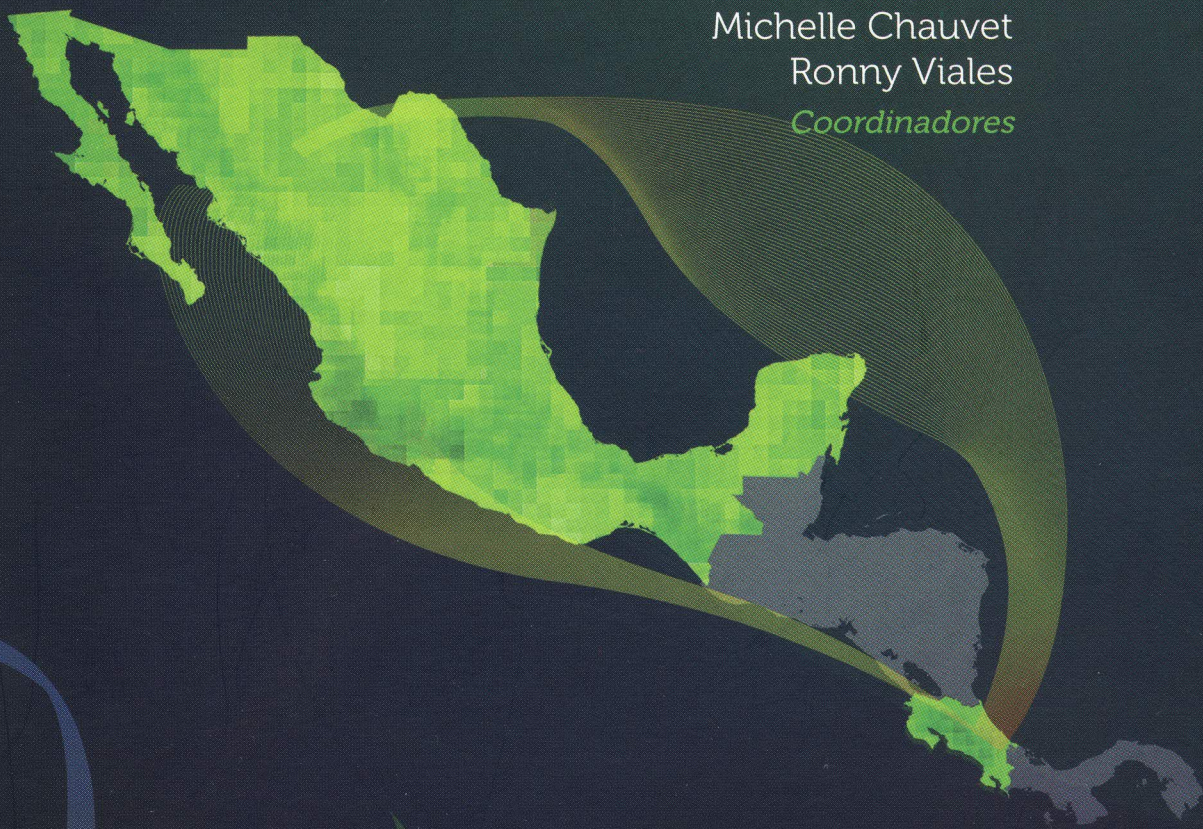


**Redes y estilos de investigación
ciencia
tecnología
innovación y
sociedad en
México y Costa Rica**

Antonio Arellano
Michelle Chauvet
Ronny Viales
Coordinadores



MAPorrúa
librero-editor • México

**Las ciencias
sociales**
TERCERA DECADA

Universidad
Autónoma
Metropolitana
Casa abierta al tiempo



Azcapotzalco



Universidad
Autónoma del
Estado de México

**Redes y estilos de investigación
ciencia
tecnología
innovación y
sociedad en
México y Costa Rica**

S E R I E
ciencias
sociales
TERCERA DÉCADA

Redes y estilos de investigación ciencia tecnología innovación y sociedad en México y Costa Rica

Antonio Arellano
Michelle Chauvet
Ronny Viales
Coordinadores

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo Azcapotzalco



Universidad
Autónoma del
Estado de México


MAPorrúa
librero-editor • México

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,
se privilegia con el aval de las instituciones coeditoras.

Primera edición, noviembre de 2013

© 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD AZCAPOTZALCO

© 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO DE ESTUDIOS SOBRE LA UNIVERSIDAD

© 2013

Por características tipográficas y de diseño editorial
MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor

Derechos reservados conforme a la ley

ISBN: 978-607-401-716-8 MAP

ISBN: 978-607-477-953-0 UAM

Portada: El Domo Comunicación de Costa Rica

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito de GEMAPORRÚA, en términos de lo así previsto por la *Ley Federal del Derecho de Autor* y, en su caso, por los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

LIBRO IMPRESO SOBRE PAPEL DE FABRICACIÓN ECOLÓGICA CON BULK A 80 GRAMOS

www.maporrúa.com.mx

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000 México, D.F.

Mapeo de las redes de investigación tecnocientífica del Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México

Antonio Arellano Hernández*

INTRODUCCIÓN.

RELACIONANDO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICAMENTE ENTIDADES SOCIALES Y TECNOCIENTÍFICAS

El objetivo de este trabajo consiste en abordar de manera teórica y analítica el tema del mapeo de las redes de investigación, posgrado y vinculación del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA). Se trata de realizar un análisis computacional sobre la conformación de redes heterogéneas de las relaciones entre los diversos aspectos de investigación, docencia y vinculación de dicha institución.

En el presente trabajo tomamos como objeto de análisis reticular al CIRA, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), partiendo del hecho que alberga una masa crítica de investigadores multinacional, de amplios vínculos de trabajo internacional, de diversas formaciones académicas, de intensa actividad investigativa. En el contexto de la UAEMex, el CIRA es ejemplo de excelencia y actividad académicas, que incluyen investigación, educación de alto nivel, vinculación universitaria y divulgación en un tema vital como es el representado por los recursos hídricos en el plano interamericano. Como elemento relevante, en 1988 el CIRA fue reconocido como centro de excelencia por la UNESCO.

El CIRA es un objeto de estudio de gran interés para los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, así como para ilustrar de manera gráfica las relaciones reticulares sociotécnicas que le dan contenido. Por esta razón,

*La investigación que sustenta este texto fue financiada por la UAEMex mediante el proyecto de investigación 2595/2008.

en el presente capítulo abordamos el análisis reticular asistido por computadora con el *software* RL del CIRA; la finalidad es mostrar las posibilidades analíticas de este *software* y servir como comparación de sus capacidades y debilidades respecto al empleo de los *software* Ucinet y Pajeck, que se emplearon en diferentes temas de estudio en otros capítulos.

El análisis empírico del mapeo de las informaciones de las actividades del CIRA es un caso metodológico de la aplicación general de la perspectiva de red, y en particular de la idea de actor-red. El RL es un programa informático derivado directamente del enfoque de redes sociotécnicas promovido por Callon desde los años ochenta. Por esta razón, el caso que nos ocupa lo abordamos partiendo de una explicación de la noción de red sociotécnica y su vínculo con el desarrollo de asistentes informáticos gráficos para después entrar al análisis de los datos de un centro de investigación que nos ha servido de ejemplo.

