



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA ESTRUCTURA  
DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNAM**

**REPORTE DE TRABAJO PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ACTUARIO

P R E S E N T A :

ALEJANDRO ARNULFO RUIZ LEÓN



Facultad de Ciencias  
UNAM

Tutor: JORGE GIL MENDIETA

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno  
Ruiz  
León  
Alejandro Arnulfo  
56 22 62 30  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Actuaría  
087522978
  
1. Datos del tutor  
Ingeniero  
Jorge  
Gil  
Mendieta
  
2. Datos del sinodal 1  
Actuario  
Roberto  
Cánovas  
Theriot
  
3. Datos del sinodal 2  
Doctor  
Sergio  
Rajsbaum  
Gorodezky
  
4. Datos del sinodal 3  
Matemática  
Laura  
Pastrana  
Ramírez
  
5. Datos del sinodal 4  
Doctora  
Amparo  
López  
Gaona
  
6. Datos del trabajo  
Análisis Exploratorio de la Estructura de Colaboración Científica de la UNAM  
51 p  
2006

A mis padres

## Índice

Introducción .....	1
Prefacio.....	2
Antecedentes .....	4
Infraestructura del proyecto.....	8
Objetivo .....	9
Metas .....	9
Hipótesis.....	9
Redes Académicas .....	10
La teoría de gráficas .....	10
El análisis de redes sociales.....	11
El modelo de las redes académicas .....	12
Resultados .....	15
La base de datos .....	15
Producción total de artículos .....	18
Producción anual de artículos .....	19
Artículos por área y categoría .....	20
Colaboración entre entidades de los subsistemas.....	24
Autores por artículo.....	29
Colaboración entre autores .....	31
Conclusiones.....	38
Anexo A. Elementos de teoría de gráficas y de análisis de redes sociales .....	39
Anexo B. Entidades de la UNAM que se identificaron.....	41
Anexo C. Clasificación por tema hecha por ISI-Thomson .....	43
Bibliografía .....	45
Tablas .....	47
Figuras.....	47

## Introducción

Uno de los objetivos del Laboratorio de Redes del Departamento de Modelación Matemática de Sistemas Sociales del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) es el cultivar y difundir el análisis de redes sociales, con tal propósito se han desarrollado varios proyectos en los que se ha planteado el estudio de redes de diferente tipo. El presente trabajo es resultado de mi participación en dichos proyectos, en particular en el análisis de redes de carácter académico y en específico en aquellas que se generan y desarrollan en la UNAM.

El desarrollo del análisis de redes sociales ha comprendido métodos de representación visual de la información, J. Moreno analizó las interacciones que observó al interior de grupos sociales a través de esquemas que elaboró, esquemas que mostraban propiedades de las interacciones humanas como el tipo de relación, la direccionalidad en las relaciones, algunas atributos de los actores y mostró que las variaciones respecto a la posición de los actores en dichos esquemas reflejaban propiedades estructurales importantes de los grupos sociales. A estos esquemas les llamó sociogramas (Freeman 2000). La visualización de las relaciones al interior de grupos sociales ha contribuido en gran medida a reafirmar el poder explicativo del análisis de redes sociales a tal grado que actualmente es parte fundamental de los estudios bajo ésta perspectiva (de Nooy et. al, 2005).

Se plantea el uso del análisis de redes sociales para avanzar en el estudio de la actividad académica de la UNAM, estudio que es de sumo interés en el quehacer de esta universidad. Siendo la elaboración de artículos científicos una parte muy importante de dicha actividad, se considera que el análisis de coautorías permitirá tener una visión de la composición y estructura de la red de colaboración científica, así como identificar subredes y científicos que tienen posiciones o juegan importantes roles dentro de dicha red.

El trabajo está desarrollado en forma de reporte de trabajo en el que se mencionan antecedentes del mismo, se establece como objetivo el estudio de la estructura de la red o redes académicas de la UNAM, se determinan metas y se plantea que el estudio de la colaboración en la generación de artículos científicos refleja en gran medida la estructura de la red de científicos de la UNAM. Para desarrollar dicho estudio se formula un modelo basado en las relaciones que se establecen a través de la coautoría en artículos, en esta parte se menciona la contribución de la teoría de gráficas en la determinación de dicho modelo. A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de la base de datos Web of Science, base que contiene información de artículos publicados en revistas internacionales indexadas por ISI-Thomson Corporation, artículos en los que han participado autores afiliados a entidades de la UNAM. Al final se presentan algunas conclusiones sobre la estructura de la red de colaboración científica de la UNAM.

## Prefacio

El presente documento es resultado de mi participación, como parte del grupo de trabajo del Laboratorio de Redes del Departamento de Modelación Matemática de Sistemas Sociales del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el desarrollo de una serie de actividades académicas, las que han demandado una serie de conocimientos, los que obtuve a lo largo de mis estudios en la Facultad de Ciencias y en la práctica, bien como becario y posteriormente como parte del personal académico del Laboratorio de Redes.

A principios del año de 1995 se nos planteó un proyecto referente al estudio de la Red Política de México, proyecto que involucraba áreas del conocimiento que tradicionalmente no se relacionaban, entre las que destacan: matemáticas, computación, sociología y ciencia política. Se requería un manejo y análisis de datos sobre el quehacer político de cerca de 5400 funcionarios, actividad que necesitó conocimientos sobre bases de datos, manejo de diversos sistemas computacionales para procesamiento de información de carácter estadístico, visualización e impresión de resultados, y conocimientos sobre el análisis de redes sociales que conyeva conocimientos sobre teoría de gráficas.

El proyecto originó nuevas preguntas y retos como el análisis de grupos políticos a través del tiempo, reto que fue abordado como parte de un nuevo proyecto en el que se estudió el cambio de liderazgo de los abogados con respecto a los economistas a lo largo de seis sexenios (1959-1994), además de los resultados obtenidos este nuevo proyecto permitió consolidar el análisis de redes sociales como una línea de investigación del Laboratorio de Redes, al grado de habersele otorgado la sede del International Social Network Conference (SUNBELT XXIII), en el año de 2003, por la International Network for Social Network Analysis (INSNA), una de las más destacadas asociaciones internacionales en el área. Evento internacional de gran relevancia al que asistieron más de 300 participantes provenientes de 33 países en donde se presentaron 203 ponencias (<http://www.iimas.unam.mx/sunbeltxxiii.htm>).

Con la experiencia obtenida en el desarrollo de estos proyectos el grupo de trabajo del Laboratorio de Redes ha ampliado su línea de investigación al análisis de Redes Académicas, proyecto que requirió la creación de una base de datos sobre el quehacer de académicos de diferentes instituciones mexicanas, y en particular sobre los académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Proyecto en el cual me complace seguir participando.

Cabe destacar que parte de mi actividad en estos proyectos ha quedado reflejada en la organización y elaboración de varias conferencias, publicación de artículos, asesorías de tesis y en particular en la elaboración de tres libros:

Jorge Gil Mendieta y Samuel Schmidt (2005), Estudios sobre la Red Política de México, IIMAS. Con la colaboración de Alejandro Ruiz , UNAM, México.

\_\_\_\_\_ (eds) (2002), Análisis de Redes: Aplicaciones en Ciencias Sociales, IIMAS, UNAM, México.

\_\_\_\_\_ (1999), La Red Política en México: Modelación y análisis por medio de la teoría de gráficas. Con la colaboración de Jorge Castro y Alejandro Ruiz, IIMAS, UNAM, México.

Quiero reconocer el gran apoyo del Ingeniero Jorge Gil Mendieta quién más que un jefe ha sido un gran amigo. Igualmente quiero agradecer a las personas que han hecho placentera mi estancia en esta gran Universidad.

# Análisis exploratorio de la estructura de colaboración científica de la UNAM

## Antecedentes

La conjunción del Análisis Social y la Teoría de Gráficas<sup>1</sup> ha resultado ser una asociación poderosa y exitosa. Esta asociación interdisciplinaria ha logrado resultados muy importantes en campos muy diversos, desde investigación básica en Teoría de Gráficas<sup>2</sup> hasta el análisis de estructuras sociales.

El desarrollo del concepto de estructura ha sido de gran utilidad para la construcción de modelos matemáticos en los que se puedan analizar las relaciones entre los elementos de cualquier sistema complejo, sea éste de carácter social, económico, biológico, entre otros. Desarrollo que ha producido contribuciones valiosas a diversas disciplinas como la sociología, la antropología, la ciencia política, la economía, la administración, la biología, por mencionar algunas de ellas.

El Análisis de Redes Sociales es inherentemente una empresa de carácter interdisciplinario. Los conceptos del Análisis de Redes Sociales han sido el resultado de exitosas reuniones e iniciativas<sup>3</sup> en que se han conjugado temas de análisis social teóricos y prácticos, y temas de matemáticas, estadística y metodología

---

<sup>1</sup> Leonard Euler es considerado el padre de la Teoría de Gráficas, *Graph Theory*, por la solución planteada al problema famoso de los puentes de Königsberg en el año de 1736 (Harary, 1969, pp 1-2). La traducción de *graph* que se usa en toda ibero América es grafo excepto en México donde se traduce como gráfica, termino acuñado por el Dr. Víctor Neuman Lara† (1933-2004) profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM, iniciador del estudio de esta disciplina en México.

<sup>2</sup> Harary, Norman y Cartwright, "Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs", John Wiley & Sons, Inc, New York, USA, 1965.

<sup>3</sup> Entre las iniciativas más relevantes encontramos la formación de asociaciones, la organización de reuniones de diversos tipos y la creación de publicaciones especializadas.

Entre ellas se encuentran:

- International Network for Social Network Analysis, (INSNA), asociación profesional fundada en 1976.
- Newsletter, una publicación con noticias y artículos llamada fundada por Barry Wellman y transformada en Connections en 1977.
- Social Networks, un journal fundado por el Profesor Linton C. Freeman en 1977.
- Conferencia Sunbelt International Conference fundada por Rus Bernard y Al Wolfe que posteriormente se transformó en International Social Network Conference en 1981.
- Structural Analysis in Social Science, una serie funda por Mark Granovetter y con el apoyo de Cambridge University Press en 1985.
- Social Network Análisis: Methods and Applications, un texto enciclopédico sobre Análisis de Redes Sociales escrito por Stanley Wasserman y Catherine Faust en 1994.

computacional. Han sido esfuerzos de la colaboración de investigadores trabajando a lo ancho de diversas disciplinas (Wasserman and Faust, 1994).

Si bien resulta interesante estudiar la historia del Análisis de Redes Sociales (Scott 1991 y Freeman 1996) queremos dejar constancia que éste representa una manera relativamente nueva de analizar, en general, el comportamiento de estructuras complejas.

Podemos decir que se trata de un campo bien establecido y reconocido en el ambiente científico internacional. Es una disciplina que integra, entre otros, elementos de las Matemáticas (Teoría de Gráficas, Teoría de Grupos, Estadística), la Computación (Diseño de algoritmos, Bases de Datos, Inteligencia Artificial) y la Sociología (Redes Sociales).

En el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la Universidad Nacional Autónoma de México desde hace varios años hay algunos académicos con interés en el estudio de Redes Sociales. Podemos citar, entre los primeros a Larissa Lomnitz, Raúl Carvajal, José Chapela y Jorge Gil-Mendieta.

A principios de los años 1990, en el IIMAS se estudia con un mayor interés la aplicación de métodos matemáticos al estudio de redes sociales desde la perspectiva del Análisis de Redes Sociales. Posteriormente la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Texas en El Paso establecieron un convenio académico firmado en noviembre de 1994 para formalizar el trabajo desarrollado entre el IIMAS y el Center for Inter American and Border Studies (CIBS) de dicha universidad en el marco del proyecto sobre Aplicaciones de la Teoría de Gráficas al Estudio de Sistemas Complejos, en particular la Red de Poder en México en el que colaboraron Jorge Gil-Mendieta, Jorge Castro y Alejandro Ruiz por parte del IIMAS y Samuel Schmidt por parte del CIBS.

En 1995 por iniciativa de Jorge Gil-Mendieta se creó el Laboratorio de Redes (LARS) dentro del Departamento de Modelación Matemática de Sistemas Sociales del IIMAS, cuyo objetivo es cultivar y difundir esta disciplina. En el LARS se han desarrollado varios estudios desde el enfoque del Análisis de Redes Sociales:

- "Estudio de la Red de Poder en México". Proyecto PAPIIT Número IN-310296

En este proyecto se planteó el estudio de la Red Política de México de 1920 a 1990, análisis que presentó un nivel alto de complejidad, ya que se trató de una red integrada por más de 5400 funcionarios públicos federales y estatales de los que se consideraron 15 rubros sobre la vida política de cada uno de ellos.

El análisis implicó abordar desde distintos enfoques la creación, evolución y rol funcional de la red mexicana de poder:

- Génesis y evolución de la red política en México
- El caso Miguel Alemán
- Análisis dinámico de la red (1920-1990)
- El caso Carlos Salinas de Gortari

En resumen este proyecto, sin pretender remplazar otros enfoques, propició un diálogo interdisciplinario que permitió revisar paradigmas con objeto de generar nuevos enfoques en modelación matemática de sistemas (Jorge Gil-Mendieta y Samuel Schmidt, 1999).

Asimismo el proyecto implicó el desarrollo de un sistema capaz de analizar gráficas que representaran a un grupo social complejo y las relaciones entre sus integrantes. Para ello se trabajó en el diseño de algoritmos para analizar las propiedades derivadas de los patrones de interacciones de tipo social, gremial o político, entre otros.

- "Estudio de las Redes de Abogados y Economistas y el establecimiento de las políticas neoliberales". Proyecto PAPIIT IN-303198

El proyecto planteó el estudio del cambio de liderazgo de los abogados con respecto a los economistas a lo largo de seis sexenios (1959-1994). Explicar la importancia práctica que tienen las redes sociales en las carreras políticas de las profesiones de abogado y economista. Fundamentalmente lo que se estudió fue el cambio de importancia relativa de la profesión de abogado a la de economista, en treinta años, sobre todo en lo que se refiere a los cambios en las políticas públicas.

