, Estados Unidos con 15 y en tercer lugar, Inglaterra con 13. El IIMAS colaboró con 72 instituciones extranjeras representadas por los nodos color azul ubicados en la parte exterior de la Figura 1. Con un total de 16 publicaciones la Universidad de Ottawa fue la institución extranjera con la que el IIMAS colaboró más. En la parte central de la red se encuentra el IIMAS (nodo color naranja), y

hacia el exterior en un primer nivel se ubican otras 20 entidades de la UNAM (nodos color amarillo), en segundo nivel se ubican 22 instituciones mexicanas (nodos color verde). Con un total de 14 publicaciones el Centro de Ciencias de la Complejidad fue la entidad de la UNAM con la que el IIMAS colaboró más, y a nivel nacional fue el CINVSTAV con un total de 10 publicaciones. En la Figura 1, a excepción del IIMAS, el diámetro de los nodos se determinó en función del total de documentos en coautoría. Los colores de los vínculos se determinaron en función de la categoría en que fueron clasificados los documentos, así puede observarse que el mayor número de vínculos son de color cyan y corresponde a *Theory & Methods*.

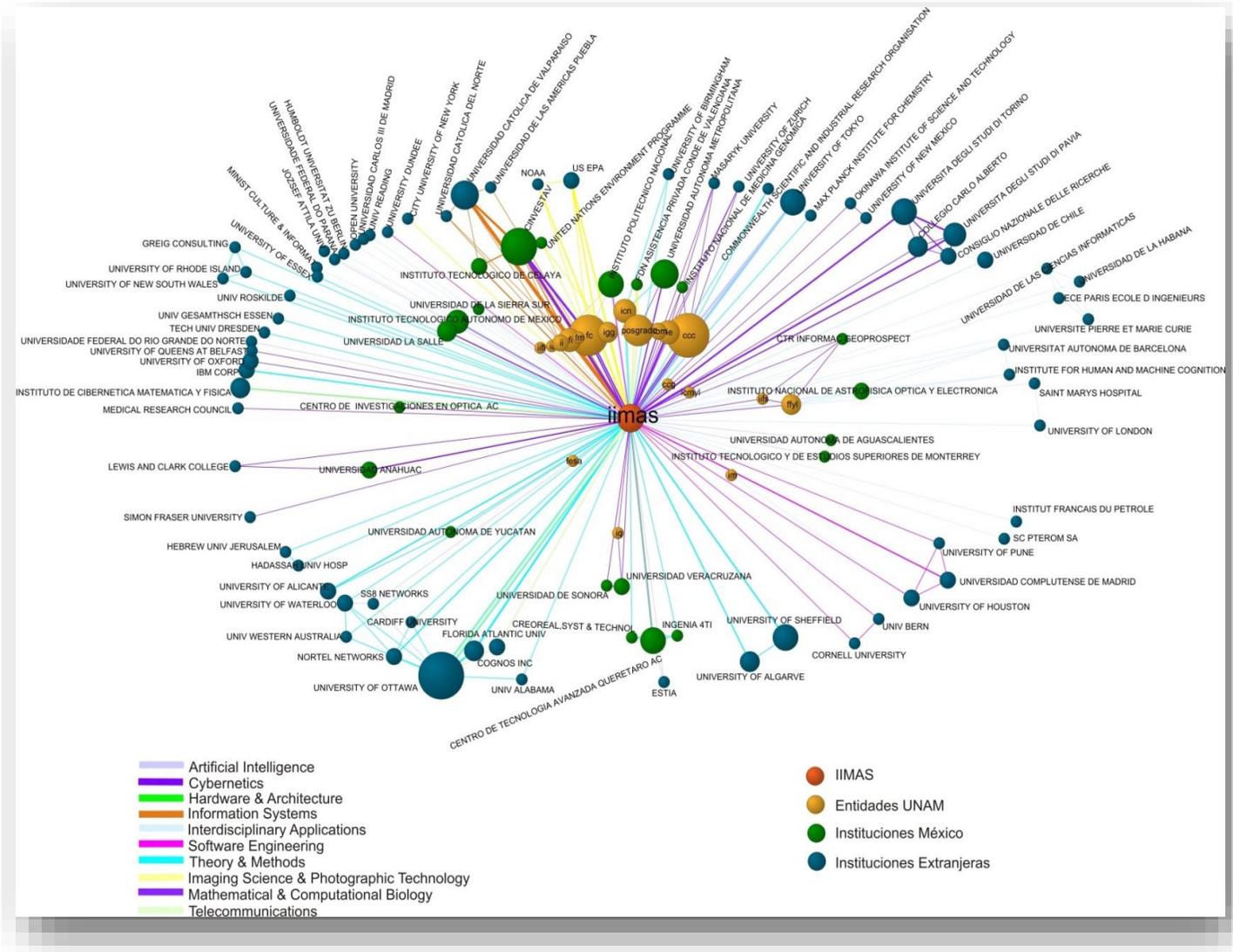


Figura 1. Red de colaboración de Instituciones del IIMAS en el periodo 1981-2016

En la Tabla 6 se muestra la distribución de la producción en CS por país y categorías. En ella se puede observar que instituciones ubicadas en Canadá fueron con las que el

IIMAS colaboró más. Esto en la categoría *Theory & Methods*, misma categoría que recibió el mayor número de citas por documento.