El tipo de mapeo reticular elaborado en este ensayo proviene de los trabajos de los científicos de las ciencias sociales, quienes en alianza con especialistas de los sistemas informáticos desarrollaron una serie de métodos que permite el tratamiento cuantitativo de datos asistidos por computadora (Allende y Arellano, 2004). Se trata, sobre todo, de eliminar la oposición entre métodos cuantitativos y cualitativos, e introducir nuevas fuentes de significación.

Uno de los problemas fundamentales del análisis computacional de la investigación tecnocientífica reside en la parcialidad y la heterogeneidad de los datos disponibles (Mogoutov, 1999; Dodier y Barbot, 2000), concentrados y organizados en bases de datos de toda índole. Pero el mayor problema del análisis computacional de estos datos parciales y heterogéneos reside en los límites de los análisis cualitativos o cuantitativos que reflejan dos mundos separados (Mogoutov, 1998); por un lado, un mundo de relaciones estrictamente sociales y, por otro, de vínculos simbólicos y conceptuales. Para resolver esta cuestión se ha desarrollado un *set* de técnicas avanzadas de análisis de datos y de visualización de resultados obtenidos, los cuales permiten representar la información mediante un esquema de relación de categorías descritas de manera gráfica.¹

¹Véase los antecedentes de la grafología en textos como los siguientes: según Sowa (1991) la utilización de grafos para la descripción del conocimiento se remonta al filósofo neoplatónico Porfirio, asentándose posteriormente con los trabajos de Peirce a finales del siglo XIX, y con los del psicólogo Selz a principios del XX.

El procedimiento analítico de este tipo de *software* de mapeo tiene por objetivo explícito reconstituir la dinámica de estas redes y de sus conexiones, de tal manera que se conserve la singularidad y la heterogeneidad de las relaciones. Pero el desafío actual en el estudio de Redes de asociación consiste no en contentarse con aceptar que son heterogéneas sino, también, en dar cuenta de la variedad de los regímenes de acción (sustentada en las inscripciones textuales) en los cuales las entidades están involucradas. En este sentido, la noción de "entidad" incluye a los actores sociales, pero también a toda la serie de actores no humanos que entran en juego en la investigación tecnocientífica contemporánea (Callon, Courtial y Laville, 1994; Callon, 2004).

La demanda actual a los análisis reticulares puede resumirse en los siguientes preceptos: 1) no perder la riqueza de las redes egocentradas; 2) no limitar las entidades tomadas en cuenta sólo a actores humanos (individuales), sino incluir en la lista a los actores colectivos y a los no-humanos de los que pensamos desempeñan un papel en el establecimiento de las categorías; 3) obtener la red de conjunto por la composición más escrupulosa y exhaustiva posible de las redes egocentradas (lo que implica, sobre todo, que se descarte el cálculo de las posiciones a partir de una matriz de relaciones) (Callon *et al.*, 1994).

Resulta imprescindible aclarar que estas técnicas informáticas, incluida el *software* RL, tienen ventajas, pero también ciertas desventajas que no pueden pasar desapercibidas. Las ventajas son que permiten tratar un gran número de datos y la agregación de los datos facilita la identificación de estructuras emergentes. Pero por otro lado, de acuerdo con Callon y Courtial (1995), estos instrumentos ignoran todo lo que no aparece bajo la forma de documento de circulación pública y que no son accesibles² y, por

Collins y Quillian (1969) los introdujeron como una forma de representación jerárquica de conceptos, aunque su modelo fue muy criticado por su rigidez: en la práctica es difícil concebir que las asociaciones conceptuales se hagan de forma jerárquica, ya que a algunos conceptos prototípicos como "gallina", "tigre" o "agua" se asocian "granja", "selva" o "sed" antes que a sus respectivas "familias biológicas" (Johnson-Laird, 1990: 311). El modelo revisado de Collins y Loftus (1975) propone una representación más flexible denominada *propagación de la adaptación*, en la que los conceptos no se relacionan jerárquicamente, sino de acuerdo con distancias semánticas. Los modelos mentales se entienden aquí como redes de conceptos, y no como son introducidos en ciencia cognitiva por Johnson-Laird (1983), definidos como representaciones analógicas de la realidad (Arellano, 2006).

²En el caso que nos ocupa, se refiere a investigaciones realizadas sin haber sido registradas institucionalmente.

otro, la imposibilidad de contener toda la actividad científica y sobre todo tecnológica de manera escrita, dejando de lado todo el saber tácito.

Finalmente, es importante recalcar que nuestro trabajo precedente estuvo enmarcado en el análisis de redes sociotécnicas en diferentes enfoques y objetos de estudio y este texto representa nuestro interés en el estudio de las asociaciones heterogéneas entre entidades de origen diferente (Arellano y Jensen, 2006).

METODOLOGÍA

En este trabajo se trata de estudiar, mediante el uso de la computadora, la conformación de redes heterogéneas de investigación tecnocientífica universitaria, mediante el diseño de bases de datos heterogéneos, colecta de datos y análisis a través del *software* RL, las relaciones entre los diversos aspectos de investigación, docencia y vinculación del CIRA-UAEMEX.

El *software* RL es un dispositivo que hace visibles las relaciones inscritas entre los actores. En el caso de análisis de textos complejos como artículos y patentes, el espacio analítico es muy amplio, y permite reconocer patrones de relación que posibilitan la heurística de categorías y descriptores; en el caso de bases de datos cualificadas *ex ante*, el espacio es creado por las categorías y las relaciones por las posibilidades intrínsecas atribuidas a los descriptores que organizan la información de un texto; por ejemplo, de un proyecto de investigación, de una patente o de un reporte científico. Este *software* es un instrumento de análisis de datos que permite presentar las relaciones significativas en *sets* de datos heterogéneos, surgidos del empleo de algoritmos analíticos y herramientas de visualización sustentadas en teoría de grafos (Mogoutov y Vichnevskaja, 1995).

Las redes heterogéneas producidas por el *software* RL son representaciones gráficas de relaciones entre entidades de orden diferente, obtenidas de grandes bases de datos. Estas representaciones gráficas corresponden al encuentro de patrones de relaciones entre entidades en las que interviene su localización, tamaño y frecuencia de relación. En estas cartas o figuras, cada grafo es una entidad. Las entidades son de naturaleza diferente (en el caso que nos ocupa pueden ser: área de investigación; unidades de investigación; disciplina, proyecto y autor de proyecto), de manera que en una sola

figura los lectores pueden apreciar elementos de juicio para el análisis de la investigación científico-técnica. La interpretación puede incluir el tamaño de los grafos, su ubicación en el contexto del espacio analítico y el grosor de la línea que une los grafos.