*“En resumen, la operación del sistema político mexicano, en la que una serie de reglas informales y características culturales han dado al régimen un carácter distinto al prescrito por la ley, ha venido sufriendo cambios como consecuencia de la globalización. La apertura económica y política, la globalización de los medios de comunicación y la influencia que ésta ha tenido en la política interna del país, han producido un cambio en la estructura de poder y su cultura política. Sobretudo en las redes sociales de la élite política compuesta mayoritariamente por tecnócratas (economistas y otros especialistas en derecho internacional) de niveles socio-económicos altos, entrenados en universidades privadas que continúan sus estudios en universidades norteamericanas en donde se especializan en temas de importancia global, aprenden nuevas teorías económicas, establecen relaciones cercanas con estudiantes y profesores que mantienen contacto con las instituciones internacionales, lo que en el futuro les permite crear redes globales y eventualmente, ocupar cargos en la élite*

*gubernamental de sus respectivos países o en las instituciones supranacionales (Banco Mundial y/o Fondo Monetario Internacional)”(Adler-Lomnitz y Gil-Mendieta, 2002).*

- “Las Redes Académicas en México: Un estudio exploratorio”. Proyecto PAPIIT IN-305101

Como lo indica el nombre el proyecto, éste consistió en un estudio exploratorio de las redes académicas en México, estudio que sirvió para entender las dificultades, para construir y analizar la compleja red de colaboración científica mexicana.

Uno de los resultados del proyecto es una base de datos que contiene información biográfica de alrededor de 800 académicos, información que nos permitió construir una red parcial de las diferentes dimensiones del ámbito de dichas redes, como son: relaciones de parentesco, relaciones de amistad, afiliación a diferentes instituciones y organizaciones, coautoría en productos científicos, etc.

Si bien una base de este tipo nos permitiría conocer con detalle la productividad de los académicos afiliados a las diversas entidades de la UNAM, y en su caso la de todas las entidades académicas del país con el fin de explicar el desarrollo de la estructura científica del país, el recabar información sobre cada una de dichas dimensiones implica un esfuerzo e inversión que nos superaba, motivo por el cual el trabajo se abocó a analizar la red académica derivada de la producción y colaboración en artículos científicos. Con tal motivo se recabó información de 11 492 artículos, en revistas indexadas por el Institute For Scientific Information, del año de 1995 al 2003.

- “Las Redes Académicas en México”. Proyecto PAPIIT IN313905 (en desarrollo)

Como continuación del proyecto anterior, el objetivo de éste consiste en analizar la estructura científica de México mediante la construcción de un modelo relacional que permita estudiar el desarrollo de algunas redes de académicos, para identificar en ellas las etapas de su crecimiento, su transición y umbrales críticos, bajo el supuesto que las redes académicas en México se generan o están vinculadas con la UNAM.

Actualmente se trabaja en el estudio del artículos publicados a partir del año de 1981 a la fecha de investigadores afiliados a instituciones mexicanas, indexados en revistas de carácter internacional, lo que implica el análisis de poco más de 80 000 artículos como resultado de la actividad nacional. El presente trabajo trata la parte relacionada con la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Infraestructura del proyecto

El proyecto contó con la infraestructura asociada al Laboratorio de Redes, del Departamento de Modelación Matemática de Sistemas Sociales, del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En particular:

Estación de trabajo DELL PRECISION 670, con un procesador Intel Xenon (3.59 GHz), Sistema Operativo Windows XP Professional 2002.

Microsoft Access 2003 como sistema manejador de base de datos, para el manejo de los datos referentes a los artículos publicados en revistas de carácter internacional.

Microsoft Excell 2003 para el procesamiento de información.

Pajek 1.12 Sistema para análisis y visualización de redes sociales.

Corel Draw 12 para el procesamiento de imágenes generadas por el sistema Pajek.

## Objetivo

Contribuir al estudio de la estructura de la red o redes académicas que inciden en las etapas de crecimiento y transición del desarrollo científico de la Universidad Nacional Autónoma de México mediante la construcción de un modelo desde el enfoque del Análisis de Redes Sociales. Mostrar la capacidad de análisis que ofrece este enfoque para los estudiosos de fenómenos sociales y de sistemas en general.

## Metas

Constituir una base de datos de la que se obtenga información sobre la actividad científica de la UNAM y que permita definir indicadores sobre la actividad académica, en particular respecto a la producción científica de los investigadores afiliados a institutos, centros y facultades que pertenecen a dicha institución.

Las metas particulares en este proyecto son:

- a. Localización de grupos de científicos por área de especialidad
- b. Integración de éstos en una base de datos
- c. Análisis de la información y clasificación
- d. Estudio de las propiedades de cada grupo detectado

## Hipótesis

La colaboración entre autores en la elaboración de artículos científicos refleja en gran parte la estructura científica de la UNAM.

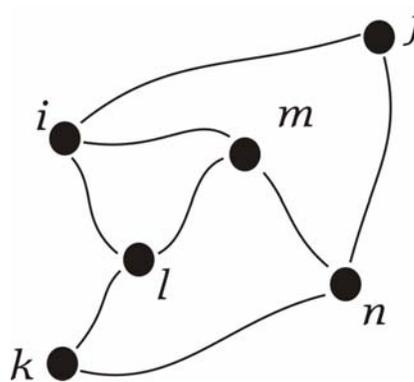
Existe una colaboración baja entre los académicos de las entidades pertenecientes a los diferentes subsistemas de la UNAM.

## Redes Académicas

### La teoría de gráficas

Una gráfica  $G$  consiste de un conjunto finito  $V$ , no vacío, de  $n$  nodos (o vértices), junto con un conjunto  $X$  de  $m$  pares no ordenados de nodos distintos de  $V$ . Cada par  $x=(u,v)$  de nodos en  $X$ , con  $u,v \in V$ , es una línea (o arista) en  $G$ .

La gráfica  $G$  de la figura 1 consiste de un conjunto de seis nodos,  $V=\{i,j,k,l,m,n\}$  y de un conjunto de ocho aristas,  $X=\{(i,j), (i,l), (i,m), (j,n), (k,l), (k,n), (l,m), (m,n)\}$ .



**Figura 1. Representación de una gráfica de seis nodos y ocho aristas**

Para cada par  $x=(u,v)$   $x \in X$ ;  $u,v \in V$ , diremos que  $u$  y  $v$  son nodos adyacentes. También se dice que la arista  $x$  une a los nodos  $u$  y  $v$ . Si consideramos que los nodos  $u$  y  $v$  representan a un par de individuos, la arista bien puede representar un vínculo que los une, así una gráfica puede representar a un grupo de individuos junto con un conjunto de vínculos que los unen par a par.

Si bien la teoría de gráficas es una disciplina de las matemáticas con un desarrollo propio, su aporte al Análisis de Redes Sociales consiste en que:

- Provee conceptos que pueden ser aplicados para referirse a propiedades de la estructura social de una manera precisa.
- Aporta ideas y métodos sobre cómo pueden ser cuantificadas estas propiedades.
- Permite demostrar mecanismos causa-efecto sobre la estructura social a través de la formulación y comprobación de teoremas rigurosos.

Es decir, aporta los elementos para la operabilidad del modelo de red social, al representar a los individuos y sus interacciones mediante una gráfica.

## El análisis de redes sociales

*“La imagen o la metáfora de una red social puede ser útil para la investigación científica cuando ésta se precisa, es decir, cuando el modelo de red, con sus elementos bien definidos, se utiliza para formalizar la evocación metafórica y una vez que han sido especificadas las reglas necesarias para representar las observaciones empíricas como elementos del modelo” (Faust, 2002).*

La imagen del concepto de red social evoca a entidades sociales y vínculos que se establecen entre ellas de diversas maneras. Los individuos tienen familiares, amigos, compañeros de trabajo con los que cohabitan, socializan y pasan tiempos juntos. Estas interacciones dan lugar a proporcionar afecto, asistencia, intercambiar información, recursos, etc., y propician la creación de nexos con características afectivas como respeto, lealtad, reciprocidad, dichos nexos o lazos son las relaciones base de la construcción social de esa red social.

*“La clave para conjeturar un modelo de red social a partir de una situación real estriba en la conceptualización relacional de tal situación. Es decir, en establecer qué tipo de lazos existen entre las entidades sociales en cuestión” (Faust, 2002).*

Para analizar un sistema complejo, una red social, es necesario construir un modelo que represente a) su composición, b) su estructura, y c) el contexto en el que la red emerge y se desarrolla. La composición se refiere al tipo de actores que integran la red; la estructura se define por el tipo de lazos que unen a los actores de la red; y el contexto se refiere a las condiciones históricas (sociales y económicas) en las que las relaciones entre actores emergen y se transforman, dando lugar a sectores (subredes) que presentan mayor cohesión en relación al resto de la red.

La identificación de estos sectores o subredes es uno de los objetivos principales del análisis de redes, ya que es en la formación y disolución de grupos que se pueden apreciar mejor los procesos de cohesión y disgregación sociales, uno de los temas más recurrentes en las disciplinas sociales y, no obstante, uno de los menos estudiados empíricamente.

Otras consideraciones son:

\* Se ve a los actores y sus acciones como unidades interdependientes y no como unidades autónomas independientes.

\*Los vínculos relacionales (lazos) entre actores son canales por donde fluye o se transfieren recursos (materiales o no).

\*El modelo de red conceptualiza la estructura como patrones perdurables de las relaciones entre los actores.

\*El modelo de red ve al ambiente estructural de la red como proveedor de oportunidades o restricciones sobre las acciones del individuo.

## El modelo de las redes académicas

El quehacer académico abarca varias actividades, muchas de las cuales conllevan interacciones de diferentes tipos y de diferente duración.

*“Los científicos no sólo comunican los resultados a sus colegas a través de los artículos publicados, de preprints (impresiones preliminares) electrónicos y de presentaciones de conferencias, sino que también se apoyan en el conocimiento de trabajos publicados con anterioridad para formular propuestas y metodologías de investigación”* (Russell, 2005).

La comunicación académica es parte de la práctica de la ciencia, refiriéndose a cómo los académicos en cualquier campo utilizan y difunden información a través de canales formales e informales. Los canales formales son aquellos que ponen a disposición pública libros y publicaciones por un período largo. Los canales informales son más efímeros (comunicación oral, correspondencia, etc.), sin embargo permiten una interacción más inmediata entre los individuos.

Un indicador del crecimiento científico, reconocido a nivel mundial, es el número de publicaciones y artículos, indicador que se ha tomado como medida válida del proceso de investigación.

Varias instituciones académicas de prestigio han considerado este indicador como una medida válida para otorgar promociones a docentes, para acumular méritos, para solicitar fondos y otros ejercicios de evaluación académica.

Si bien las publicaciones son un indicador de la actividad científica, las publicaciones de múltiples autores, referidas frecuentemente como publicaciones en coautoría, han sido usadas para medir la colaboración científica (de Moya-Anegón 2004).

Respecto a la naturaleza y magnitud de una colaboración, difícilmente podrán ser determinadas de forma precisa, ya que dependen de la interacción humana que se da entre los colaboradores a través del tiempo. Ambas, la naturaleza y magnitud muy probablemente están sujetas a cambios durante el proyecto de investigación hecho que vuelve más complejo su análisis, el cual tiene que ver con responder preguntas tales como (Katz, 1997):

- ¿Qué es la colaboración científica?
- ¿Qué motiva que se de dicha colaboración?
- ¿Quiénes son los colaboradores?
- ¿Cómo se puede medir la colaboración?
- ¿Cuáles son los beneficios y costos de esa colaboración, y las implicaciones respecto a políticas de investigación?

Aún cuando la medición de la colaboración basada en la coautoría no sea del todo perfecta, es de reconocerle ciertas ventajas. Primero permite reproducir el ejercicio de investigación usando el mismo conjunto de datos, es decir, es invariante y verificable. Segundo, es un método relativamente barato y práctico de cuantificar la colaboración, y esta técnica permite el uso de muestras lo suficientemente grandes que proporcionan resultados más significativos que el estudio de casos. Finalmente, este tipo de estudios no afectan el proceso de colaboración de forma inmediata, aunque podría influir la práctica de colaboración a largo plazo.

Cabe señalar la importancia de la comunicación académica en el proceso de colaboración y en particular la comunicación informal como la forma más común de iniciarlo.

Las redes académicas pueden ser conjeturadas a partir de varias relaciones: parentesco, matrimonio, colaboración en proyectos de investigación, participación en organizaciones profesionales y desde luego a partir de colaboración en la producción de artículos científicos (Newman 2001, Wagner y Leydesdorff 2005).

En particular el estudio se hará sobre las relaciones de coautoría que se establecen entre los investigadores afiliados a entidades de la UNAM, como resultado de la elaboración de artículos científicos. Para tal propósito se tomó como fuente la base de datos National Citation Report Mexico - julio de 2004 (NCRMEX<sup>4</sup>). La base contiene información de artículos publicados en revistas internacionales indexadas por ISI-Thomson<sup>5</sup>, del año de 1981 al 2003, y en los que han participado autores, al menos uno, afiliados a instituciones mexicanas.

Si bien no se trata de un análisis exhaustivo<sup>6</sup> su objetivo es presentar el espacio que define la información que toma en consideración ISI-Thomson, información en que se basan algunos mecanismos de evaluación de la actividad de investigación y desarrollo tanto dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como en otras

---

<sup>4</sup> El National Citation Report contiene artículos de las bases: Science Citation Index Expanded™, Social Sciences Citation Index® y Arts & Humanities Citation Index, correspondientes a un país en particular.

<sup>5</sup> The Institute for Scientific Information (ISI) pasó a formar parte de The Thomson Coporation, en este trabajo referiremos como ISI-Thomson a la continuidad que The Thomson Corporation ha mantenido sobre el trabajo que el ISI había desarrollado.

<sup>6</sup> ISI-Thomson no contempla todas las revistas en donde publican investigadores afiliados a instituciones mexicanas, por lo cual no se trata del total de artículos producidos con la participación de instituciones mexicanas.

instituciones que desarrollan actividades científicas y tecnológicas dentro del territorio nacional.