Tabla 6

Distribución de la producción del IIMAS por país y categoría en CS en el periodo 1981 y 2016

	Artificial Intelligence	Cybernetics	Hardware Architecture	Information Systems	Interdisciplinary Applications	Software Engineering	Theory & Methods	Imaging Science & Photographic Technology	Logic	Mathematical & Computational Biology	Telecommunications
Alemania	1				1		3				
Australia	1						3				
Brasil	2										
Canada	1		1	4			10			1	6
Chile				6	2						
Cuba			1		1		2	1			
Dinamarca							1				
Escocia					1	1					
España	2				4	4	2				
Estados Unidos		1		2	4	2	4	3		1	2
Francia	1				2						
Gales							1				
Hungría					1						
India					1	1					
Inglaterra	4	1		1	3	1	5				2
Irlanda del Norte											1
Israel					1		1				
Italia	1				2					3	
Japon	5						1			1	
Mexico	96	13	10	40	47	34	78	19	1	34	10
Portugal	1	1	1				2				
Republica Checa											1
Rumania					1						
Suiza					1	1				1	

Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, Febrero 2014.

Estructura temática con base en categorías WoS en CS

Se consideraron cuatro periodos. El primero de 1980 a 1989, el segundo de 1990 a 1998, el tercero de 1999 a 2007 y el cuarto de 2008 a 2016. Con base en el estudio de la centralidad en cada uno de estos periodos se observó que *Theory & Methods* es la categoría central en la estructura científica en el campo CS del IIMAS, como se puede observar en la Figura 2. En la Figura 3 se muestra la estructura considerando el total de artículos por categoría (diámetro de los nodos) y el número artículos co-clasificados (vínculos entre los nodos).

Temáticamente, hacia el interior de IIMAS, en la Figura 2 se puede observar un incremento en el número de documentos clasificados en más de una categoría. En el primer periodo dicho número tiene un valor de cero, en el segundo representa el 27.27% del total, en el tercero el 46.99 % y en el último el 40.96%.

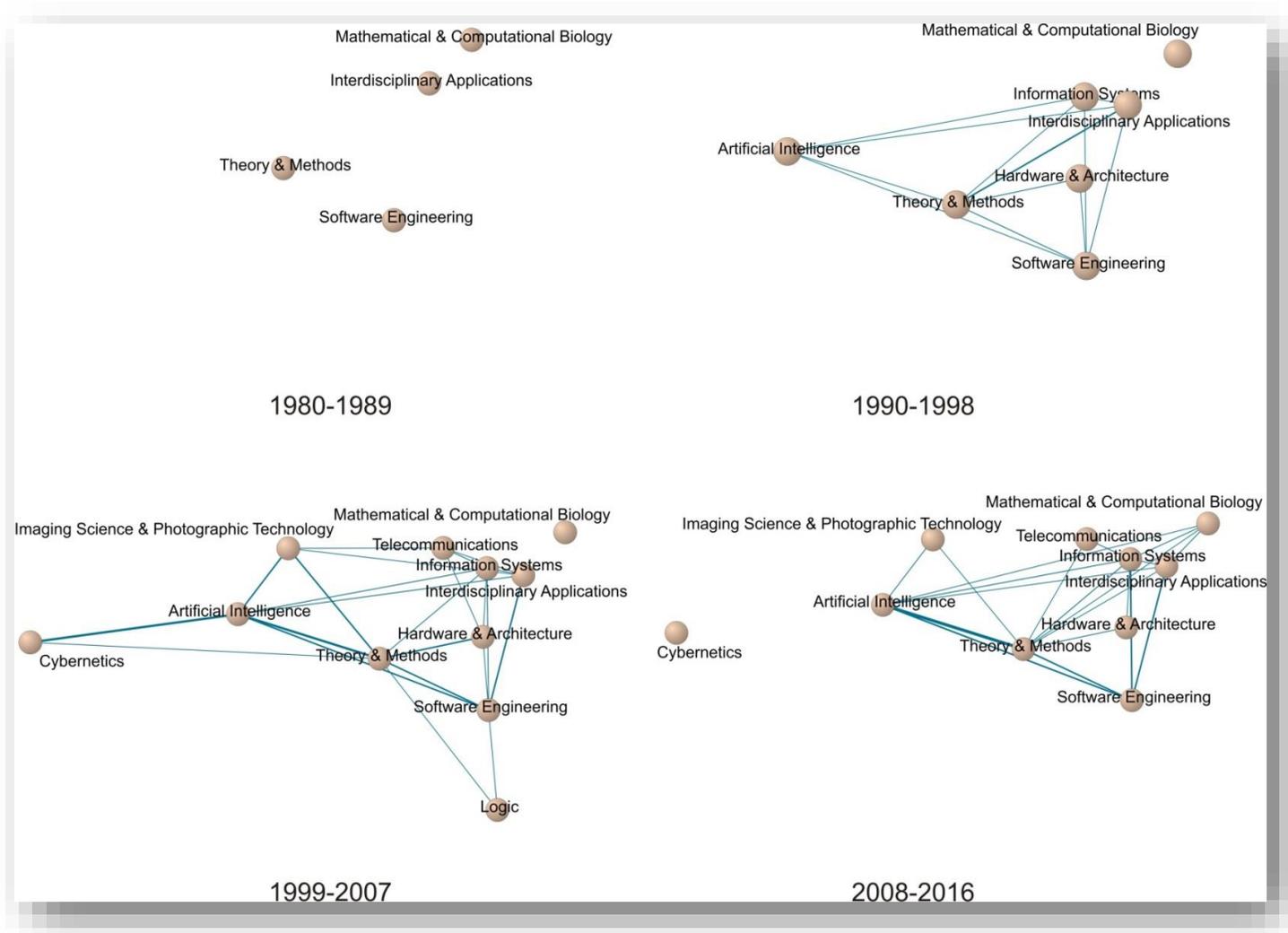


Figura 2. Estructura científica en CS, IIMAS
 Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

El actual director del IIMAS manifestó su conformidad en que la estructura de red de las temáticas desarrolladas en CS refleja

efectivamente el trabajo realizado en dicha disciplina.