EL RL se corresponde con el giro lingüístico de las ciencias sociales que, de manera particular, se ha expresado en la complementación o sustitución del análisis estadístico paramétrico por el análisis textual (Allende y Arellano, 2004), relacional y visual de datos heterogéneos (Mogoutov y Dodier, 1997).

La metodología consiste en producir e interpretar los mapas de la investigación, docencia y vinculación del CIRA, siguiendo un procedimiento que inicia con la búsqueda de información relevante, el diseño y la preparación de las bases de datos, la captura de la información en tablas, la organización de bases de datos, la corrida de las bases de datos, la producción de mapas significativos y la interpretación de los mapas, así como la preparación y redacción de un informe final orientado a servir en la gestión del Centro.

Para contextualizar el trabajo se mencionan algunos antecedentes históricos de la institucionalización del CIRA, de manera que se pueda conocer el origen, las políticas de investigación que se establecieron en diferentes etapas de su desarrollo, el impulso a la investigación e innovación, y el papel que ha desempeñado esta última en el Centro, hasta identificar su situación actual.

Elegimos como objeto de estudio al CIRA, tomando en consideración aspectos relevantes de sus actividades, de su posición en el conjunto de la Universidad Autónoma del Estado de México y de su ubicación como centro de visibilidad internacional.

Existe un alineamiento de doble importancia general para estudiar el CIRA; en primer lugar, el agua es un "recurso natural" indiscutiblemente valioso como para ser tomado como objeto de indagación de primera mano y, en segundo lugar, esta valía naturalística se suma al hecho de ser el objeto de investigación del CIRA. En efecto, todas las disciplinas que se abordan en el CIRA tocan temas de hidrología, del tratamiento de las aguas, del control de la contaminación acuífera, y de la gestión de este recurso.

El CIRA realiza las funciones fundamentales de las instituciones públicas del nivel superior. De este modo, se practica la docencia de posgrado,

la investigación se lleva a cabo en cuerpos académicos de amplio reconocimiento nacional e internacional, la difusión de sus resultados mediante la publicación de artículos y libros, y se vincula con otros sectores sociales gracias a la asesoría, la capacitación y la prestación de servicios (CIRA, http://cira.uaemex.mx/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1). Por añadidura, en 1988, el CIRA fue reconocido como centro de excelencia por la UNESCO.

También fue seleccionado debido al interés de sus miembros de verse reflejados en un estudio de sus relaciones de investigación y la amplia disponibilidad de sus miembros, y del director de la época para obtener información útil para realizar el análisis informático propuesto.

EL CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA

El CIRA entre 1993 y 2006

Al final de la administración del rector Efrén Rojas, fue creado el Centro Interamericano de Recursos del Agua el 21 de enero de 1993; prácticamente coincidió con el establecimiento del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Planeación Territorial el 2 de febrero de 1993, del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Pública el mismo día, y del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal³ el 3 de febrero de 1993 (Ortega, 1999).

En 1996, el CIRA formaba parte de los 15 centros con los que contaba la UAEMEX, de los cuales siete se relacionan con la investigación tecnológica y el CIRA con especialización en estudios de la calidad del agua y la hidrología (véase cuadro 1).

En 1996, el Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA) fue el centro que más proyectos de investigación registró, seguido por el CIRA (véase gráfica 1).

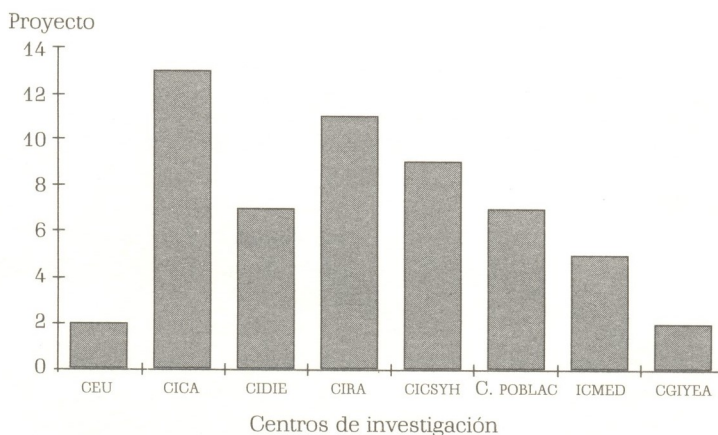
³El Centro de Investigación en Salud integraba a las Facultades de Medicina, Odontología, Química y la Escuela de Enfermería. Cuando surgió el Centro de Investigación en Salud Pública, la conformación por Facultades cambió una parte se quedó en el Centro de Salud Pública y la otra se orientó hacia el Instituto en Ciencias Médicas (ICMED).

Cuadro 1
Laboratorios donde se desarrollan proyectos de investigación en tecnología

<i>Organismo o dependencia</i>	<i>Laboratorio</i>
CIRA	Calidad del agua, hidrología
CICA	Edafología y bromatología
Facultad de Ingeniería	Materiales, modelado y diseño industrial, estructuras, electricidad y magnetismo, electrónica.
Facultad de Ciencias	Ecología
Facultad de Química	Fitopatología
Facultad de Ciencias Agrícolas	Botánica, tejidos vegetales y edafología
Facultad de Odontología	Biomédicas y prótesis
Facultad de Arquitectura	Materiales
Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia	Microbiología

Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX.

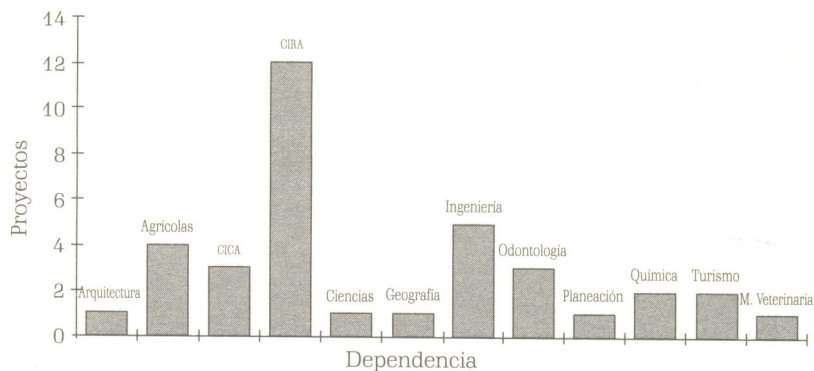
Gráfica 1
Proyectos registrados en centros de investigación



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX (1996).

Sin embargo, en el contexto universitario, el CIRA tenía registrados en 1996 el mayor número de proyectos en investigación tecnológica (véase gráfica 2). Esto constituye un parámetro importante en la medida que este centro ha sido punta de lanza para el desarrollo de tecnología especializada en el área de estudios del agua.

Gráfica 2
Dependencias y número de proyectos de investigación tecnológica



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX (1996).

En 1996, los científicos en tecnología habían desarrollado 11 innovaciones como resultado de sus proyectos de investigación. Conforme al cuadro 2, el CIRA ya había desarrollado una planta potabilizadora compacta.