Se plantean dos redes a analizar:

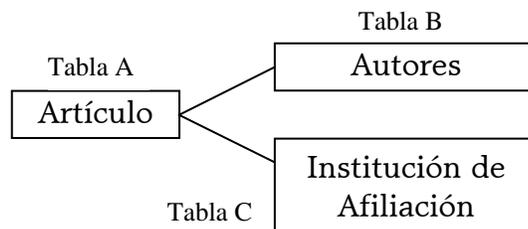
- Una red en que se consideró a los institutos, centros, facultades, escuelas y otras dependencias de la UNAM como las entidades sociales y, los lazos entre ellas se establecieron si algunos de sus investigadores colaboraron en la elaboración de artículos científicos.
- Una red en que se consideró a los investigadores afiliados a la UNAM como las entidades sociales y los lazos entre ellos se establecieron si colaboraron en la elaboración de artículos científicos.

Las redes académicas se modelarán definiendo una gráfica en la que las entidades sociales estarán representadas por nodos y las relaciones entre entidades por las aristas que unen dichos nodos. Así la primera red estará representada por una gráfica en que los nodos representarán a las entidades de la UNAM y las aristas los lazos de colaboración inter-entidades. Para el caso de la segunda red se definió una gráfica en que los nodos representarán a los investigadores afiliados a entidades de la UNAM y las aristas los lazos de colaboración entre investigadores.

## Resultados

### La base de datos

Se construyó una base de datos que está integrada por tres tablas: A) una referente a detalles del artículo (título, revista, volumen, páginas, categoría, año y citas), B) otra referente a los autores (nombres de los autores) y C) una tercera referente a la afiliación de los autores (país, estado<sup>7</sup>, sector, institución<sup>8</sup>) (figura 2). Las tres tablas están relacionadas por un campo que identifica de forma única la información de cada artículo. La base contiene información de más de 70,000 artículos publicados en revistas internacionales indexados por ISI-Thomson, del año de 1981 al 2003, y en los que han participado autores afiliados a instituciones mexicanas.



**Figura 2. Definición conceptual de la base de datos**

Se conservó la clasificación de los artículos por temas que maneja ISI-Thomson (ver anexo A). Las bases de datos de ISI-Thomson contienen artículos clasificados en lo que llama tres índices:

- Science Citation Index Expanded  
Comprende artículos de más de 5,900 títulos de revistas indexados
- Social Sciences Citation Index  
Comprende artículos de más de 1,725 títulos de revistas indexados
- Arts & Humanities Citation Index  
Comprende artículos de más de 1,144 títulos de revistas indexados

Los artículos de los tres índices están clasificados en siete áreas de conocimiento y cada área comprende varias categorías que se refieren a disciplinas o subáreas más especializadas (114 en total). Los artículos que por su naturaleza no pueden ser clasificados en alguna de esas siete áreas se clasifican en una pseudo área denominada Multidisciplinary. Hay artículos que por su naturaleza se clasificaron en más de una categoría e incluso en más de un área (tabla 1).

<sup>7</sup> Se identificaron estados sólo para direcciones de instituciones con sede en México

<sup>8</sup> Para el caso de la UNAM se identificó la entidad (instituto, centro, facultad o escuelas y otros)

Área
Physical, Chemical & Earth Sciences
Life Sciences
Agriculture, Biology & Environmental Sciences
Clinical Medicine
Engineering, Computing & Technology
Social & Behavioral Sciences
Arts & Humanities
Multidisciplinary

**Tabla 1. Áreas que considera ISI-Thomson**

La información contenida en la base NCRMEX que se obtuvo de ISI-Thomson presentó una falta de normalización derivada de la forma en que los investigadores hacen referencia a su entidad de afiliación como se muestra en la tabla 2. Esto implicó llevar a cabo un proceso de normalización para la identificación de los artículos elaborados por autores afiliados a las diferentes entidades de la UNAM.

Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Fis, Mexico City 01000, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Invest Mat, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Ciencias Nucl, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Quim, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Astron, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Natl Autonomous Univ Mexico, Inst Ciencias Nucl, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Geofis, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Fac Ciencias, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Ecol, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Biol, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Ctr Ciencias Fis, Cuernavaca 62251, Morelos, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Fac Quim, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Invest Biomed, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Fisiol Celular, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Inst Geol, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Astron Inst, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Ctr Ciencias Aplicadas & Desarrollo Tecnol, Mexico City 04510, DF, Mexico.
Univ Nacl Autonoma Mexico, Ctr Ciencias Mat Condensada, Ensenada 22800, Baja California, Mexico.

**Tabla 2. Muestra de la referencia a la institución de afiliación.**

Las diferentes entidades de la UNAM se clasificaron de la siguiente manera (Anexo B):

- Los Institutos y Centro de investigación de la UNAM se agruparon en dos Subsistemas: el de la Investigación Científica (SIC) y el de la Investigación en Humanidades (SIH)
- Las Escuelas y Facultades son consideradas otro subsistema (SEF)
- Otras entidades se agruparon junto con la Secretaría General (SG) de la UNAM ya que esta secretaría las coordina administrativamente

Los datos obtenidos de ISI-Thomson no permiten establecer una relación directa entre los autores del artículo y su institución de afiliación, ya que si la afiliación de autores

se repite, sólo aparece una de ellas, por ejemplo en el caso siguiente, el artículo es resultado de la participación de 4 autores afiliados a dos instituciones diferentes.

<b>Título:</b>	
Development of bulimia nervosa after bariatric surgery in morbid obesity patients.	
<b>Autores:</b>	
Vargas, A Rojas-Ruiz, MT Roman, SS Salin-Pascual, RJ	
<b>Direcciones:</b>	
Inst Nacl Ciencias Med & Nutr SZ, Dept Neurol & Psiquiatria, Mexico City 14000, DF, Mexico. Univ Nacl Autonoma Mexico, Fac Med, Dept Fisiol, Mexico City 04510, DF, Mexico.	

Tanto los autores como las instituciones conservan su posición de aparición en la referencia, es decir, la primera dirección corresponde al primer autor, y la última dirección al último autor, lo que no está definido es a qué instituciones pertenecen cada uno de los otros dos autores.

Esto representa un proceso de identificación de autores y sus instituciones de afiliación. Proceso que en una primera etapa se trabajó sólo con autores afiliados a entidades del SIC de la UNAM. En total se identificaron 1635 autores afiliados a entidades del SIC.

A continuación se muestra la información de uno de los artículos, ya normalizada, contenida en la base de datos que se construyó a partir de la base NCRMEX.

**AUTORES:** PADILLA-NORIEGA, L; MENDEZ-TOSS, M; MENCHACA, G; CONTRERAS, JF; ROMERO-GUIDO, P; PUERTO, FI; GUISCAFRE, H; MOTA, F; HERRERA, I; CEDILLO, R; MUNOZ, O; CALVA, J; GUERRERO, MD; COULSON, BS; GREENBERG, HB; LOPEZ, S; ARIAS, CF

**ARTÍCULO:** ANTIGENIC AND GENOMIC DIVERSITY OF HUMAN ROTAVIRUS VP4 IN TWO CONSECUTIVE EPIDEMIC SEASONS IN MEXICO

**JNL TITLE:** J CLIN MICROBIOL      **VOLUME:** 36      **PAGE:** 1688-1692

**CATEGORIES:** Clinical Immunology & Infectious Disease; Microbiology

**SOURCEYEAR:** 1998      **TOT\_CITES:** 14

**AFILIACIÓN:**

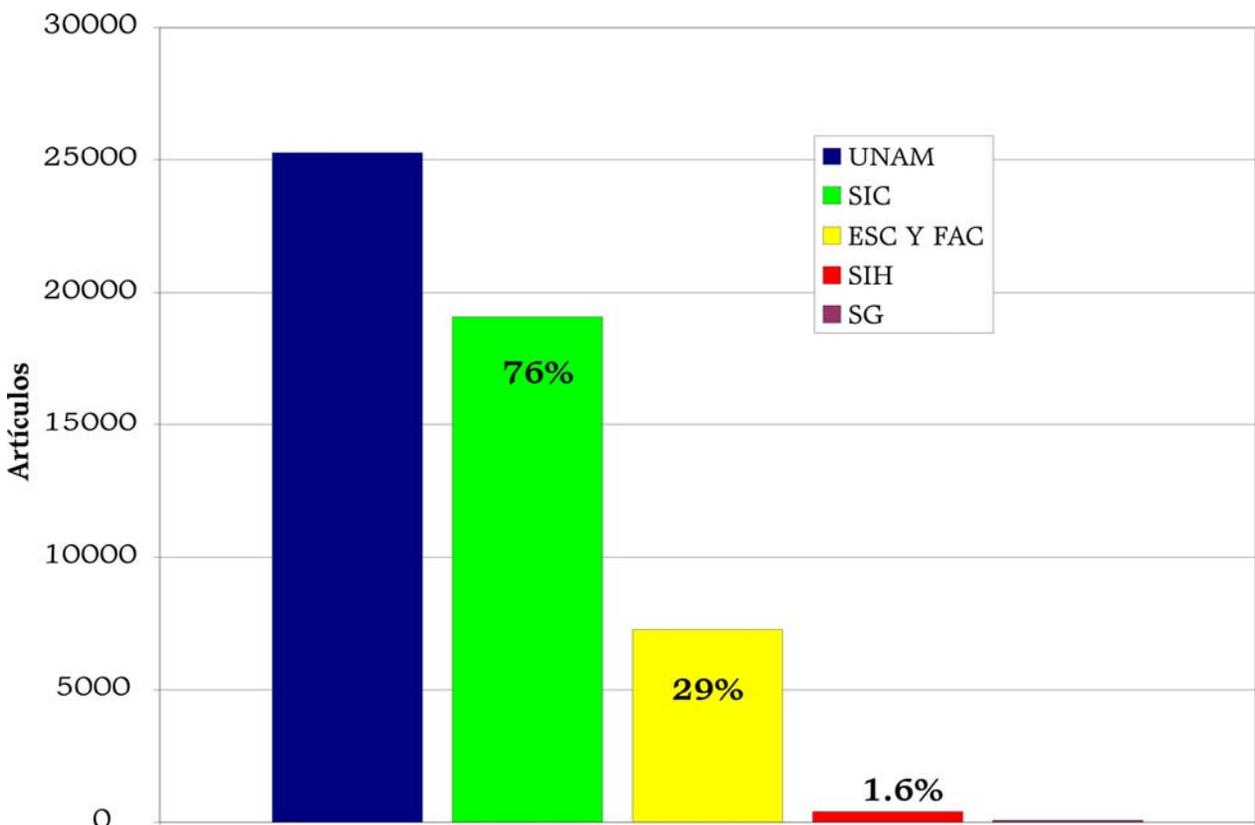
<b>COUNTRY</b>	<b>PROVINCE</b>	<b>SECTOR</b>	<b>INSTITUTION</b>
MEXICO	DF	SECTOR SALUD	IMSS
MEXICO	DF	SECTOR SALUD	SECRETARIA SALUD
USA		IES DEL EXTRANJERO	STANFORD UNIV
MEXICO	MORELOS	UNAM	UNAM IBt
MEXICO	NUEVO LEON	IES PUBLICAS	UNIV AUTONOMA NUEVO LEON
MEXICO	SAN LUIS POTOSI	IES PUBLICAS	UNIV AUTONOMA SAN LUIS POTOSI
MEXICO	YUCATAN	IES PUBLICAS	UNIV AUTONOMA YUCATAN
AUSTRALIA		IES DEL EXTRANJERO	UNIV MELBOURNE

El artículo anterior fue producido por 17 coautores afiliados a 8 instituciones diferentes de 3 países. Las instituciones son de 4 sectores, y en el caso de México participan 5 entidades federativas diferentes. Cada artículo se consideró para el total de cada coautor y para el total de cada entidad de la UNAM.

## Producción total de artículos

Casi un 7% de los artículos tienen como único dato de afiliación institucional a la UNAM. Considerando los artículos que sí indican la entidad de la UNAM a que están afiliados, el número total de artículos fue de 25, 259.

En la producción de artículos científicos de la UNAM, contenidos en la base, el subsistema con mayor participación es el SIC con el 76%, el SEF incide en un 29% de la misma (figura 3).



**Figura 3. Producción total de artículos UNAM**

Es relevante la participación del SEF en la producción de artículos científicos de la UNAM, en contraste se observa una mínima participación del SIH en la elaboración de artículos contenidos en la base, teniendo en cuenta que la base considera más de 2869 revistas de carácter internacional catalogadas en el área de las Ciencias Sociales y Humanidades.

Lo anterior hace notar una diferencia muy marcada entre los patrones de publicación entre las entidades del SIC y las del SIH.

## Producción anual de artículos

Es notorio el incremento en la producción de artículos, por parte de las entidades de los subsistemas SIC y SEF en las revistas consideradas por ISI-Thomson, a partir de los años 1990, no así por parte de las entidades del SIH que mantienen una producción muy baja en este tipo de revistas.

Del año de 1990 al 2001 el crecimiento anual promedio del SIC es del 12.3% y el del SEF es de 10.8%, sin embargo al analizar la velocidad de crecimiento, se observa que es mayor para el SEF que para el SIC, lo que marca una tendencia de mayor participación del SEF en la producción de artículos científicos de la UNAM (figura 4).