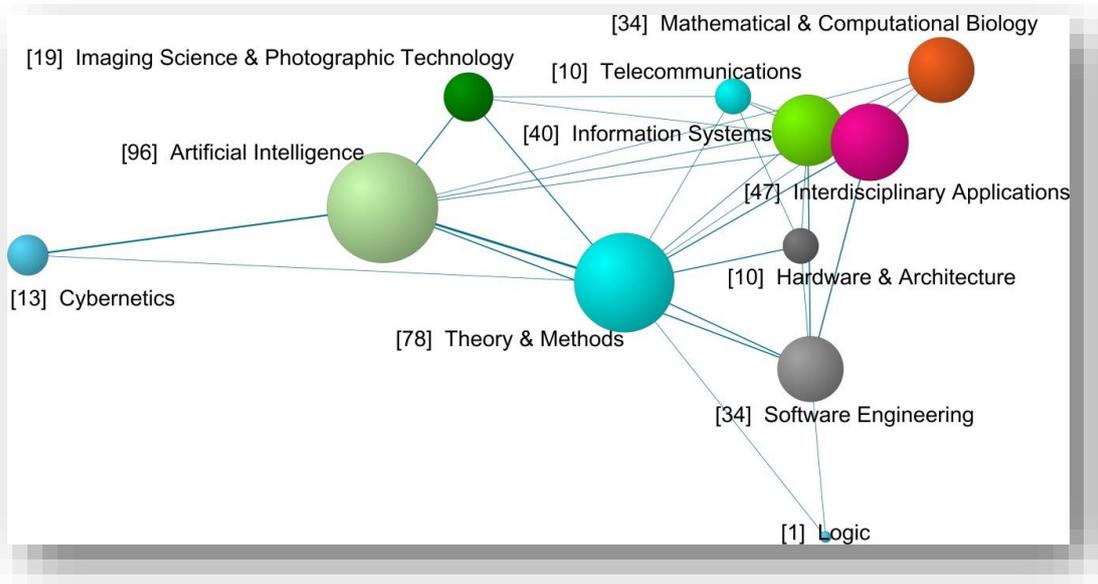


Figura 3. Estructura científica en CS, IIMAS en el periodo 1980-2016
Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

Autores

De los 278 documentos clasificados en CS se identificó a 358 autores, de los que se muestran aquellos con 10 o más documentos publicados (TD), así como el número de citas recibidas (TC) y el número de citas por documento (TD/TC) (Tabla 7). Destaca el hecho que se identificó a dos autores con más de 30 citas por documento.

Tabla 7
Autores con 10 o más publicaciones en CS, IIMAS UNAM 1980-2016

autor	TD	TC	TC/TD
García Nocetti, Fabián	39	135	3.46153
Solano González, Julio	39	112	2.871795
Benítez Pérez, Héctor	35	121	3.457143
Stojmenovic, Ivan	34	1,053	30.97059
Bribiesca, Ernesto	28	346	12.35714
Rosenblueth, David A	28	63	2.25
Rodríguez Vázquez, Katya	24	167	6.958333
Aguilar, Wendy	18	210	11.66667
Peña Cabrera, Mario	17	15	0.882353
Frauel, Yann	15	197	13.13333
Martínez Pérez, M Elena	14	526	37.57143
Gershenson, Carlos	13	53	4.076923
Pineda Cortes, LA	12	33	2.75
Osorio Comparan, R	12	4	0.333333
López Juárez, Ismael	11	13	1.181818
López, Isabel	11	9	0.818182
Kuri Morales, Ángel	11	6	0.545455
Mejía Guevara, Iván	10	6	0.6

Coautoría

Se observó un nivel de colaboración bastante significativo entre los autores con mayor número de documentos publicados (Tabla 7), como se puede observar en la Figura 4.

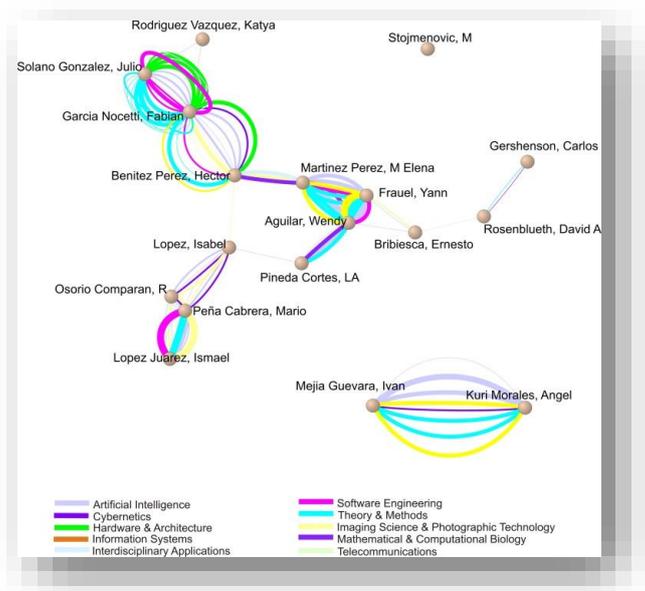


Figura 4. Red de colaboración autores con más documentos publicados en CS del IIMAS en el periodo 1980-2016. Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