Cuadro 2
Innovaciones tecnológicas desarrolladas por los científicos de la UAEMEX

<i>Dependencia u organismo académico</i>	<i>Nombre de la Innovación Tecnológica</i>
Centro Interamericano de Recursos Agua	Planta potabilizadora compacta
Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias	a. Praderas cultivadas, protegidas con cerca eléctrica. b. Elaboración de compostas
Facultad de Ingeniería	a. Reglamento de construcción para un Ayuntamiento b. Sillas para cuadripédidos
Facultad de Ciencias Agrícolas	a. Medios de cultivo <i>in vitro</i> b. Sistema de cultivo de setas c. Implementos de reformas al subsuelo d. Incrementos en la productividad del maíz
Facultad de Planeación	Cartografía automatizada
Facultad de Química	Tratamiento de lodos residuales

Fuente: UAEMEX, 1996.

Desde 1996, los investigadores del CIRA han dirigido tesis de maestría y doctorado. En esa época, la transferencia de tecnología era incipiente; unos científicos apoyaban a un ayuntamiento en la transferencia de equipo para una planta potabilizadora. Otros científicos diseñaban programas de cómputo en modelos de comunicación, medición y adquisición de datos en las áreas de hidráulica e hidrología.

Para 1996, podría considerarse que para la formación de una comunidad académica en tecnología las posibilidades son complejas, porque la mayor parte de los científicos se encontraban aislados, con la excepción de los científicos del CIRA y el grupo de investigadores en producción lechera del CICA, la investigación era individual y aislada tanto al interior como al exterior de la universidad.

En 1997, de los únicos laboratorios que contaban con personal exclusivo eran los pertenecientes a los centros de investigación con proyectos en investigación tecnológica. El CIRA tenía dos ingenieros encargados de auxiliar a los científicos con el manejo del equipo. En sus laboratorios participaban tesis, asistentes de investigación y prestadores de servicio social.

En 1997, el CIRA era uno de los pocos centros que contaba, desde su creación, con biblioteca especializada y conexión a internet (antes vía microondas, fibra óptica y conexión satelital).

El CIRA en 2006

A 13 años de existencia, la organización académica de la investigación se bifurcó entre la hidrología y la hidráulica.

La relación existente entre los científicos giraba, en ese entonces, alrededor de dos actividades: 1) investigación, específicamente en áreas en la colaboración en proyectos de investigación, asesorías entre científicos y acuerdos con otras instituciones, y 2) docencia, en relación con los posgrados que tiene el centro, los científicos manifestaron que se reunían con los tesis y los incluían en sus proyectos de investigación para la realización de sus tesis, llevaban a cabo seminarios y conferencias dirigidas a los estudiantes.

En el marco de las Dependencias de la Educación Superior (DES) de Ingeniería y Tecnología (véase cuadro 3), el CIRA tiene tres de los 11 cuer-

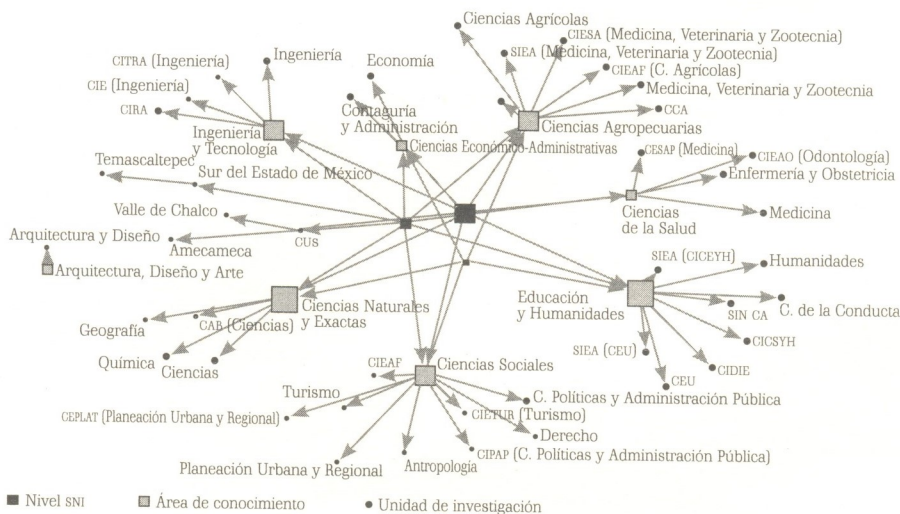
investigadores por CA en tanto que en la FI había 10 investigadores por CA en promedio, y dos investigadores por CA en el Centro de Investigaciones en Estructuras y en el de Transporte (véase cuadro 3).

A continuación presentamos el mapeo correspondiente a los temas de investigadores, proyectos de investigación, temas de investigación y publicaciones.

1. Investigadores

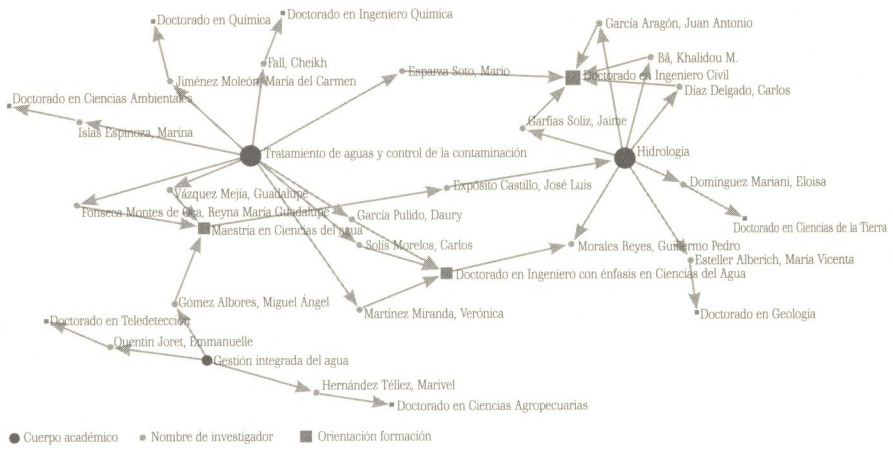
El CIRA se ubica en la Dependencia de la Educación Superior (DES) de Ingeniería y Tecnología. La mayor parte de investigadores de la UAEMex inscritos en el SNI correspondían al nivel I, seguido de los que eran candidatos y finalmente una pequeña parte inscritos en el nivel II. En el CIRA, nueve investigadores estaban inscritos en el SIN en 2006, lo que revelaba un alto porcentaje de SNI respecto al total de investigadores. Sus investigadores estaban ubicados en el nivel de candidato y nivel I (véase figura 2). En ese mismo año, 2006, el CIRA contaba con 18 investigadores. Casi todos contaban con el grado de doctor. Los doctores en Ingeniería civil son el grupo de mayor visibilidad, seguidos de los doctores en Ingeniería con énfasis en Ciencias del Agua, formados en el CIRA. El otro grupo visible es el de maestros en Ciencias del Agua, formados en el propio CIRA (véase figura 3).