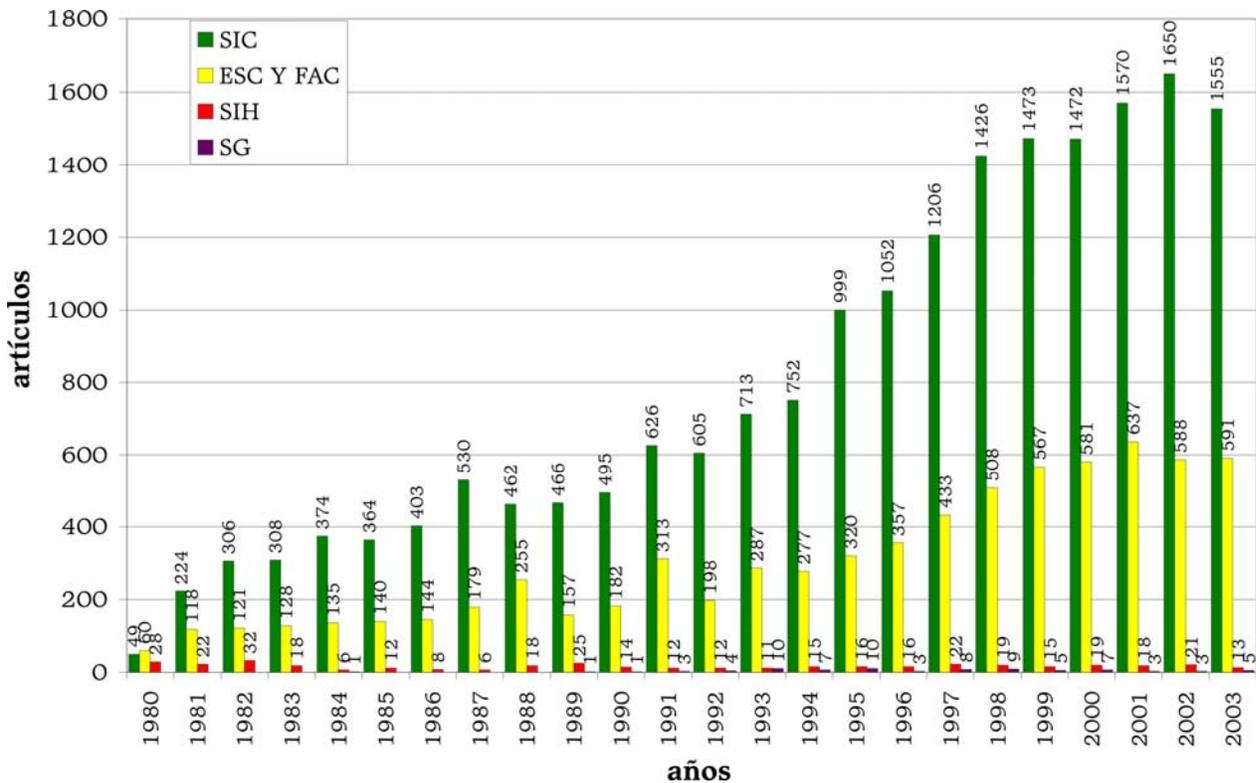


Figura 4. Producción anual por subsistema UNAM

## Artículos por área y categoría

En las siguientes tablas se presenta el número total de artículos por categoría para cada una de las 7 áreas. Hay 365 artículos escritos por autores afiliados a entidades de la UNAM clasificados en el área Multidisciplinary.

Las categorías en que se publica con una mayor incidencia en cada una de las 7 áreas son:

Physics	2576
<b>Physical, Chemical &amp; Earth Sciences</b>	
Neurosciences & Behavior	1222
<b>Life Sciences</b>	
Environment/Ecology	1039
<b>Agriculture, Biology &amp; Environmental Sciences</b>	
Materials Science & Engineering	849
<b>Engineering, Computing &amp; Technology</b>	
Psychology	767
<b>Social &amp; Behavioral Sciences</b>	
History	219
<b>Arts &amp; Humanities</b>	
General & Internal Medicine	186
<b>Clinical Medicine</b>	

Se observa que la mayor incidencia es en Física y en general en el área Physical, Chemical & Earth Sciences como lo muestran las siguientes tablas.

categoría	Total
Physics	2576
Applied Physics/Condensed Matter/Materials Science	2055
Space Science	1716
Physical Chemistry/Chemical Physics	1314
Earth Sciences	1147
Organic Chemistry/Polymer Science	638
Mathematics	555
Spectroscopy/Instrumentation/Analytical Sciences	396
Chemistry	316
Inorganic & Nuclear Chemistry	309
Analytical, Inorganic & Nuclear Chemistry	28

**Tabla 3. Artículos por categoría UNAM  
Physical, Chemical & Earth Sciences**

categoria	Total
Neurosciences & Behavior	1222
Biochemistry & Biophysics	1040
Microbiology	945
Pharmacology & Toxicology	632
Medical Research, Organs & Systems	615
Animal & Plant Science	505
Medical Research, General Topics	368
Molecular Biology & Genetics	354
Experimental Biology	326
Chemistry & Analysis	276
Cell & Developmental Biology	254
Immunology	223
Endocrinology, Nutrition & Metabolism	188
Physiology	122
Medical Research, Diagnosis & Treatment	118
Cardiovascular & Hematology Research	79
Oncogenesis & Cancer Research	64

**Tabla 4. Artículos por categoría UNAM  
Life Sciences**

categoria	Total
Environment/Ecology	1039
Plant Sciences	811
Aquatic Sciences	510
Animal Sciences	502
Biology	497
Agricultural Chemistry	333
Biotechnology & Applied Microbiology	318
Entomology/Pest Control	274
Veterinary Medicine/Animal Health	173
Food Science/Nutrition	92
Agriculture/Agronomy	52

**Tabla 5. Artículos por categoría UNAM  
Agriculture, Biology & Environmental Sciences**

categoría	Total
General & Internal Medicine	186
Dentistry/Oral Surgery & Medicine	155
Neurology	114
Research/Laboratory Medicine & Medical Technology	102
Clinical Immunology & Infectious Disease	91
Cardiovascular & Respiratory Systems	87
Environmental Medicine & Public Health	82
Gastroenterology & Hepatology	62
Rheumatology	60
Oncology	47
Surgery	46
Reproductive Medicine	35
Dermatology	34
Pediatrics	31
Urology & Nephrology	28
Pharmacology/Toxicology	24
Endocrinology, Metabolism & Nutrition	20
Hematology	17
Ophthalmology	15
Clinical Psychology & Psychiatry	14
Radiology, Nuclear Medicine & Imaging	12
Health Care Sciences & Services	10
Otolaryngology	8
Orthopedics, Rehabilitation & Sports Medicine	5
Anesthesia & Intensive Care	2
Clinical Medicine	1

**Tabla 6. Artículos por categoría UNAM  
Clinical Medicine**

categoría	Total
Materials Science & Engineering	849
Optics & Acoustics	215
Mechanical Engineering	212
Environmental Engineering & Energy	177
Chemical Engineering	177
Instrumentation & Measurement	176
Civil Engineering	172
AI, Robotics & Automatic Control	99
Metallurgy	90
Electrical and Electronics Engineering	88
Engineering Mathematics	61
Nuclear Engineering	61
Computer Science & Engineering	48
Geological, Petroleum & Mining Engineering	36
Information Technology & Communications Systems	16
Engineering Management/General	14
Computer engineering, Technology & Applications	4
Aerospace Engineering	2

**Tabla 7. Artículos por categoría UNAM  
Engineering, Computing & Technology**

categoria	Total
Psychology	767
Psychiatry	190
Public Health & Health Care Science	116
Sociology & Anthropology	96
Environmental Studies, Geography & Development	53
Political Science & Public Administration	53
Library & Information Sciences	36
Education	22
Economics	19
Management	10
Social Work & Social Policy	9
Law	3
Communication	3
Rehabilitation	1

**Tabla 8. Artículos por categoría UNAM  
Social & Behavioral Sciences**

categoria	Total
History	219
Philosophy	130
Literature	89
General	45
Language & Linguistics	38
Archaeology	20
Art & Architecture	14
Performing Arts	9
Religion & Theology	4

**Tabla 9. Artículos por categoría UNAM  
Arts & Humanities**

Si bien es de consideración el número de los artículos publicados en el área Social & Behavioral Sciences, hay que destacar que la mayor participación es por parte de entidades del SIC (IIBm, INr, IIMAS, IFC, entre otras).

La tabla 9 muestra claramente la poca incidencia en las categorías del área Arts & Humanites por parte de las entidades de la UNAM.



En la figura 5 podemos observar que el Instituto de Física (IF) es la entidad con el mayor número de artículos producidos y mantiene una colaboración alta con entidades agrupadas en el área de Ciencias Físico Matemáticas, también cabe señalar la colaboración que mantiene con entidades del SEF. La segunda entidad con mayor número de artículos es la Facultad de Química, la tercera entidad es la Facultad de Medicina, la cuarta es el Instituto de Química, entidades que también presentan una colaboración alta, hecho que contrasta con el Instituto de Astronomía (IA) que siendo la quinta entidad con mayor número de artículos publicados manifiesta una muy baja colaboración con otras entidades incluso del mismo subsistema (Tabla 10).

Entidad	Artículos
IF	3034
FQ	1977
FM	1957
IQ	1832
IA	1716
IFC	1463
IIBm	1369
FC	1352
IIM	1347
ICN	1164
IBt	1037
IB	983
IGf	811

**Tabla 10. Las 13 entidades con mayor productividad**

Como se puede observar en la misma figura 5, la Facultad de Química, la de Medicina y la de Ciencias son las entidades líderes en la elaboración de artículos del SEF e incluso mayor a varias entidades del SIC. Si bien la Facultad de Medicina presenta una fuerte colaboración con el Instituto de Fisiología Celular y la Facultad de Química con el Instituto de Química. La Facultad de Ciencias colabora, a un buen nivel, con el mayor número de entidades. En la tabla 11 se muestra el número de entidades con que colaboran las entidades que se listan en la Tabla 10.

Entidad	No entidades
FC	38
FQ	34
IF	29
FM	29
IIBm	28
IQ	26
IFC	24
IGf	24
IIM	21
IB	19
ICN	18
IBt	18
IA	14

**Tabla 11. Colaboración con otras entidades**

Para determinar subgrupos de entidades que mantienen una colaboración muy estrecha se procedió a considerar aquellas que han colaborado en más de 20 artículos y se calcularon subgrupos cohesivos del tipo k-core (Anexo A). El resultado se muestra en la figura 6. Se observa que 9 de las 13 entidades que elaboran el mayor número de artículos son las que colaboran con mayor intensidad e incluso entre ellas están vinculadas fuertemente.

Se forman cuatro subgrupos:

- 1: IF IQ IIM FQ FC
- 2: IQ FQ FM FC
- 3: IQ IFC FQ FM
- 4: IFC IIBm IBt FQ FM

Es notoria la posición de la Facultad de Química ya que forma parte de los 4 subgrupos, e incluso juega un papel de enlace entre el grupo 1 y el grupo 4.

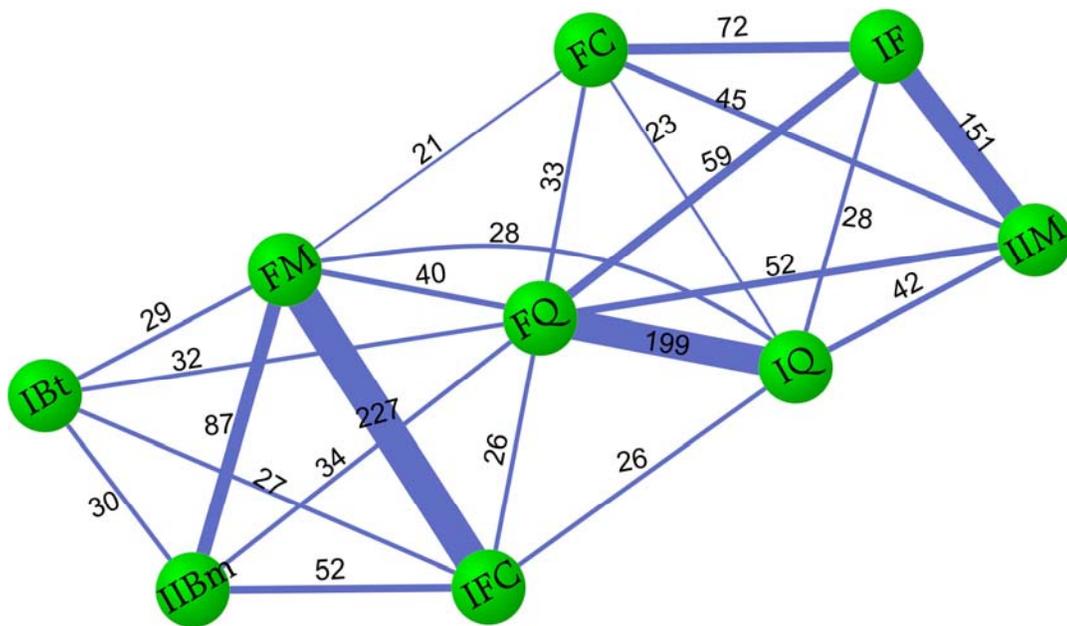


Figura 6. Núcleo de la red de colaboración de entidades

Debido a la participación que manifiestan las Escuelas y Facultades en la elaboración de artículos científicos se hizo una reagrupación de las entidades del SIC UNAM en función del patrón de colaboración que manifestaron y la temática que manejan, para observar desde otra perspectiva la colaboración por áreas de conocimiento entre el SEF y el SIC (tabla 12).