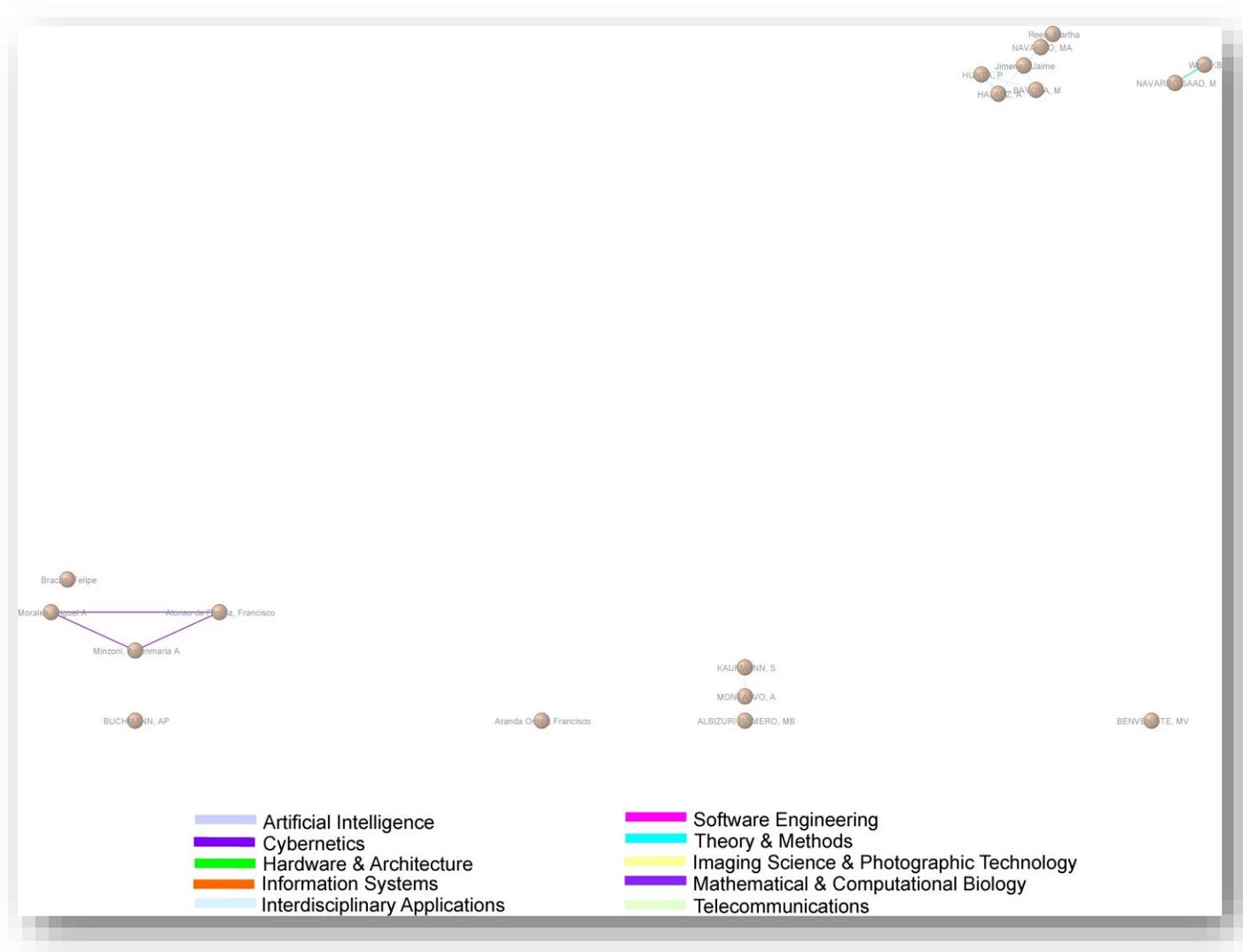


Figura 5a. Evolución de la red de colaboración en CS, IIMAS 1980-1989. Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