Figura 2
Investigadores nacionales por DES y Unidades de Investigación



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMex, 2006.

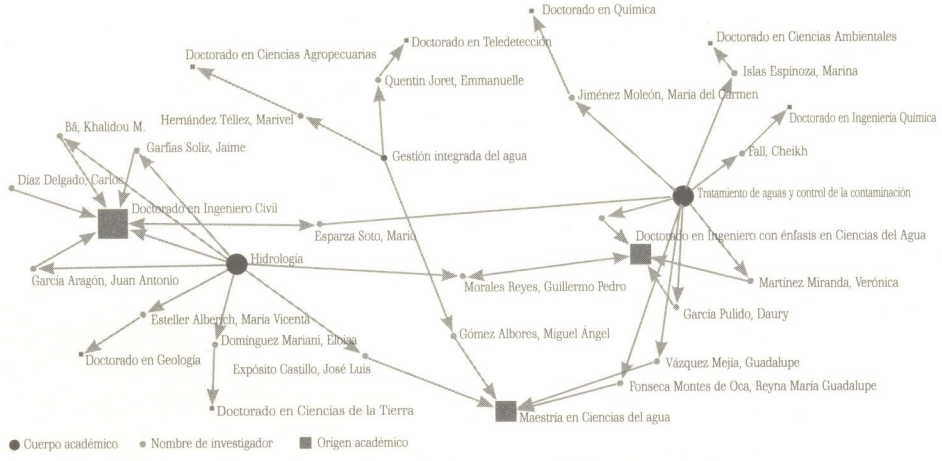
Figura 3
 Perfil académico del personal de investigación del CIRA



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

La formación de los investigadores es diversificada, puede observarse una primera generación de investigadores formados en Canadá y otra en el propio CIRA. Pero su formación se remonta a países de Europa y diversas instituciones mexicanas (véase figura 4).

Figura 4
 Origen institucional de los investigadores del CIRA



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMex, 2006.

2. Proyectos de Investigación

Entre 2003 y 2006 el CIRA ejecutó 17 proyectos de investigación, los cuales en 2006 se concretaron en 13, dado que cuatro se concluyeron (véase cuadro 4).

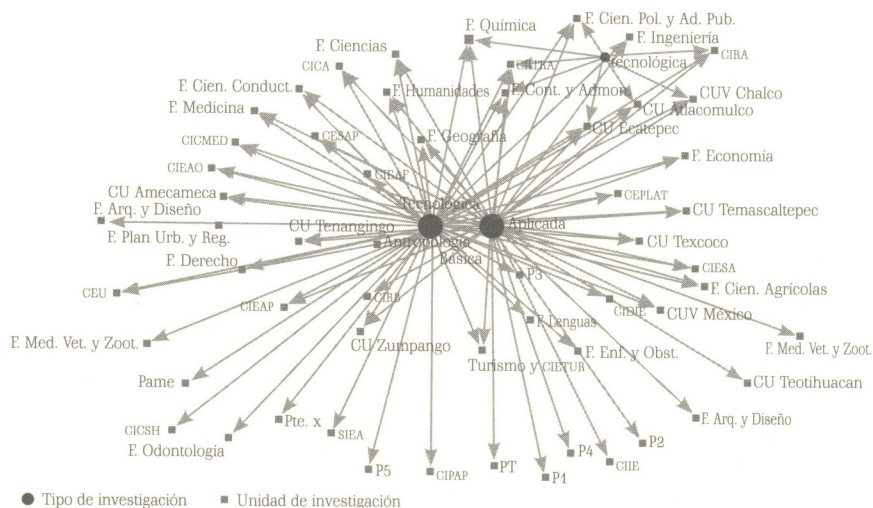
Cuadro 4
Proyectos de investigación del CIRA (2003-2006)

Clave	Proyecto	Clave	Proyecto
1650/03	1	2004/05	9
1709/03	2	2005/05	10
1780/03 (OIEA)	3	2043/05	11
1855/04	4	2113/05	12
1882/04	5	2229/06	13
1938/04	6	2231/06	14
1966/04	7	2234/06	15
2000/05	8	2331/06	16
		2345/06	17

Fuente: CIRA, 2006.

Los proyectos de investigación del CIRA se registraban en los tres tipos de investigación de la UAEMex (Básica, Aplicada y Tecnológica), y de las unidades de investigación tecnológica se encontraba sólo después de la Facultad de Química en la visibilidad del número de proyectos del tipo que involucraba investigación tecnológica (véase figura 5).

Figura 5
Tipos de investigación y Unidades de investigación

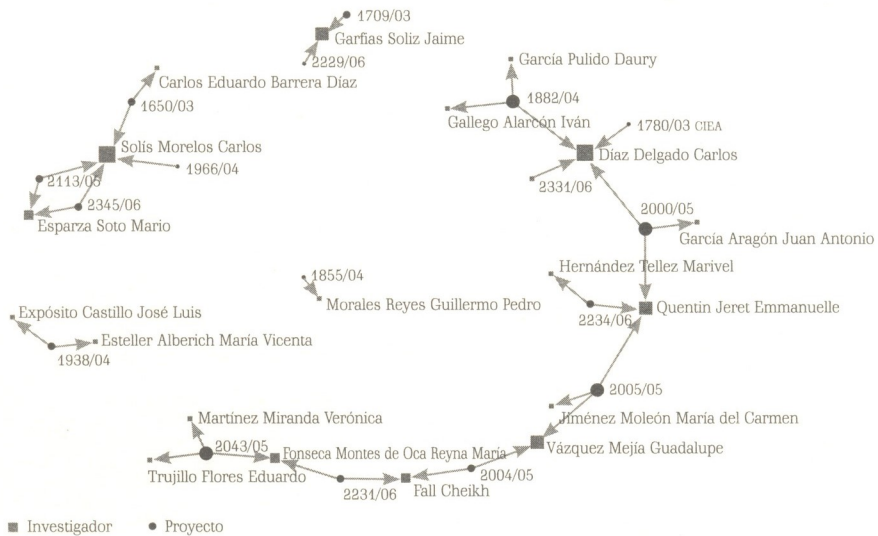


Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMex, 2006.

La colaboración en la responsabilidad de los proyectos es palpable, pues la mayor parte de los proyectos registrados en 2006 relacionaban a los investigadores del CIRA. El encadenamiento mayor se formó entre ocho investigadores, seguido de otro de cuatro, uno de tres, dos de dos y uno de uno (véase figura 6).

Sin embargo, cuando se mapea la colaboración a nivel de responsable, corresponsable y colaborador, prácticamente todo el CIRA se aprecia vinculado. Excepto las colaboraciones entre tres participantes, que se mantienen separadas del resto (véase figura 7).