SIC_C FIS	SIC_C BIO	SIC_C SALUD	SIC_C TIERRA	SIC*
IF	IFC	IIBm	IGf	IA
IIM	IB	IBt	IGl	CRA
ICN	IE	CCG	CCA	IM
CIE	ICMyL	INr	IGg	IIMAS
CCF	CIEco		CG	CCADET
CCMC				IQ
CFATA				II

**Tabla 12. Entidades SIC-UNAM**

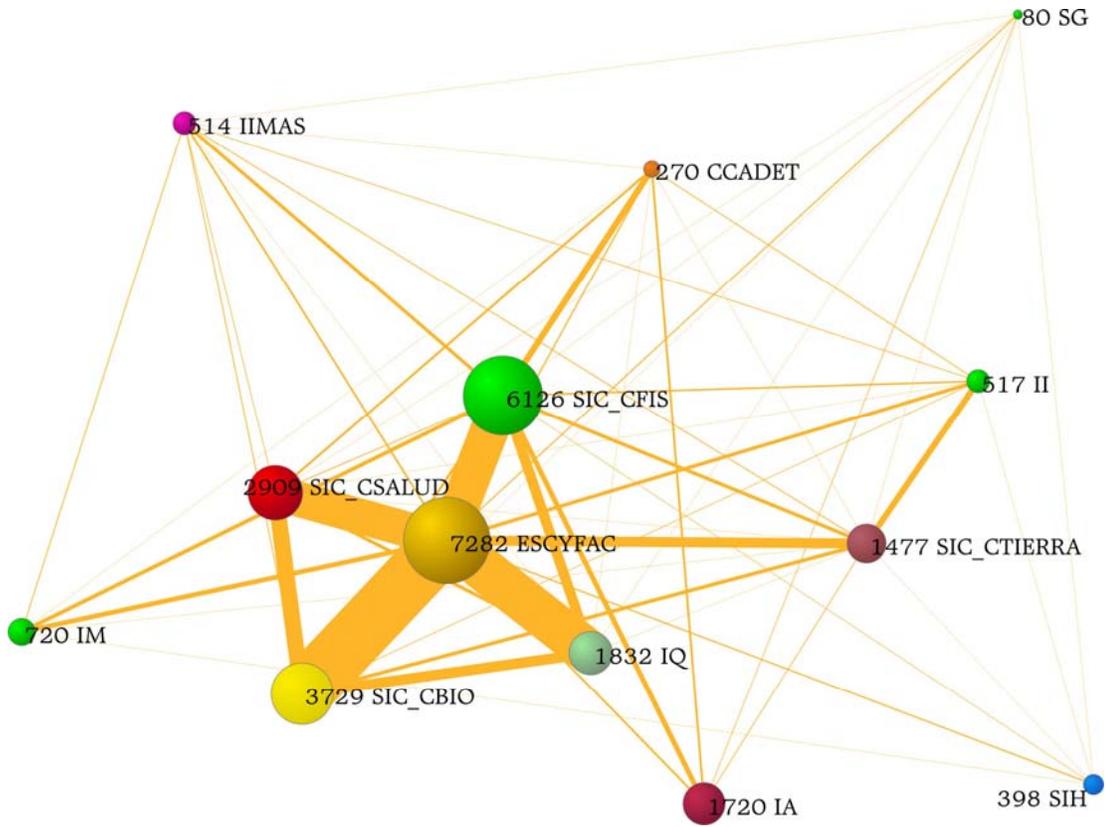
\*Estas entidades se consideraron individualmente

La tabla 13 muestra el número de artículos en colaboración entre las entidades de los subsistemas de acuerdo a la reagrupación de las entidades del SIC. Los valores de la diagonal representa el total de artículos en que participó cada entidad los valores fuera de la diagonal representa el número total de artículos en que participaron por lo menos esas dos entidades, cabe señalar que el número máximo de entidades que participaron en la elaboración de un artículo fue 4.

	ESCYFAC	SIC_C FIS	SIC_C BIO	SIC_C SALUD	SIC_C TIERRA	SIC_IQ	SIC_IA	SIC_IM	SIC_II	SIC_IIMAS	SIC_CCADET	SIH	SG
ESCYFAC	7282	314	477	288	82	359	16	39	29	15	11	11	10
SIC_C FIS	314	6126	19	8	29	84	41	32	14	27	51	5	3
SIC_C BIO	477	19	3729	133	30	86	0	0	6	8	4	0	3
SIC_C SALUD	288	8	133	2909	3	28	0	0	3	6	18	0	3
SIC_C TIERRA	82	29	31	3	1477	1	7	2	50	8	3	3	4
SIC_IQ	359	84	86	28	1	1832	0	0	0	1	2	0	2
SIC_IA	16	41	0	0	8	0	1720	0	0	0	17	0	6
SIC_IM	39	32	0	0	2	0	0	720	0	8	1	1	0
SIC_II	29	14	6	3	50	0	0	0	517	7	8	1	0
SIC_IIMAS	15	27	8	6	8	1	0	8	7	514	1	0	3
SIC_CCADET	11	51	4	18	3	2	17	1	8	1	270	0	0
SIH	11	5	0	0	3	0	0	1	1	0	0	398	4
SG	10	3	3	3	4	2	6	0	0	3	0	4	80

**Tabla 13. Colaboración entre subsistemas UNAM**

En la figura 7 se muestra la estructura de la red de colaboración entre subsistemas según la reagrupación de la tabla 13, en donde se destaca la participación del SEF.



**Figura 7. Colaboración entre Subsistemas UNAM**

## Autores por artículo

Como se muestra en la figura 8 en lo que se refiere al número de autores, que participan en la elaboración de un artículo, ha manifestado un cambio, mientras que al principio del periodo que se consideró en el estudio, el mayor número de artículos eran escritos por un solo autor, al final del mismo el mayor número de artículos son escritos por tres autores.

La producción de artículos en que participaron dos, tres y cuatro autores presenta un incremento anual mayor a la producción de artículos elaborados por un solo autor. Para el año de 2003 el número de artículos elaborados por un solo autor (147) equivale casi al 34 % de los artículos escritos por tres autores (439) y el 10.4 % de los artículos escritos por dos (357), tres (439), cuatro (362) y cinco autores (259).

En la tabla 14 se muestra el número total anual de artículos escritos por dos o más autores en comparación con el número total anual, se observa que en los últimos años los artículos escritos por dos o más autores representan más del 90% del total. Para en año de 2003 solo el 7% de los artículos son escritos por un autor (figura 9).

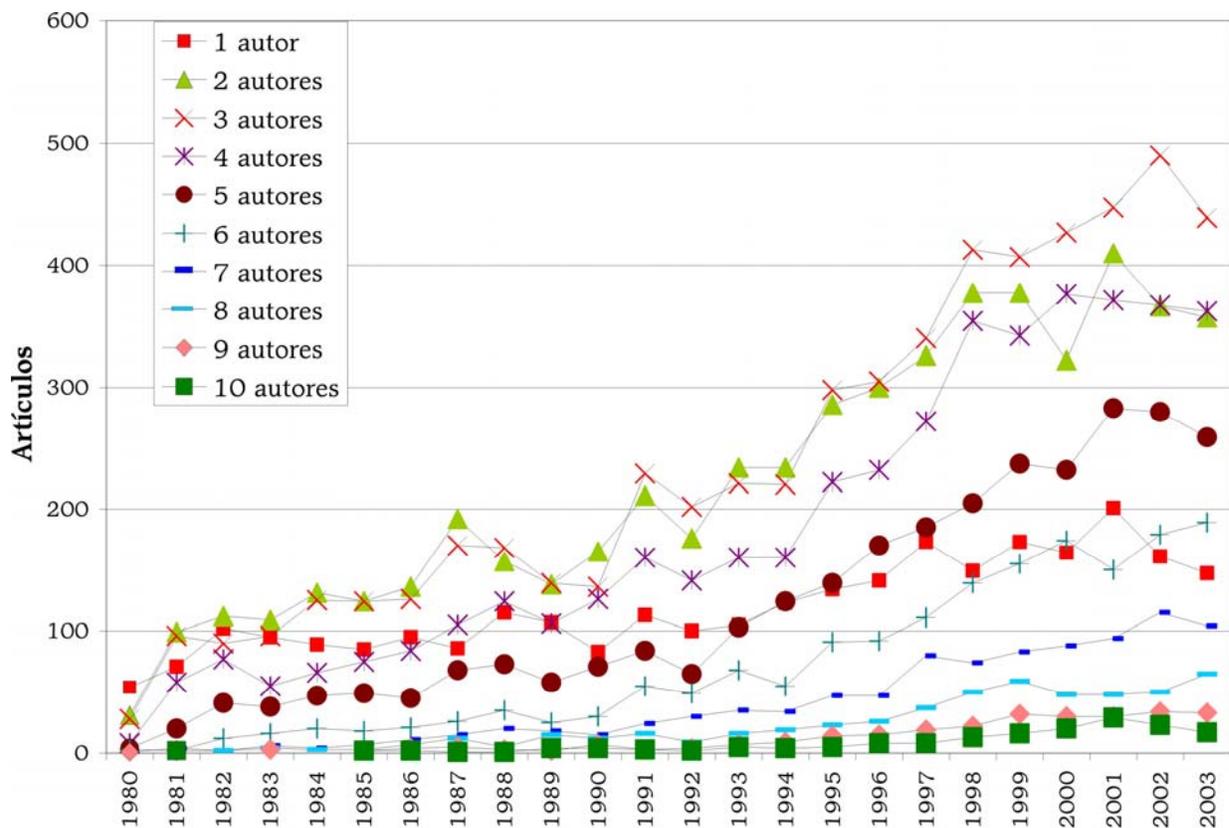
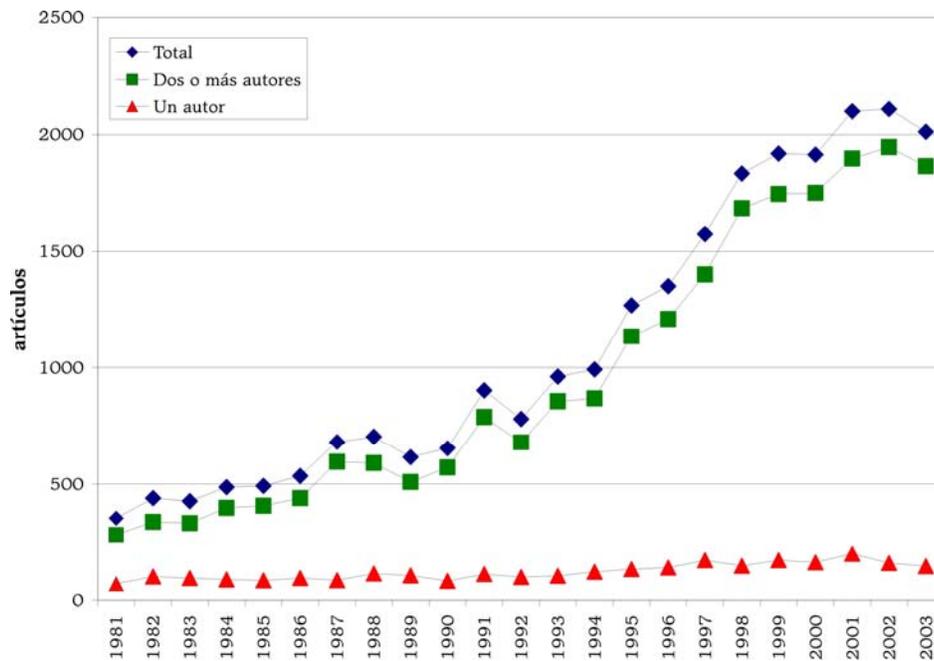


Figura 8. Producción anual de artículos por número de autores por artículo

Total	Dos o más autores	Total/Dos o más autores	Año
354	283	0.80	1981
440	338	0.77	1982
427	332	0.78	1983
487	398	0.82	1984
492	407	0.83	1985
535	440	0.82	1986
682	596	0.87	1987
706	591	0.84	1988
616	509	0.83	1989
655	572	0.87	1990
903	790	0.87	1991
781	681	0.87	1992
962	857	0.89	1993
992	869	0.88	1994
1269	1135	0.89	1995
1351	1210	0.90	1996
1575	1402	0.89	1997
1834	1685	0.92	1998
1919	1746	0.91	1999
1915	1751	0.91	2000
2099	1898	0.90	2001
2108	1947	0.92	2002
2012	1865	0.93	2003

**Tabla 14. Número de autores por artículo**

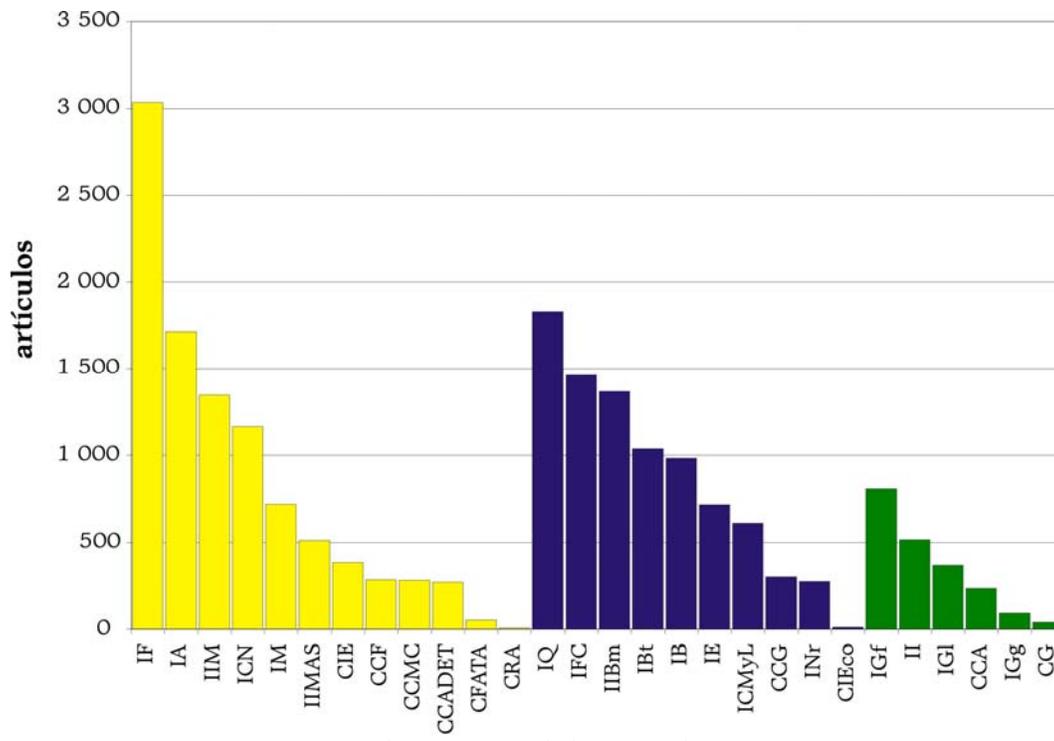


**Figura 9. Número de artículos escritos por dos o más autores vs número de artículos escritos por un autor.**

## Colaboración entre autores

Como se mencionó anteriormente en esta sección como un primer paso se procedió a la identificación de autores afiliados a entidades de SIC. Proceso que permitió la identificación de 1635 autores de las 28 entidades que integran el SIC (Anexo B).