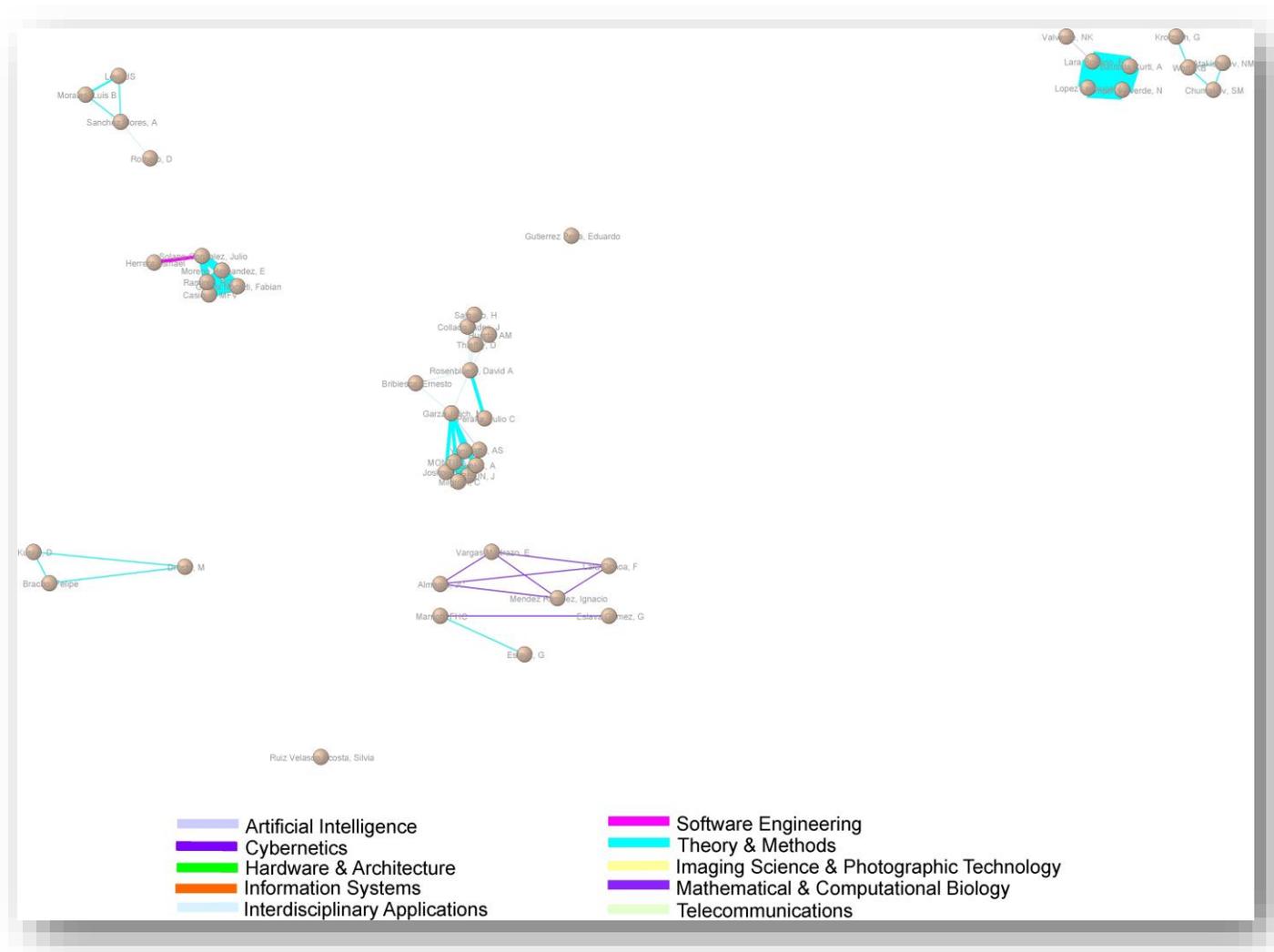


Figura 5b. Evolución de la red de colaboración en CS, IIMAS 1990-1998.
 Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

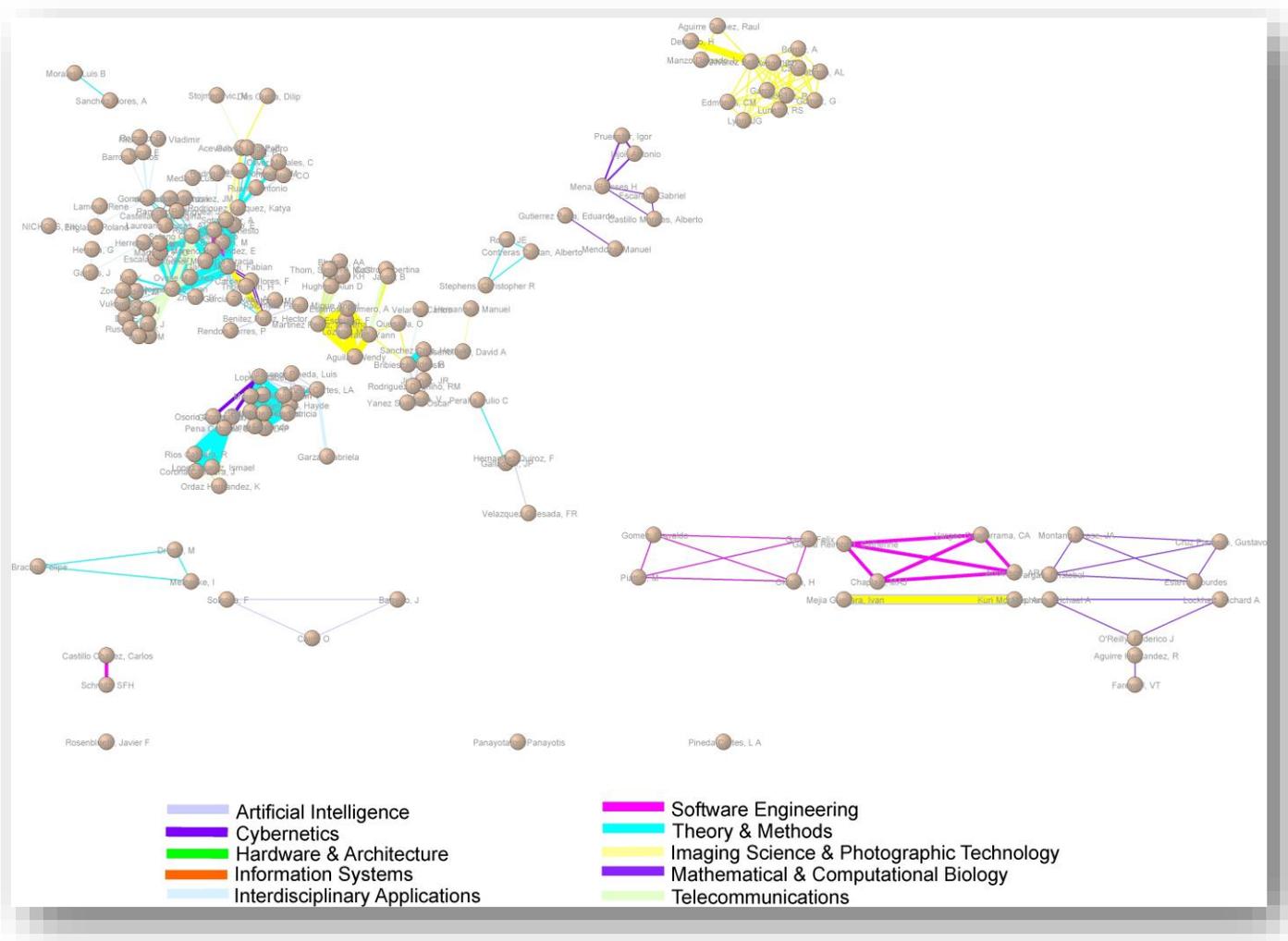


Figura 5c. Evolución de la red de colaboración en CS, IIMAS 1999-2007.
 Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