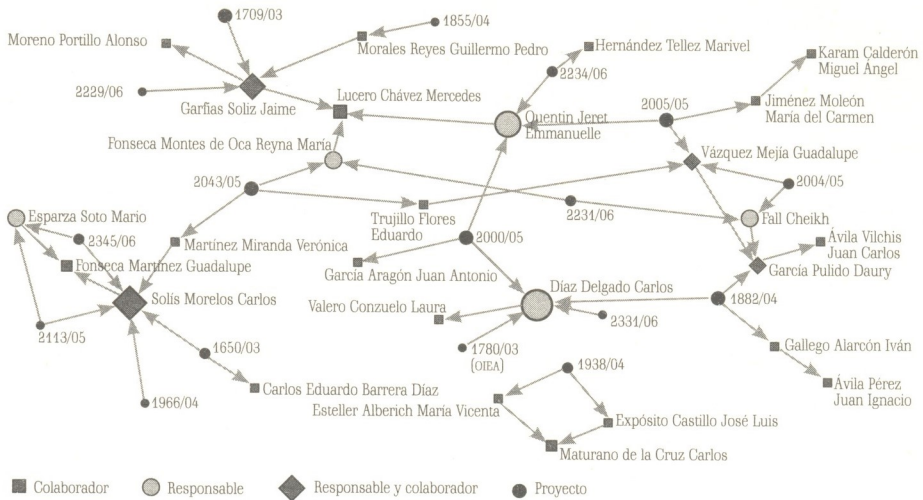
Figura 6
Investigadores, proyectos y colaboración en la investigación



Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX, 2006.

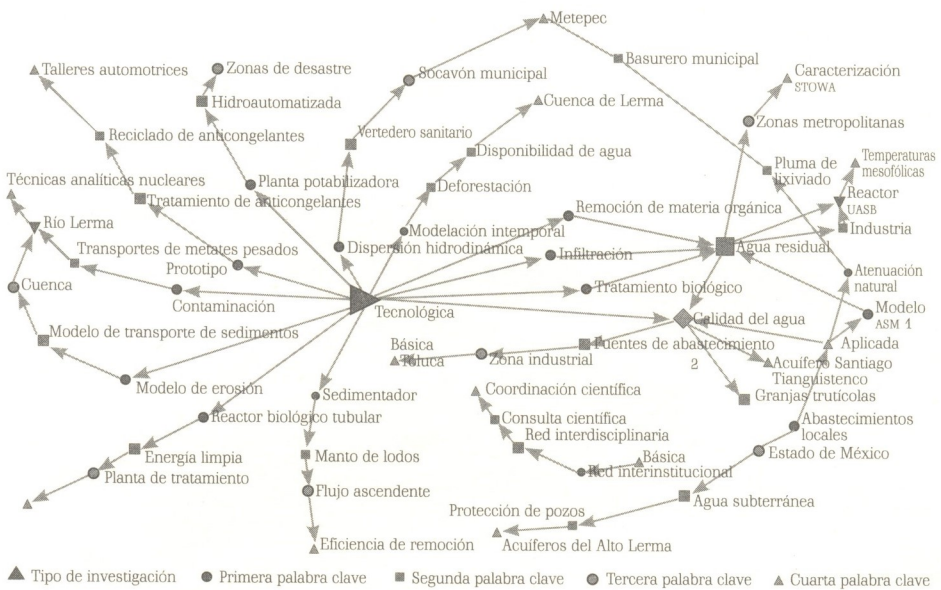
De los 33 proyectos de investigación registrados en 2006, el tipo de investigación predominante de investigación en el CIRA era el tecnológico, este tipo era el más ramificado y complejo. La investigación aplicada se imbrica con la tecnológica en los aspectos de la calidad del agua y de las aguas residuales (véase lado derecho de la figura 6). La investigación básica estaba desconectada de las dos anteriores y se refería a las redes institucionales relacionadas con los temas del Agua (véase figura 8).

Figura 7
Redes de colaboración investigativa en el CIRA



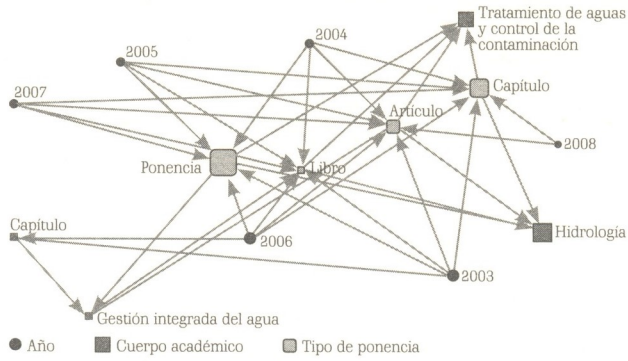
Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX, 2006.

Figura 8
Tipos de investigación y palabras clave de proyectos de investigación 2006



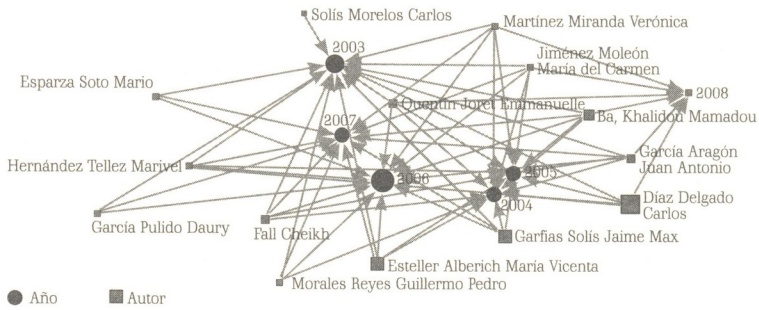
Fuente: Elaboración propia con datos de la UAEMEX, 2006.

Figura 12
 Tipo de publicación, año y cuerpo académico del CIRA



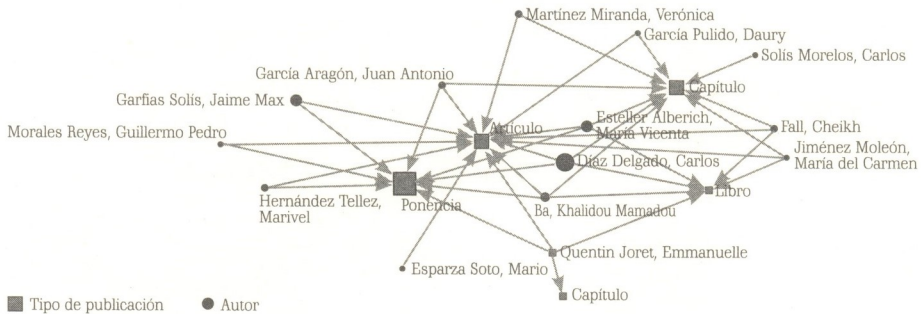
Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

Figura 13
 Publicaciones del CIRA: años y autores, en el periodo 2003-2007



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

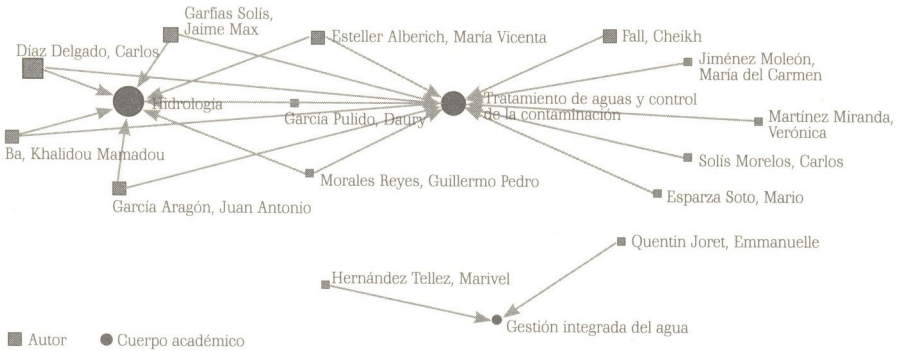
Figura 14
 Autores y tipos de publicación en el CIRA (2003-2007)



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

En general, los autores del CIRA publican en su propio cuerpo académico. Sólo los investigadores del CA Hidrología publican en otro CA (véase figura 15).