En la figura 10 se muestra el total de artículos por cada una de las 28 entidades. Las entidades están agrupadas por área de conocimiento: Ciencias Físico Matemáticas (CFM amarillo), Ciencias Químico-Biológicas y de la Salud (CQByS azul) y Ciencias de la Tierra e Ingenierías (CTI verde).



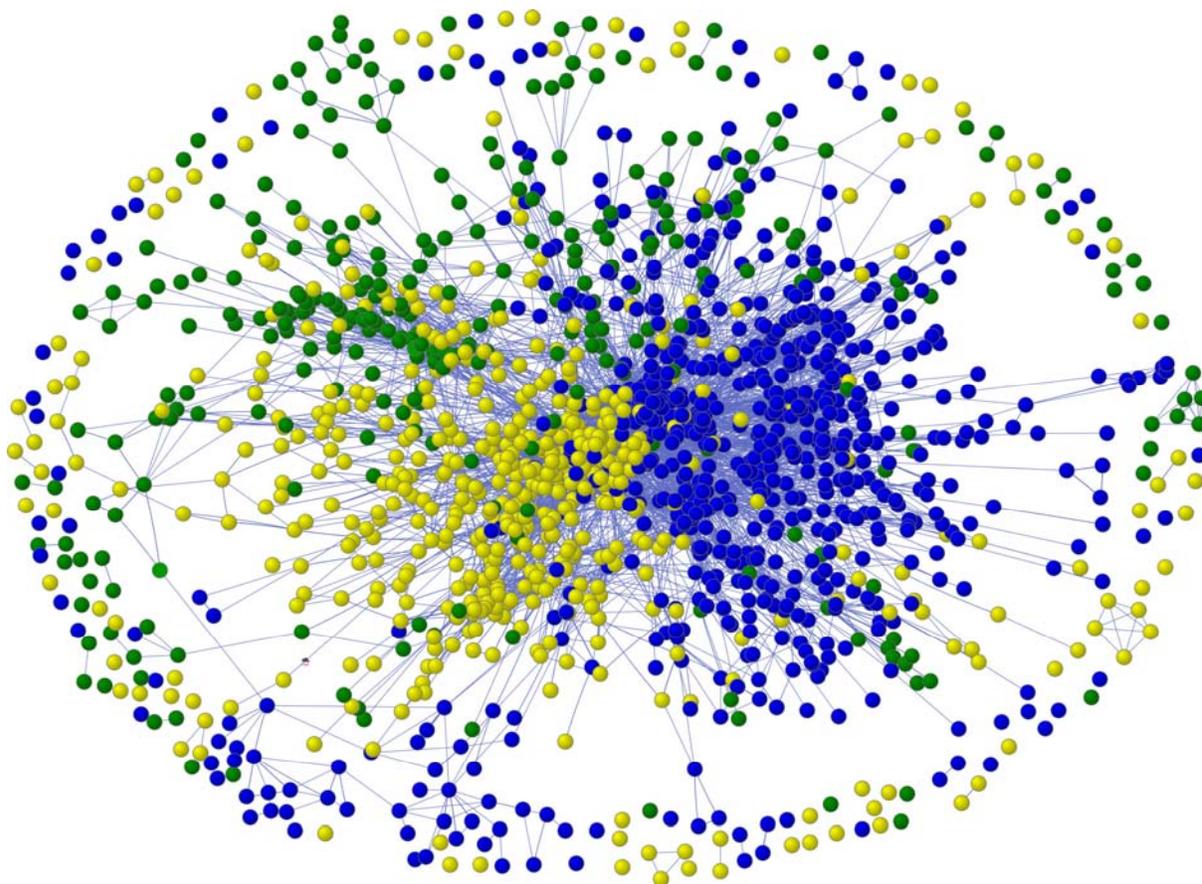
**Figura 10. Producción total de artículos\* SIC-UNAM**

\*incluye coautorías

El número total de autores identificados pertenecientes a entidades del SIC del área CFM fue 580, el del área CQByS 739 y el del área CTI 316.

En la figura 11 se muestra la colaboración que se dio durante el periodo de estudio, entre autores afiliados a las entidades de las tres áreas. En ella se pueden observar como un número considerable de autores de entidades de la misma área, nodos del mismo color, forman zonas densas que refleja la colaboración entre autores de la misma área que es el patrón más común. También se pueden identificar autores que

mantienen una estrecha colaboración o colaboran con autores de otras áreas, por los nodos situados en zonas densas de nodos de un color diferente. Así mismo se identifican nodos aislados situados en la periferia de la estructura que se refieren a autores que escriben solos. Situados en dicha periferia también se pueden identificar pequeños grupos de colaboración de autores afiliados en general a entidades de la misma área.



**Figura 11. Colaboración entre autores afiliados a entidades del SIC (1981-2003)**

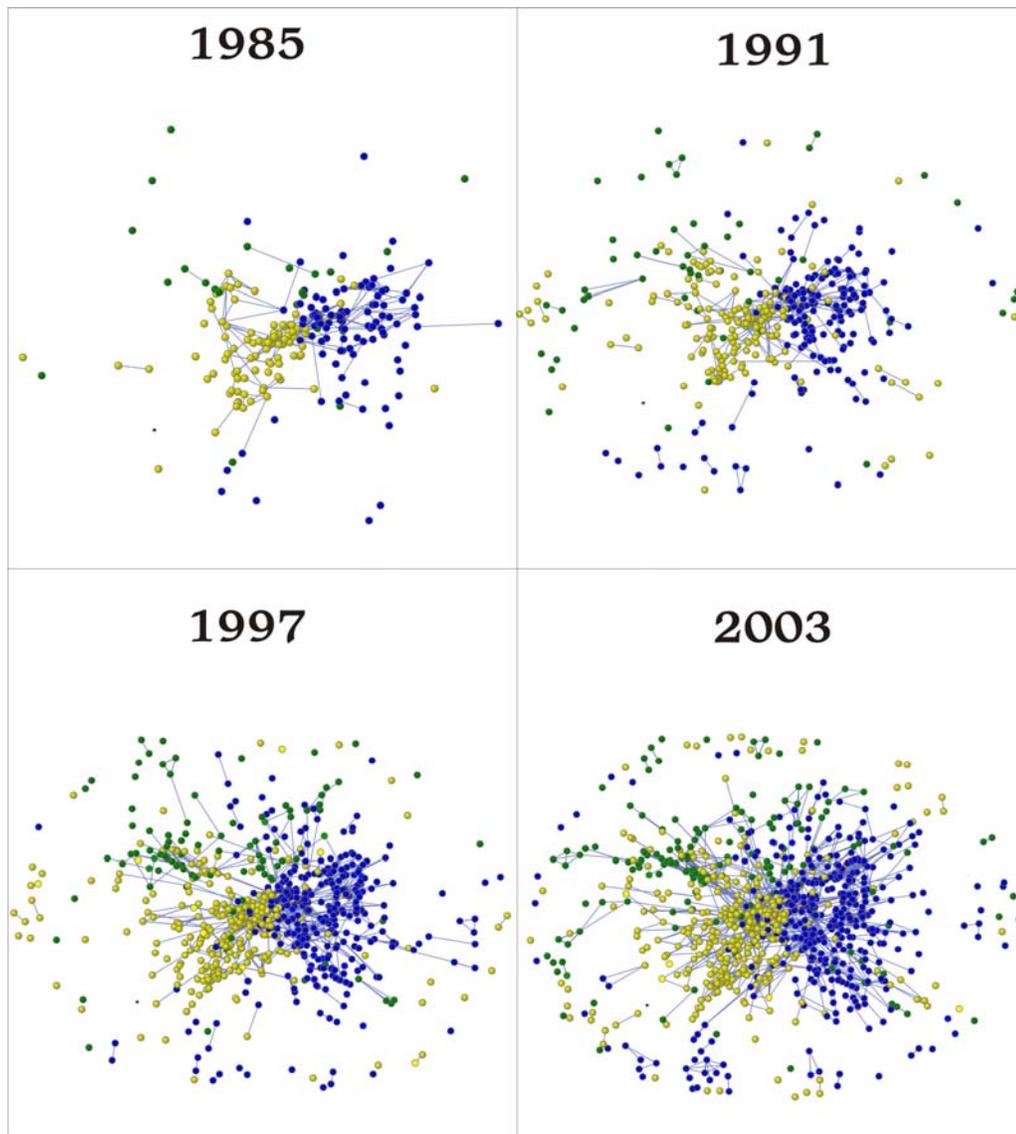
Las entidades del área de CQByS muestran un número mayor de autores que han participado en la elaboración de artículos, le siguen en número las entidades del área CFM y en tercer lugar se encuentran las entidades del área CTI. En la tabla 15 se muestra el número anual de autores por área que participaron en la publicación de artículos.

El la figura 12 se visualiza la colaboración entre autores en el año de 1985, 1991, 1997 y 2003, y se puede apreciar su incremento hacia el año de 2003.

año	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
CFM	69	85	68	87	97	114	134	132	137	149	177	186
CQByS	46	69	78	98	110	121	140	145	143	159	188	183
CTI	17	19	18	26	22	31	22	33	38	33	52	39
Total	132	173	164	211	229	266	296	310	318	341	417	408

año	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CFM	208	229	227	257	295	331	344	341	355	389	371
CQByS	218	227	287	307	347	384	366	410	438	456	444
CTI	57	47	79	63	98	103	126	139	121	149	154
Total	483	503	593	627	740	818	836	890	914	994	969

**Tabla 15. Número anual de autores por cada área.  
(1981-2003)**



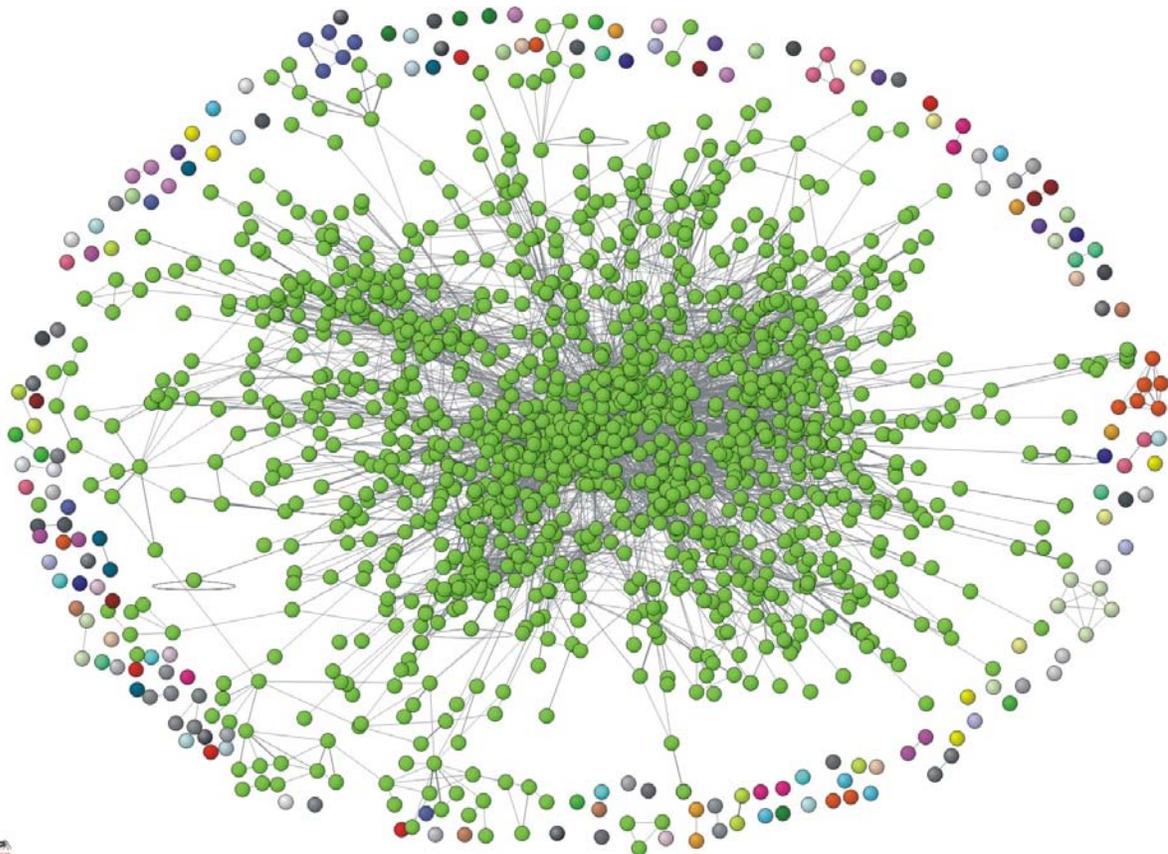
**Figura 12. Colaboración entre autores afiliados a entidades del SIC,  
a través del tiempo**

Como se señaló cuando se analizó la red de la figura 10, la red de colaboración muestra un gran número de nodos, hacia la parte central de la estructura, que forman una componente grande, y una serie de componentes menores situadas en la periferia.

Analizando la red desde este punto de vista, se determinó que el componente mayor de la red esta integrado por 1432 actores. En la tabla 16 se muestra el número de componentes de la red y el número de actores que los integran. En la figura 13 se identifican dichos componentes por nodos adyacentes del mismo color.

Número de componentes	Número de actores
138	1
20	2
3	3
2	5
1	6
1	1432

**Tabla 16. Número de actores y número de componentes**



**Figura 13. Número de actores y número de componentes**

Analizando la forma en que están conectados los nodos del componente mayor, se observa que en promedio los actores están conectados a distancia 4.34, es decir, en promedio intervienen tres actores en establecer la comunicación entre cada par de actores y 16 es el número mayor de actores que pueden fungir como intermediarios en la comunicación de ocho pares de actores. En la tabla 17 se muestra la distribución de la distancia entre actores de la red.