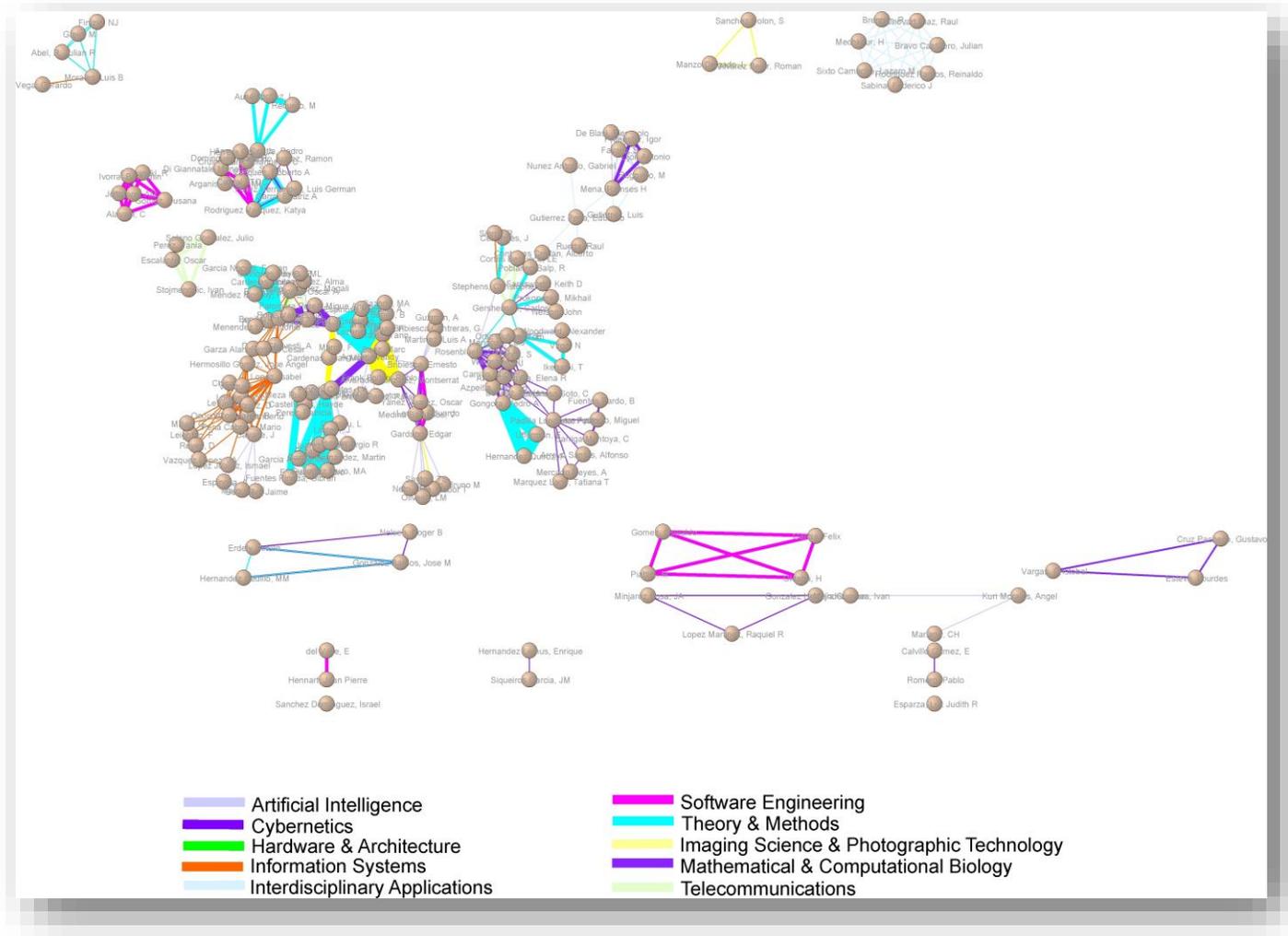


Figura 5d. – Evolución de la red de colaboración en CS, IIMAS 2008-2016.
 Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