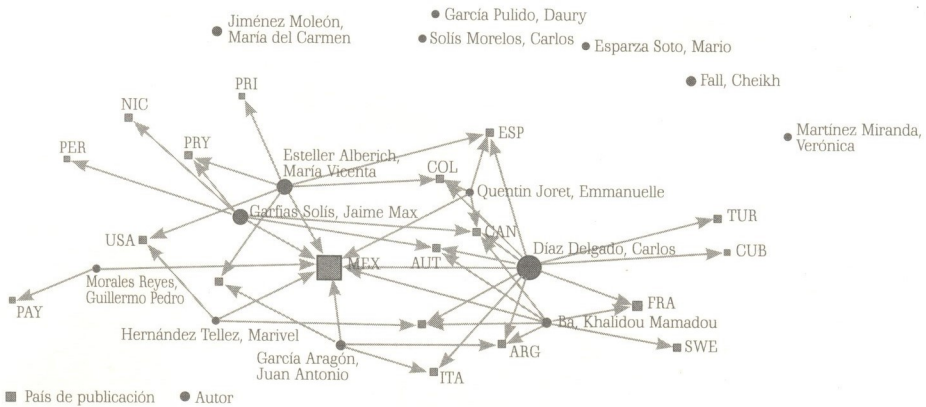
Figura 15
Cuerpo académico
CIRA: Autores y CA



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

La diversificación internacional de los autores del CIRA abarca varios países, destaca Díaz con publicación en 10 países, seguido de Ba-Khalidou quien publica en siete países, seguido de Esteller en seis, Garfías en cinco y Quentin y García en cuatro (véase figura 16).

Figura 16
Diversificación internacional de publicaciones del CIRA



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

El autor que publica en el mayor número de revistas es Díaz, y la revista que mayores contribuciones recibe de investigadores del CIRA es *Ingeniería Hidráulica en México* (véase figura 17).

Figura 17
Autores y revistas de mayores contribuciones de investigadores del CIRA



Fuente: Elaboración propia con datos del CIRA.

Al contextualizar el CIRA, encontramos que luego de su fundación en enero de 1993, el centro formaba parte de los 15 centros con los que contaba la UAEMex, de los cuales siete se relacionaban con la investigación tecnológica y el CIRA con especialización en estudios de la calidad del agua y la hidrología.

Para 1996, el CIRA era de los pocos laboratorios que contaban con personal exclusivo, tenía ingenieros encargados de auxiliar a los científicos con el manejo del equipo, contaba con una biblioteca especializada y comunicada vía Internet. En sus laboratorios existía participación de tesis, asistentes de investigación y prestadores de servicio social.

En el contexto universitario, el CIRA tenía registrados en 1996 el mayor número de proyectos en investigación tecnológica; de las 11 innovaciones desarrolladas en la UAEMex, el CIRA había desarrollado una planta potabilizadora compacta.

Para ese mismo año, pudo considerarse que las posibilidades para la formación de una comunidad académica en tecnología eran complejas, porque la mayor parte de los científicos se encontraban aislados, con la excepción de los científicos de otro centro y el CIRA. En el ámbito de la UAEMex, el CIRA ha sido punta de lanza en el desarrollo de tecnología especializado en el área de estudios del agua por parte de la UAEMex.

En 2006 la organización académica de la investigación se bifurcó entre la hidrología y la hidráulica. Con sus tres de los 11 cuerpos académicos de la DES-Ingeniería, concentraba 30 por ciento de las Líneas de Generación y Aplicación de los Conocimientos, y casi 30 por ciento de los investigadores de la DES. Alrededor de 60 por ciento de los investigadores pertenecían al SNI y más de 50 por ciento de los investigadores eran perfil Promep.

A continuación exponemos algunas conclusiones del mapeo por investigadores, investigación, temas de investigación y publicaciones.

Respecto al tema de los investigadores, encontramos que de sus 18 investigadores, nueve estaban inscritos en el SNI, la mayor parte contaba con el grado de doctor. Los doctores en Ingeniería civil son el grupo con mayor visibilidad, seguidos de los doctores en Ingeniería con énfasis en Ciencias del Agua, formados en el CIRA.

La formación de los investigadores es diversificada, la primera generación de investigadores se formó en Canadá y otra en el propio CIRA. Pero su origen se remonta a países europeos y diversas instituciones mexicanas.

Respecto a los proyectos de investigación, entre 2003 y 2006 el CIRA ejecutó 17 proyectos de investigación, ubicados en investigación de tipo básica, aplicada y tecnológica. De las unidades de investigación tecnológica se encontraba sólo después de la Facultad de Química en la visibilidad del número de proyectos del tipo que involucraba investigación tecnológica.

La colaboración en los proyectos relacionaba hasta a ocho investigadores en un proyecto de investigación, seguido de otro de cuatro, uno de tres, dos de dos y uno de uno. El mapeo muestra la casi totalidad de personal del CIRA en su actividad de investigación.

El tipo de investigación predominante en el CIRA era el tecnológico, este tipo era el más ramificado y complejo. La investigación aplicada se imbricaba con la tecnológica en los aspectos de calidad del agua y aguas residuales. La investigación básica estaba desconectada de las dos anteriores y se refería a las redes institucionales relacionadas con los temas del agua.

Sobre los temas de investigación, la red de palabras clave de la investigación del CIRA en 2006 mostraba dos grandes redes vinculadas en el eje "agua residual-calidad del agua"; este eje vinculaba aspectos industriales con piscícolas, reactores, acuíferos y zonas metropolitanas y rurales, principalmente. Enseguida se aprecia una red en torno al análisis de cuencas y al transporte de metales pesados. Enseguida se observan ocho pequeñas redes de las que sobresale la que se refiere a problemas asociados al depósito de basura municipal.

Al vincular las palabras clave principales con el personal de investigación del CIRA, se aprecia que en torno al tema del agua residual se encuentran relacionados cinco investigadores; tres sobre el tema de modelo de transporte de sedimentos, fuentes de abastecimiento, energía limpia y granjas truitícolas.