Distancia	Número de vínculos
1	11782
2	101062
3	444084
4	692502
5	459054
6	200274
7	80910
8	34384
9	16040
10	6714
11	1816
12	410
13	120
14	32
15	8

**Tabla 17. Distribución de la distancia entre nodos**

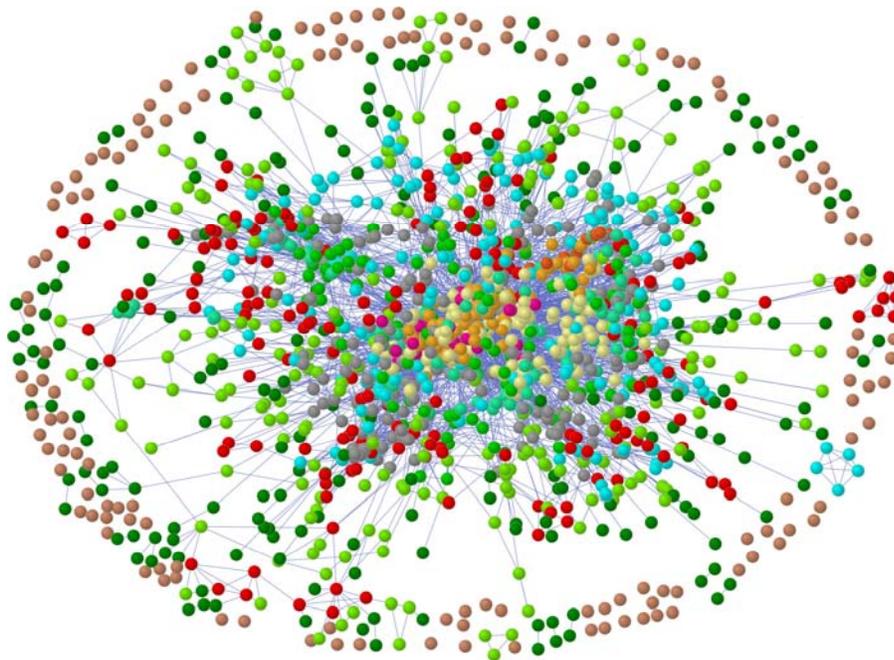
Para determinar los subgrupos formados por los actores se procedió a determinar los subgrupos tipo k-core. Se obtuvieron subgrupos k-core de grados de valor 0 hasta de valor 13. En la tabla 18 se muestra el número de actores por cada entidad del SIC que pertenecen a los diferentes subgrupos.

Es notorio que 21 actores del CCG formen parte de subgrupos en los que se ha colaborado con más de 10 actores de las diferentes entidades del SIC. Así mismo las entidades IF, IIM y IQ tienen actores que manifiestan este mismo grado de colaboración de alto grado, en el caso de IQ se determinaron 33 actores que han colaborado con 10 o más actores de las diferentes entidades.

El número de actores que han colaborado con 9 y o más actores de las diferentes entidades es un total de 144. En la figura 14 se muestran dos diferentes subgrupos que se determinaron, éstos están representados por nodos adyacentes del mismo color.

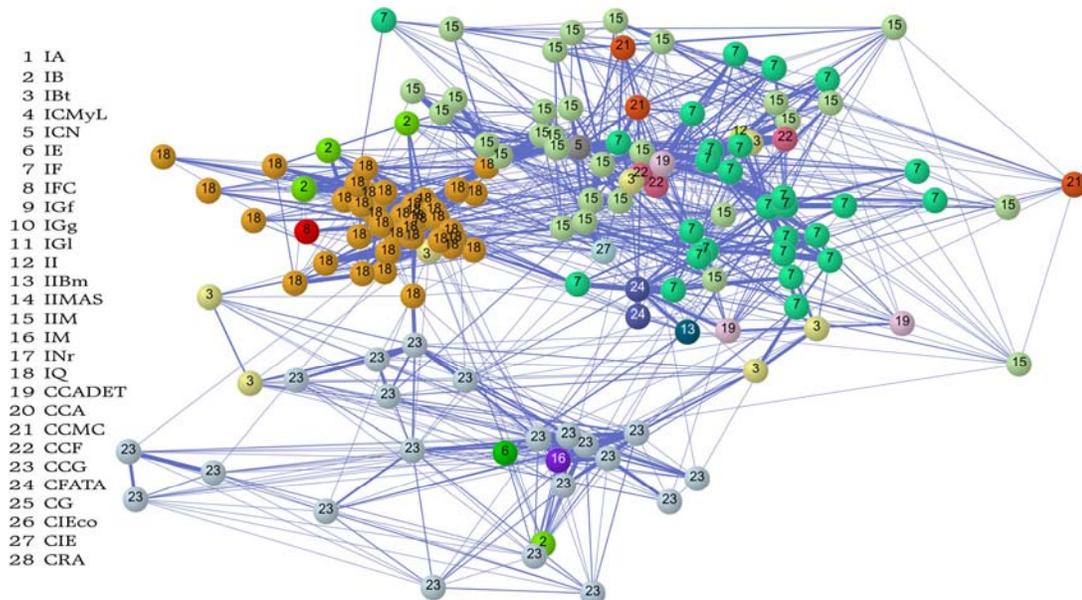
id	entidad	k-core											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	IA	4	6	3	10	10	6	10	1	1			
2	IB	13	10	18	4	5	1	1		2		4	
3	IBt	3	4	11	15	14	14	12	28	45	2	5	
4	ICMyL	12	22	26	15	1	2		1				
5	ICN	2	3	5	4	6	21	5	1	2		1	
6	IE	2	9	9	5	10	8	2				1	
7	IF	2	12	8	9	13	20	14	9	13	11	16	
8	IFC	6	7	14	9	11	10	6	7	8	1		
9	IGf	3	8	6	11	16	12	8	9				
10	IGg	5	7	4	2	1	5	1					
11	IGl	5	13	16	6	12	1	1	7				
12	II	12	32	17	6	4	7	1	2	4		1	
13	IIBm	10	16	13	2	19	18	16	5	19		1	
14	IIMAS	10	11	10	6	6	6	1	2				
15	IIM		4	8	3	4	2		4	12	9	20	
16	IM	28	21	14	6	2	1	1		1			1
17	INr		5	9	13	13	12	8					
18	IQ		2	5	4	5	6	6	3	19	5	33	
19	CCADET	10	7	4	11	6	1		1	1	1	2	
20	CCA	2	8	10	12	9	2	6		2			
21	CCMC	1		1	4		4	1	1	1		3	
22	CCF		2	8	7	2	10	2		1		3	
23	CCG	1	1	5	1	9	4		4	2		10	11
24	CFATA			5		1	2	2	1		1	1	
25	CG	2	4	1	7	5	1						
26	CIEco	2		4		1	2						
27	CIE	2	3	10	7	2	6	1	2			1	
28	CRA	1		3	2		5	5		1			

**Tabla 18. Total de actores por entidad respecto a la pertenencia a los diferentes subgrupos (k-core)**



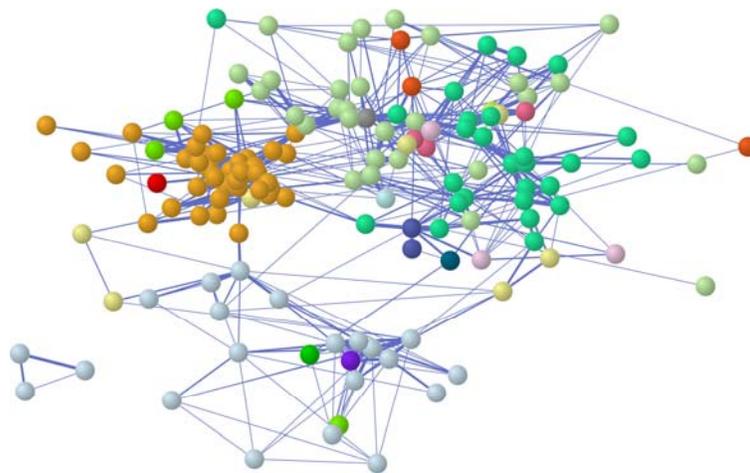
**Figura 14. Subgrupos cohesivos tipo k-core**

En la figura 15 se puede ver la afiliación de los actores que forman parte de los subgrupos tipo k-core de grado 9,10 y 11. Es considerable el número de actores de IQ con un total de 38 actores, IIM con 29, IF con 27 y CCG con 21.



**Figura 15. Subgrupos cohesivos tipo k-core (grado 9,10,11)**

Al tomar en cuenta el número de colaboraciones entre los académicos si se consideran aquellas en más de un artículo se observa que los subgrupos del CCG se desconectan de los demás subgrupos, así lo muestra la figura 16 donde se han considerado colaboraciones en más de un artículo. Esto implica que los subgrupos con mayor colaboración están formados por actores afiliados a las entidades IQ, IIM, IF, y que si bien existen subgrupos muy cohesivos en el CCG su colaboración es en general con miembros del mismo CCG.



**Figura 16. Subgrupos cohesivos tipo k-core (grado 9,10,11)  
Vínculos por la colaboración en más de un artículo**

## Conclusiones

Las entidades del Subsistema de la Investigación Científica son las que tienen la mayor participación (más del 75%) en la elaboración de artículos considerados en la base de datos.

Es de reconocer la gran participación de las escuelas y facultades en la elaboración de artículos científicos (más del 25%), en particular la participación de la Facultad de Química, la de la Facultad de Medicina y la de la Facultad de Ciencias.

En la red de colaboración entre entidades se encontró que seis institutos y tres facultades (IF IFC IIBm IBt IQ IIM FC FM FQ ) constituyen un subgrupo muy importante o núcleo de la red, con una participación en más del 55 % de los 25 259 artículos que se consideraron. Los seis institutos que forman este núcleo pertenecen al SIC dos del área de ciencias físico-matemáticas (IF,IIM) y los otros cuatro del área de ciencias químico biológicas y de la salud (IFC, IIBm, IBt, IQ), es relevante la posición del IQ y la FQ en este núcleo ya que son el enlace entre entidades de ambas áreas.

La participación de las entidades del Subsistema de la Investigación en Humanidades es casi nula en los artículos considerados en la base, lo que marca una diferencia muy grande en el tipo de revistas en que publican los académicos afiliados a entidades del Subsistema de la Investigación Científica y los académicos afiliados a entidades del Subsistema de la Investigación en Humanidades.

En el caso de los académicos afiliados a entidades del Subsistema de Escuelas y Facultades, se observó la colaboración entre entidades pertenecientes moderada con los académicos afiliados a entidades del Subsistema de la Investigación Científica.

Se puede observar que la colaboración entre investigadores muestra un incremento muy fuerte, así lo corrobora el hecho que para el año de 2003 el 93 % de los artículos son escritos por dos o más autores. Este nivel de colaboración se da entre académicos de disciplinas cercanas, ya que la colaboración entre académicos afiliados a diferentes entidades alcanza a penas el 11.8% del total de artículos considerados.

La década de los años 1990 marca un cambio sustancial en la producción de artículos científicos, se manifiesta un incremento sostenido en el número de artículos y se incrementa la coautoría.

En la red de colaboración entre académicos el núcleo está integrado en su mayoría por académicos de tres entidades IQ, IIM, IF.

## Anexo A. Elementos de teoría de gráficas y de análisis de redes sociales

### Teoría de Gráficas<sup>10</sup>

Una gráfica  $G$  consiste de un conjunto finito  $V$ , no vacío, de  $n$  nodos (o vértices), junto con un conjunto  $X$  de  $m$  pares no ordenados de nodos distintos de  $V$ . Cada par  $x=(u,v)$  de nodos en  $X$ , con  $u,v \in V$ , es una línea (o arista) en  $G$ .

Para cada par  $x=(u,v)$   $x \in X$ ;  $u,v \in V$ , diremos que  $u$  y  $v$  son nodos adyacentes.

Para cada par  $x=(u,v)$   $x \in X$ ;  $u,v \in V$ , diremos que  $u$  y  $x$  son incidentes ó que  $u$  incide en  $x$  y a su vez  $x$  incide en  $u$ , de igual manera  $v$  y  $x$  son incidentes.

El grado de un nodo  $v$  en una gráfica  $G$  denotado como  $deg v$ , es el número de líneas incidentes con el nodo  $v$ .

Un camino de una gráfica  $G$  es una sucesión alternada de nodos y aristas  $v_1, x_1, v_2, x_2, v_3, \dots, v_{q-1}, x_{q-1}, v_q$ , comenzando y terminando con un nodo, tal que  $x_i=(v_i, v_{i+1})$  para  $i = 1, 2, 3, \dots, q-1$ . Se dice que los nodos  $v_1$  y  $v_q$  están unidos por un camino.

Una trayectoria en un camino tal que  $v_i \neq v_j$  para todo  $i, j = 1, 2, 3, \dots, q-1$ .

La longitud de un camino es el número de aristas o líneas que componen el camino.

La distancia entre dos nodos  $u$  y  $v$  en  $G$  es la longitud de la trayectoria de longitud más corta que los une.

Una gráfica es conexa (o está conectada) si cada par de nodos esta unido por un camino.

Dada una gráfica  $G$ , una subgráfica  $H$  de  $G$  es una gráfica tal que  $V(H) \subseteq V(G)$  y  $A(H) \subseteq A(G)$ . También se dice que  $H$  está contenida en  $G$ .

---

<sup>10</sup> Harary, 1969; C. Hernández 1997.

## Análisis de Redes Sociales

Disciplina de las ciencias del comportamiento que otorga un particular énfasis al estudio de las relaciones entre entidades sociales, a los patrones, antecedentes y consecuencias de las mismas.

### Actor o nodo

A las entidades sociales se les denomina actores. Los actores son individuos, corporaciones o unidades sociales colectivas. El hecho de llamarlos actores no significa que tenga la necesidad o la voluntad de actuar. Más aún, en la mayoría de las ocasiones uno analiza la estructura de la red formada por un conjunto de actores dentro de un cierto contexto.

### Relación

Interacciones entre individuos que dan lugar a proporcionar afecto, asistencia, intercambiar información, recursos, etc., y propician la creación de lazos o vínculos perdurables con características afectivas como respeto, lealtad, reciprocidad. Dependiendo del ámbito en que se den, pueden ser relaciones familiares, laborales, de amistad, etc.

### Red

Conjunto finito de actores entre los que se establece un número finito de vínculos de acuerdo a un tipo de relación y dentro de un contexto determinado.

### Subgrupo

En el mismo ámbito de una red frecuentemente se pueden identificar subconjuntos de actores cuya frecuencia de interacción entre ellos permitiría considerarlos como una entidad aparte.