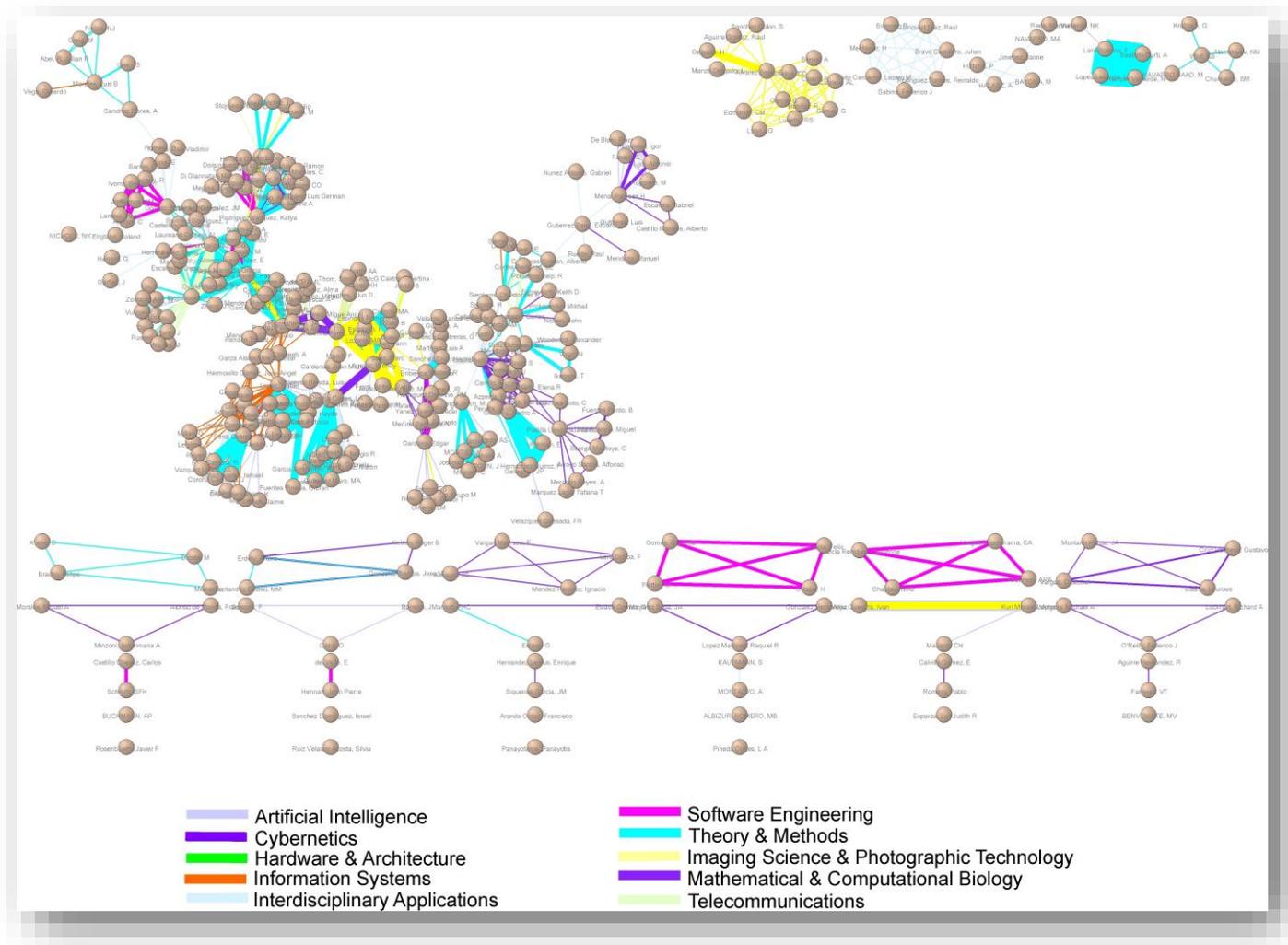


Figura 6. – Red de colaboración en CS, IIMAS, 1980-2016.
 Fuente: Web of Science, Thomson Reuters, julio 2016.

En el caso de la red completa de colaboración también se consideraron cuatro periodos. El primero de 1980 a 1989, el segundo de 1990 a 1998, el tercero de 1999 a 2007 y el cuarto de 2008 a 2016 (Figuras 5a, 5b, 5c y 5d). El color de los vínculos también se definió en función de la categoría en que fueron clasificados los documentos. El análisis permitió constatar que más allá de que *Theory & Methods* es una de las categorías fundamentales desarrolladas en CS en el IIMAS, hay autores que habiendo publicado en dicha categoría también publican con autores que publican en las otras categorías. Esto se puede observar en el componente mayor de la red (Figura 6). También se identificaron grupos cuyo desarrollo se ha enmarcado en alguna de las categorías en particular

SUMARIO Y CONCLUSIÓN

En este trabajo se propuso una caracterización de la práctica científica de una institución a partir de resultados de dicha práctica. Fue una visión en que se incluyeron aspectos sobre su organización y sus relaciones hacia el exterior e interior de la misma.

La bibliometría es una disciplina que ha hecho aportes en caracterizar y respaldar la imagen del sector científico y ha llegado a influir en la definición de políticas científicas. Esto con base en la construcción de un número de indicadores, a los cuales, desde el análisis de redes se ha incluido el análisis de redes bibliométricas, esto para abordar la cuestión relacional hacia el interior y el exterior de las comunidades científicas.

Desde su origen como CCE el IIMAS ha sido un actor central en el desarrollo de ciencias de la computación en la UNAM y en México.

Respecto al total de documentos (TD) por área temática se puede observar en la Tabla 1, que si bien a nivel nacional el área CS ocupa el lugar 14, ésta es un área prioritaria en el Instituto. Algo que también sobresale es el carácter multidisciplinar del trabajo realizado por sus miembros ya que la producción abarca las 23 áreas temáticas. En cuanto al TD por cada una de las categorías en CS, sobresale el desarrollo en *Artificial Intelligence* como se observa en la Tabla 2.

En cuanto al impacto (TC/TD), en la Tabla 3 se puede observar que mientras que a nivel nacional *Mathematical & Computational Biology* es la categoría con mayores citas por documento, en el caso del IIMAS los artículos en *Theory & Methods* obtuvieron un promedio de casi 14 citas, muy por arriba del valor

nacional en dicha categoría (2.961). En 7 de las 10 categorías es mayor el impacto del IIMAS al valor nacional.

En la Tabla 4 se muestran las revistas en que se han publicado un número mayor de documentos. En primer lugar se encuentra los 10 trabajos publicados en la revista *PATTERN RECOGNITION* la cual está clasificada en la categoría *Artificial Intelligence*. En segundo lugar los ocho trabajos publicados en *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* clasificada en la categoría *Information Systems*, y en tercer lugar las siete publicaciones en *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS COMMUNICATIONS & CONTROL* clasificada en la categoría *Information Systems*.

Los tres artículos más citados fueron clasificados en la categoría *Theory & Methods*. El cuarto artículo más citado fue clasificado en la categoría *Interdisciplinary Applications*. Los tres primeros artículos se hicieron en colaboración con autores de Canadá y Gales y el cuarto con autores de Inglaterra.

En cuanto al establecimiento de lazos con otras instituciones, el análisis de la red de coautoría considerando la temática en que se clasificó el trabajo, muestra que la colaboración con instituciones extranjeras es bastante significativa, y es en la categoría *Theory & Methods* en que se da un mayor trabajo colaborativo, incluso mayor a la colaboración con instituciones nacionales (Figura 1).