Todos los integrantes del CIRA demuestran tener relaciones muy intensas de colaboración. Sin embargo, cuando el enfoque se centra en responsables de investigación, aparece un tipo de vínculos que podrían ser más profundos, dado que están soportados por investigadores maduros. En el mapa de las palabras clave de los proyectos de investigación vigentes en 2006 y los investigadores responsables se aprecia una red en torno a Díaz Delgado en el centro de temas como contaminación, modelos de erosión, reactores tubulares; una más centrada en Castillo Exposito y Alberich Esteller sobre aguas subterráneas y acuíferos; otra alrededor de Solís Mercado

en sedimentos, remoción de materia orgánica y tratamiento biológico, y finalmente, una red en torno al eje “agua residual-calidad del agua” en el que participan numerosos investigadores individuales.

En cuanto a las publicaciones, las más abundantes son las ponencias seguidas de los capítulos y en tercer lugar los artículos; mientras que los libros son los más escasos. El CA que reporta mayor cantidad de publicaciones es Hidrología, seguida de Tratamiento de Aguas y Control de la Contaminación, y finalmente Gestión Integrada de Agua. Tres autores publican de manera más diversificada, y son ellos quienes contribuyen en gran medida a la diversificación de las publicaciones en ponencias, capítulos, artículos y libros. En general, los autores del CIRA publican en su propio cuerpo académico. Sólo los investigadores del CA Hidrología publican en otro CA.

La diversificación internacional de los autores del CIRA abarca varios países; destaca Díaz con su publicación en 10 países, seguido de Ba-Khalidou quien publica en siete países, seguido de Esteller en seis, Garfias en cinco y Quentin y García en cuatro. El autor que publica en el mayor número de revistas es Díaz, y la revista que más contribuciones recibe de investigadores del CIRA es *Ingeniería Hidráulica en México*.

Las revistas que más han publicado artículos de investigadores del CIRA son, como ya se mencionó, *Ingeniería Hidráulica en México*, *Hydrogeology Journal*, *Revista Ideas*, *Water, Air & Soil Pollution* y *Journal of Hydrology*. Desde la perspectiva de los CA, las revistas comunes son *Ingeniería Hidráulica en México*, *Journal of Environmental Management*, *Revista Ideas*, *Hidrología y Limnética*. El CA de mayor visibilidad de publicaciones es Hidrología, seguido de Tratamiento y Control de la contaminación; el de menor visibilidad es Gestión integrada del Agua.

Como ha podido demostrarse en este trabajo, el mapeo de redes heterogéneas logrado con la explotación del *software* RL es una herramienta que permite poner de relieve las relaciones entre entidades diferentes y construir representaciones, que con la estadística convencional sería imposible de lograr.

Para terminar, consideramos que el mapeo de las redes de investigación tecnocientífica del Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México nos ha permitido obtener una perspectiva informática de la noción metodológica de red que admite mostrar la organización social y técnica de la investigación.

FUENTES CONSULTADAS

- ARELLANO, Antonio (1999), *La hibridación de maíz y de los agricultores en los Valles Altos de México (la producción social de objetos agrícolas)*, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.
- _____ y Jensen Henning (2006), "Mapeando las redes de investigación en ciencias básicas en la Universidad de Costa Rica", en *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, año 13, núm. 42, México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 184-213.
- ALLENDE, Teodoro y Antonio Arellano (2004), "Redes socio-técnicas: la visión de la cienciometría", en V Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México.
- BUELA-CASAL, Gualberto (2003), "Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas. Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad", en *Psicothema*, vol. 15, núm. 4, Granada, Universidad de Granada.
- CALLON, Michel (2001), "Les méthodes d'analyse des grands nombres peuvent-elles contribuer à l'enrichissement de la sociologie du travail?", en *Sociologie du Travail*, núm. especial 40 años.
- _____ y Jean Pierre Courtial (1995), "La scientométrie au service de l'évaluation", en Michel Callon, Philippe Larédo y Philippe Mustar, *La gestion stratégique de la recherche et de la technologie: l'évaluation des programmes*, París, Economica, pp. 177-235.
- _____ Jean Pierre Courtial y F. Laville (1991), "Co-word Analysis as a Tool for Describing the Network of Interactions Between Basic and Technological Research: The case of polymer chemistry", en *Scientometrics*, vol. 22, pp. 155-205.
- COLLINS, Allan e Isabel Loftus (1975), "A Spreading-activation Theory of Semantic Processing", en *Psychological Review*, vol. 83, pp. 407-428.
- _____ y M. Ross Quillian (1969), "Retrieval Time from Semantic Memory", en *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, vol. 8, pp. 240-247.
- DODIER, Nicolas y Jaime Barbot (2000), "Le temps des tensions épistémiques. Le développement des essais thérapeutiques dans le cadre du sida (1982-1996)", en *Revue française de sociologie*, vol. XLI, p. 1.
- JOHNSON-LAIRD, Philip (1983), *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*, Cambridge, Harvard University Press.
- _____ (1990), *El ordenador y la mente. Introducción a la ciencia cognitiva*, Barcelona, Paidós.
- LOMONTE, Bruno y Shirley Ainsworth (2000), "Desarrollo científico en Costa Rica: un análisis bibliométrico a través del Science Citation Index, durante

- el periodo 1980-1998", en *Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica*, tomo III, San José, UCR.
- _____ y Shirley Ainsworth (2002), "Publicaciones científicas de Costa Rica en el Science Citation Index: análisis bibliométricos del trienio 1999-2001", en *Revista Biología Tropical*, vol. 50, núms. 3-4, San José, UCR.
- MOGOUTOV, Andrei (1998), "Données Relationnelles en sciences sociales: essai de minimalisme méthodologique", en *Pratiques de formation*, Université de Paris, vol. VIII, pp. 144-148.
- _____ (1999), "Réseau-Lu 6.13, Sistema di esplorazione di dati relazionali", en Antonio M. Chiesi (ed.) *L'analisi dei reticoli*, Milán, Franco Angeli.
- _____ y Tania Vichnevskaja (1995), "Ego-centered Network in Migration", en *International Social Network Conference*, Londres, Universidad of Greenwich.
- _____ y Nicolas Dodier (1997), *Données Relationnelles en sciences sociales*, París, A, Ateliers de formation/INSERM.
- ORTEGA, Claudia (1999), "La investigación tecnológica en la Universidad del Estado de México. Elementos para la construcción de una red socio-técnica", en *Biblioteca de la Educación Superior*, Serie Investigaciones, México, ANUIES.
- PRICE, John D. (1978), "Toward a Model for Scientific Indicators", en Yehuda Elkana (ed.), *Toward a Metric of Science*, Nueva York, Wiley.
- SOWA, John F. (1994), "Current Issues in Semantic Networks", en John F. Sowa (ed.), *Principles of Semantic Networks. Explorations in the Representation of Knowledge*, San Mateo, California, Morgan Kaufman.
- TICHT, Christine (1999), "Pour une autre approche des biographies: de la collecte a l'analyse 'configurationnelle'", en *Rapport de recherche du CEPED*, núm. 23.