### k-core<sup>11</sup>

Es un subgrupo maximal en el que cada nodo tiene al menos grado  $k$  dentro del subgrupo. Maximal se refiere al conjunto de cardinalidad mayor que satisfaga la propiedad que se determinó.

---

<sup>11</sup> de Nooy et al, 2005, pp. 63

## Anexo B. Entidades de la UNAM que se identificaron

Entidades del Subsistemas de la Investigación Científica (SIC) agrupadas por área de conocimiento.

### Ciencias Físico Matemáticas (CFM)

Instituto de Astronomía	IA
Instituto de Ciencias Nucleares	ICN
Instituto de Física	IF
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas	IIMAS
Instituto de Investigaciones en Materiales	IIM
Instituto de Matemáticas	IM
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico	CCADET
Centro de Ciencias de la Materia Condensada	CCMC
Centro de Ciencias Físicas	CCF
Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada	CFATA
Centro de Investigaciones en Energía	CIE
Centro de Radioastronomía y Astrofísica	CRA

### Ciencias Químico Biológicas y de la Salud (CQByS)

Instituto de Biología	IB
Instituto de Biotecnología	IBt
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	ICMyL
Instituto de Ecología	IE
Instituto de Fisiología Celular	IFC
Instituto de Investigaciones Biomédicas	IIBm
Instituto de Neurobiología	INr
Instituto de Química	IQ
Centro de Ciencias Genómicas	CCG
Centro de Investigaciones en Ecosistemas	CIEco

### Ciencias de la Tierra e Ingenierías (CTI)

Instituto de Geofísica	IGf
Instituto de Geología	IGl
Instituto de Ingeniería	II
Instituto de Geografía	IGg
Centro de Ciencias de la Atmósfera	CCA
Centro de Geociencias	CG

### Entidades del Subsistemas de la Investigación en Humanidades (SIH)

Instituto de Investigaciones Antropológicas	IIA
Instituto de Investigaciones Económicas	IIEco
Instituto de Investigaciones Estéticas	IIEst
Instituto de Investigaciones Filológicas	IIFl
Instituto de Investigaciones Filosóficas	IIFs
Instituto de Investigaciones Históricas	IIH
Instituto de Investigaciones Jurídicas	IIJ
Instituto de Investigaciones Sociales	IIS
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades	CIICH

Centro de Investigaciones sobre América del Norte  
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias  
Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas

CISAN  
CRIM  
CUIB

## Escuelas y Facultades

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades	CCH
Escuela Nacional de Música	ENM
Escuela Nacional Preparatoria	ENP
Facultad de Arquitectura	FA
Facultad de Ciencias	FC
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	FCPyS
Facultad de Derecho	FD
Facultad de Economía	FE
Facultad de Estudios Superiores (F.E.S.) Acatlán	ENEP A
Facultad de Estudios Superiores (F.E.S.) Aragón	FES A
Facultad de Estudios Superiores (F.E.S.) Cuautitlán	FES C
Facultad de Estudios Superiores (F.E.S.) Iztacala	FES I
Facultad de Estudios Superiores (F.E.S.) Zaragoza	FES Z
Facultad de Filosofía y Letras	FFyL
Facultad de Ingeniería	FI
Facultad de Medicina	FM
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	FMVyZ
Facultad de Odontología	FO
Facultad de Psicología	FP
Facultad de Química	FQ

## Otras entidades

DGSCA  
CICH  
DGEP  
CELE\*  
BN  
DGSM

\*El se incorporó recientemente al SIH

## Anexo C. Clasificación por tema hecha por ISI-Thomson

### **Agriculture, Biology & Environmental Sciences**

AGRICULTURE/AGRONOMY  
ANIMAL SCIENCES  
AQUATIC SCIENCES  
BIOLOGY  
BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY  
CURRENT BOOK CONTENTS

### **Social & Behavioral Sciences**

COMMUNICATION  
CURRENT BOOK CONTENTS  
ECONOMICS  
EDUCATION  
ENVIRONMENTAL STUDIES, GEOGRAPHY & DEVELOPMENT  
LAW  
LIBRARY & INFORMATION SCIENCES  
MANAGEMENT

### **Clinical Medicine**

ANESTHESIA & INTENSIVE CARE  
CARDIOVASCULAR & RESPIRATORY SYSTEMS  
CLINICAL IMMUNOLOGY & INFECTIOUS DISEASE  
  
CLINICAL PSYCHOLOGY & PSYCHIATRY  
CURRENT BOOK CONTENTS  
DENTISTRY/ORAL SURGERY & MEDICINE  
DERMATOLOGY  
ENDOCRINOLOGY, METABOLISM & NUTRITION  
ENVIRONMENTAL MEDICINE & PUBLIC HEALTH

GASTROENTEROLOGY & HEPATOLOGY  
GENERAL & INTERNAL MEDICINE  
HEALTH CARE SCIENCES & SERVICES  
HEMATOLOGY

### **Life Sciences**

ANIMAL & PLANT SCIENCE  
BIOCHEMISTRY & BIOPHYSICS  
CARDIOVASCULAR & HEMATOLOGY RESEARCH  
CELL & DEVELOPMENTAL BIOLOGY  
CHEMISTRY & ANALYSIS  
CURRENT BOOK CONTENTS  
ENDOCRINOLOGY, NUTRITION & METABOLISM  
EXPERIMENTAL BIOLOGY  
IMMUNOLOGY  
MEDICAL RESEARCH, DIAGNOSIS & TREATMENT

### **Physical, Chemical & Earth Sciences**

APPLIED PHYSICS/CONDENSED MATTER/MATERIALS SCIENCE  
CHEMISTRY  
CURRENT BOOK CONTENTS  
EARTH SCIENCES

ENTOMOLOGY/PEST CONTROL  
ENVIRONMENT/ECOLOGY  
FOOD SCIENCE/NUTRITION  
MULTIDISCIPLINARY  
PLANT SCIENCES  
VETERINARY MEDICINE/ANIMAL HEALTH

POLITICAL SCIENCE & PUBLIC ADMINISTRATION  
PSYCHIATRY  
PSYCHOLOGY  
PUBLIC HEALTH & HEALTH CARE SCIENCE  
REHABILITATION  
SOCIAL WORK & SOCIAL POLICY  
SOCIOLOGY & ANTHROPOLOGY

NEUROLOGY  
ONCOLOGY  
OPHTHALMOLOGY  
ORTHOPEDICS, REHABILITATION & SPORTS  
MEDICINE  
OTOLARYNGOLOGY  
PEDIATRICS  
PHARMACOLOGY/TOXICOLOGY  
RADIOLOGY, NUCLEAR MEDICINE & IMAGING  
REPRODUCTIVE MEDICINE  
RESEARCH/LABORATORY MEDICINE & MEDICAL  
TECHNOLOGY  
RHEUMATOLOGY  
SURGERY  
UROLOGY & NEPHROLOGY

MEDICAL RESEARCH, GENERAL TOPICS  
MEDICAL RESEARCH, ORGANS & SYSTEMS  
MICROBIOLOGY  
MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS  
MULTIDISCIPLINARY  
NEUROSCIENCES & BEHAVIOR  
ONCOGENESIS & CANCER RESEARCH  
PHARMACOLOGY & TOXICOLOGY  
PHYSIOLOGY

CIVIL ENGINEERING  
COMPUTER SCIENCE & ENGINEERING  
CURRENT BOOK CONTENTS  
ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

INORGANIC & NUCLEAR CHEMISTRY  
MATHEMATICS  
MULTIDISCIPLINARY  
  
ORGANIC CHEMISTRY/POLYMER SCIENCE  
  
PHYSICAL CHEMISTRY/CHEMICAL PHYSICS  
PHYSICS  
SPACE SCIENCE  
SPECTROSCOPY/INSTRUMENTATION/ANALYTICAL SCIENCES  
AEROSPACE ENGINEERING  
AI, ROBOTICS & AUTOMATIC CONTROL  
CHEMICAL ENGINEERING

**Arts & Humanities**

ARCHAEOLOGY  
ART & ARCHITECTURE  
CLASSICAL STUDIES  
CURRENT BOOK CONTENTS  
GENERAL

ENGINEERING MANAGEMENT/GENERAL  
ENGINEERING MATHEMATICS  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING & ENERGY  
GEOLOGICAL, PETROLEUM & MINING  
ENGINEERING  
INFORMATION TECHNOLOGY &  
COMMUNICATIONS SYSTEMS  
INSTRUMENTATION & MEASUREMENT  
MATERIALS SCIENCE & ENGINEERING  
MECHANICAL ENGINEERING  
METALLURGY  
NUCLEAR ENGINEERING  
OPTICS & ACOUSTICS

HISTORY  
LANGUAGE & LINGUISTICS  
LITERATURE  
PERFORMING ARTS  
PHILOSOPHY

## Bibliografía

Larissa Adler-Lomnitz y Jorge Gil-Mendieta (2002), “El neoliberalismo y los cambios en la elite de poder en México”, *REDES- Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 1(5), Enero. <http://revista-redes.rediris.es>

Ulrik Brandes, Patrick Kenis y Jörg Raab (2005), “La explicación a través de la visualización de redes”, *REDES- Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 9(6), Diciembre. <http://revista-redes.rediris.es>

Luis de Moya-Anegón (2004), *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española*, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, España.

de Nooy, W., A. Mrvar, V. Batagelj (2005), *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*, Cambridge, Cambridge University Press.

Katerine Faust (2002), “Las redes sociales en las ciencias sociales y del comportamiento” en *Análisis de Redes: Aplicaciones en Ciencias Sociales*, Jorge Gil Mendieta y Samuel Schmidt (eds), IIMAS, UNAM, México, pp 1-14.

Linton C. Freeman (1979), “Centrality in Social Networks. I. Conceptual Clarification”, *Social Networks*, 1:215-239.

\_\_\_\_\_. (1996) “Some Antecedents of Social Network Analysis”, *Connections*, 19(1):39-42, INSNA.

\_\_\_\_\_. (2000) Visualizing Social Networks, *Journal of Social Structure* 1 (1). <http://www.cmu.edu/joss/content/articles/volume1/Freeman.html>.

Jorge Gil Mendieta y Samuel Schmidt (eds) (2002), *Análisis de Redes: Aplicaciones en Ciencias Sociales*, IIMAS, UNAM, México.

\_\_\_\_\_. (1999), *La Red Política en México: Modelación y análisis por medio de la teoría de gráficas*, IIMAS, UNAM, México.

Harary, F. (1969), *Graph Theory*, Addison-Wesley Publishing Company Inc., USA.

Harary, F., Norman, R.Z. and Cartwright, D. (1965), *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs*, John Wiley & Sons, New York, USA.

C. Hernández Ayuso (1997), *Introducción a la Teoría de Redes*, Aportaciones Matemáticas: Serie Textos Num. 12, Sociedad Matemática Mexicana.

J. Sylvan Katz and Ben R. Martin (1997), “What is research collaboration?”, *Research Policy*, 26:1-18.

M.E.J. Newman (2001), “The Structure of Scientific collaboration Networks”, *PNAS*, January, 98(2):404-409.

Jane M. Russell (2005), “Scientific Communication at the Beginning of the Twenty-First Century”, *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 41(1): 545 – 549.

John Scott (1991), *Social Network Analysis: A Hand Book*, Sage Publications, London, UK.

Caroline S. Wagner and Loet Leydesdorff (2005), “Mapping the network of global science: comparing international co-authorships from 1990 to 2000”, *International Journal of Technology and Globalisation*, 1(2):185-208.

Stanley Wasserman & Katherine Faust (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, New York, USA.

## Tablas

Tabla 1. Áreas que considera ISI-Thomson	16
Tabla 2. Muestra de la referencia a la institución de afiliación.	16
Tabla 3. Artículos por categoría UNAM (Physical, Chemical & Earth Sciences)	20
Tabla 4. Artículos por categoría UNAM (Life Sciences)	21
Tabla 5. Artículos por categoría UNAM (Agriculture, Biology & Environmental Sciences)	21
Tabla 6. Artículos por categoría UNAM (Clinical Medicine)	22
Tabla 7. Artículos por categoría UNAM (Engineering, Computing & Technology)	22
Tabla 8. Artículos por categoría UNAM (Social & Behavioral Sciences)	23
Tabla 9. Artículos por categoría UNAM (Arts & Humanities)	23
Tabla 10. Las 13 entidades con mayor productividad	25
Tabla 11. Colaboración con otras entidades	25
Tabla 12. Entidades SIC-UNAM	27
Tabla 13. Colaboración entre subsistemas UNAM	27
Tabla 14. Número de autores por artículo	30
Tabla 15. Número anual de autores por cada área (1981-2003)	33
Tabla 16. Número de actores y número de componentes	34
Tabla 17. Distribución de la distancia entre nodos	35
Tabla 18. Total de actores por entidad respecto a la pertenencia a los diferentes subgrupos (k-core)	36

## Figuras

Figura 1. Representación de una gráfica de seis nodos y ocho aristas	10
Figura 2. Definición conceptual de la base de datos	15
Figura 3. Producción total de artículos UNAM	18
Figura 4. Producción anual por subsistema UNAM	19
Figura 5. Colaboración entre subsistemas UNAM	24
Figura 6. Núcleo de la red de colaboración de entidades	26
Figura 7. Colaboración entre Subsistemas UNAM	28
Figura 8. Producción anual de artículos por número de autores por artículo	29
Figura 9. Número de artículos escritos por dos o más autores vs número de artículos escritos por un autor.	30
Figura 10. Producción total de artículos SIC-UNAM	31
Figura 11. Colaboración entre autores afiliados a entidades del SIC (1981-2003)	32
Figura 12. Colaboración entre autores afiliados a entidades del SIC, a través del tiempo	33
Figura 13. Número de actores y número de componentes	34
Figura 14. Subgrupos cohesivos tipo k-core	36
Figura 15. Subgrupos cohesivos tipo k-core (grado 9,10,11)	37
Figura 16. Subgrupos cohesivos tipo k-core (grado 9,10,11). Vínculos por la colaboración en más de un artículo	37