El análisis longitudinal de la red de coclasificación temática de la producción en CS permitió observar la dinámica de su estructura. Por un lado la categoría *Theory & Methods* se posiciona como la más central en dicha red, con un carácter integrador al tener mayor número de vínculos con otras categorías y generar el mayor número de vínculos de coclasificación. Y por otro el incremento de vínculos de coclasificación puede interpretarse como un incremento en el trabajo multidisciplinario (Figuras 2 y 3).

La red de colaboración a nivel de individuos a través del tiempo considerando las temáticas en CS, permitió observar el proceso de colaboración a nivel micro, particularmente como después de un desarrollo teórico se establecen colaboraciones en lo referente a su aplicación (Figuras 5a, 5b, 5c y 5d). En dichas figuras se observa un incremento de vínculos de colaboración en *Theory & Methods* y como los nodos conectados con dichos vínculos llegan a conectarse con otros nodos a través de vínculos de otras temáticas.

Al considerar la acumulación de vínculos durante todo el periodo de las diferentes

temáticas, en la red que se muestra en la Figura 6 se observa, de forma más notoria en el componente mayor, que los vínculos color azul claro que representan los trabajos en la categoría *Theory & Methods* son los que unen a diversas partes de la red.

Cabe señalar que mediante el análisis longitudinal se observó que dicho incremento se ha dado en últimas fechas en que los directores de las últimas administraciones han sido miembros de los departamentos del área de Ciencia e Ingeniería de la Computación.

Este tipo de perfil muestra una visión más integral de la actividad científica de una institución al considerar aspectos sobre su organización (la caracterización de su producción, su impacto y patrones de publicación) y sus relaciones considerando diferentes niveles de análisis (institucional a nivel local e internacional; temático considerando evolución; y a nivel individuos dando muestra de microprocesos). Lo cual permite un mejor entendimiento sobre los elementos que explican la selección de los temas de investigación y las dinámicas de colaboración al interior de la institución y con sus contrapartes nacionales y extranjeras.

Esta propuesta de perfil institucional marca una dirección en el análisis institucional que esperamos permita el análisis de organizaciones y en su caso la comparación de otros casos en el futuro. Habrá que considerar otros indicadores y redes en el desarrollo de dicho perfil.

Agradecimientos

Al Intituto de Investigacones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Quiero agradecer a María Elena Martínez (Ciencias de la Computación, IIMAS), a Héctor Benítez Pérez (Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización. Sección de Ingeniería de Sistemas Computacionales, IIMAS), a Narda Alcántara y a José Luis Molina González cuyos comentarios enriquecieron el contenido de este trabajo.

REFERENCIAS

- De Nooy, W., Mrvar, A., & Batagelj, V.** (2005). *Exploratory social network analysis with Pajek*. New York: Cambridge University Press.
- Fernández, R.** (2000). Nota para una Historia del Cómputo en México. Del Centro de Cálculo

Electrónico al Centro de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas, Sistemas y Servicios. *Revista Digital Universitaria*, 31 de Marzo, Vol. 1 No.0.

Fruchterman, T.M.J., & Reingold, E.M. (1991). Graph Drawing by Force-directed Placement. *Software practice and experience*. 21(11), 1129-1164. doi:10.1002/spe.4380211102

Kamada, T. & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters*. 31, 7-15. doi:10.1.1.387.7401

Kleiche-Dray, M., & Villavicencio, D. (2014). Colaboración científica y estructuración de las ciencias en América Latina. En M. Kleiche-Dray, & D. Villavicencio, *Cooperación, colaboración científica y movilidad internacional en América Latina* (pp. 9-19). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: CLASO.

Leydesdorff, L., Schank, T., Scharnhorst, A., & De Nooy, W. (2008). Animating the development of Social Networks over time using dynamic extension of multidimensional scaling. *El profesional de la información*, 17(6), 611-626. doi:10.3145/epi.2008.nov.04

Osinska, V., & Bala, P. (2015). Study of dynamics of structured knowledge: qualitative analysis of different mapping approaches. *Journal of Information science*, 40(2), 197-208. doi:10.1177/0165551514559897

Russell, J. M., Madera Jaramillo, M. J., & Ainsworth, S. (2009). El análisis de redes en el estudio de la colaboración científica. *Revista Redes*, 17(2): 39-47. doi:10.5565/rev/redes.374

Small, H. (2006). Tracking and predicting growth areas in science. *Scientometrics*, 68(3): 595-610. doi:10.1007/s11192-006-0132-y

Snijders, T. (2012). Network Dynamics. En J. Scott, & P. J. Carrington, *The SAGE handbook of social network analysis* (pp. 501-513). London: SAGE.

Uddin, A., Singh, V.K., Pinto, D., & Olmos, I. (2015). Scientometric mapping of computer science research in Mexico. *Scientometrics*, 105: 97. doi:10.1007/s11192-015-1654-y

Universidad Nacional Autónoma de México (2015). *La Ciencia en la UNAM 2015: a través del Subsistema de la Investigación Científica*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de la Investigación Científica.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2016) ¿Quiénes somos? México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas <http://www.iimas.unam.mx/iimas/pagina/es/19/quienes-somos> [Consulta 29/11/2016].

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2014) Visualizing Bibliometric Networks. En Ying

Ding, Y., Rousseau, R., Wolfram, D. (Eds.), *Measuring Scholarly Impact: Methods and Practice* (pp. 285-320). Cham, Switzerland: Springer.

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometric.* 84(2), 523-538. doi:10.1007/s11192-009-0146-3.

Remitido: 08-02-2018

Corregido: 07-03-2018

Aceptado: 07-03-2018

