

Mapeando las redes de investigación en ciencias básicas en la Universidad de Costa Rica

Antonio Arellano Hernández

Universidad Autónoma del Estado de México, México/ aah@uaemex.mx

Henning Jensen Pennington

Universidad de Costa Rica, Costa Rica/ hjensen@ice.co.cr

Abstract: This paper is a contribution to the simultaneous study of both the ontological and the methodological elements involved in the knowledge about the socio-technical organization of the university scientific research. In this work we present a computationally assisted analysis of databases which generates maps of heterogeneous relations of the scientific, the technical and the social properties contained in the information databases which are simultaneously quantitative and qualitative. In order to illustrate this, we present a case study analyzing databases of research projects in basic sciences from 1977 to and 2005 of the University of Costa Rica.

Key words: research mapping, research networks, computational analysis, basic sciences, Costa Rica.

Resumen: Este trabajo es una contribución al estudio simultáneo de elementos ontológicos y metodológicos comprometidos con el conocimiento de la organización sociotécnica de la investigación científica universitaria. Se trata de la presentación de un análisis asistido informáticamente de bases de datos que genera mapas, de los que se pueden intelegir organización de relaciones heterogéneas de propiedades científico-técnicas y sociales contenidas en las fuentes de información, que son simultáneamente cuantitativas y cualitativas. Para ilustrar lo anterior, realizamos un estudio de caso analizando informáticamente las bases de datos de los proyectos de investigación en ciencias básicas de la Universidad de Costa Rica entre 1977 y 2005.

Palabras clave: mapeo de investigación, redes de investigación, análisis informático, ciencias básicas, Costa Rica.

Introducción¹

La sociología y la antropología de la ciencia y de la tecnología tienen un compromiso epistemológico doble al intentar mejorar la comprensión de los procesos de elaboración de conocimientos y artefactos, pues su objeto de estudio expresa el tema de su propia epistemología.

En este sentido, la epistemología de estas disciplinas tiene un aspecto ontológico respecto a la consideración del estatuto de la naturaleza y de la sociedad, y otro metodológico respecto al empleo del enfoque cualitativo-cuantitativo de sus estudios. En cuanto al primer aspecto, los investigadores agrupados en la escuela de la llamada teoría del actor-red,² abrieron en los años ochenta la vía para estudiar las relaciones sionaturales inscritas en el fenómeno tecnocientífico; esta vía se expresó en una explosión, a nivel mundial, de estudios sobre la construcción de conocimientos y artefactos tecnológicos. En torno al segundo aspecto, puede considerarse que sólo recientemente la alianza entre estudiosos de la ciencia y la tecnología y especialistas de los sistemas informáticos ha dado la posibilidad de explotar *software* para el análisis textual y relacional de datos, abriendo camino a la integración de métodos cuantitativos y cualitativos.

Este trabajo es una aportación al estudio simultáneo de elementos ontológicos y metodológicos, mediante el análisis de resultados producidos por un asistente informático, que posibilita dar cuenta de modo visual de la organización de elementos heterogéneos surgidos de bases de datos de información sobre investigación institucionalizada; empíricamente ilustramos lo anterior a través del análisis de bases de datos sobre los proyectos de investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR).

¹ Este autor agradece los comentarios críticos de Laura María Morales Navarro.

² Este enfoque fue establecido en los años ochenta del siglo pasado por Michel Callon, Bruno Latour y John Law, y se debe al estudio de Callon sobre los desarrollos tecnológicos y controversias sociotécnicas para fabricar un vehículo eléctrico en Francia y al de la domesticación de almejas y pescadores en la Bahía de St. Brieuc; al trabajo sobre los poderes de la asociación de Latour y la vida de laboratorio; al de Callon y Law, sobre el enrolamiento y contraenrolamiento (los intereses y sus transformaciones); y al trabajo de John Law sobre la táctica de control social.

Iniciamos nuestra presentación con la exposición de algunos elementos conceptual-metodológicos sobre el estudio heterogéneo de entidades sociales y tecnocientíficas. En seguida, abordamos algunos antecedentes del análisis informático de redes heterogéneas de investigación. Luego exponemos brevemente algunos rasgos históricos de la investigación en la Universidad de Costa Rica; para dar paso, después, a los resultados de nuestro estudio mapeando e interpretando la investigación en ciencias básicas de la UCR. Al final exponemos algunas conclusiones respecto a la capacidad explicativa del *software* empleado y sobre la investigación en ciencias básicas en la UCR.

1. Relacionando conceptual y metodológicamente entidades sociales y tecnocientíficas

Desde hace más de tres décadas, numerosos sociólogos y antropólogos de la investigación tecnocientífica han enfrentado dos grandes desafíos cognoscitivos: uno de carácter conceptual-epistemológico, que se refiere a la consideración sobre el papel que juegan los aspectos naturales y sociales en la expresión del fenómeno tecnocientífico, y otro de carácter epistemológico-metodológico, que se refiere a la representación de los aspectos cualitativos y cuantitativos comprometidos en la demostración de los conocimientos sobre la tecnociencia.

En cuanto al primer desafío, algunos investigadores consideran que el fenómeno tecnocientífico tiene como causa la acción social sobre la naturaleza (que llamaremos sociólogos); esta causa tendría la forma de grupos en controversias (Bloor, 1982, 1999; Barnes, 1993-1994), de acciones económicas de la innovación (Freeman, 1979, 1984, 1991), de acciones sociales en el mundo de la vida (Hess, 1992, 2001; Hess y Layne, 1992), por mencionar algunos. Otros consideran que el fenómeno se explica por el desarrollo de una lógica teleológica sustentada en las leyes naturales; dicha causa tendría la forma de un desarrollo evolutivo ineluctable de aspectos cognoscitivos y artificiales (Perrin, 1997; Basalla, 1991), etcétera (que llamaremos tecnicistas).

Ambos grupos han aplicado variantes de la noción de red para abordar la organización social y técnica de la investigación, y mostrar el papel que juegan los conocimientos y artefactos elaborados por los científicos e ingenieros (Callon, 2001). Para los sociólogos, las redes son asociaciones de actores sociales organizados en torno a objetos de estudio o artificiales; para los tecnicistas, las redes son conjuntos de elementos científico-técnicos relacionados que soportan las acciones sociales.

Para los sociólogos de ciencias y técnicas del Grupo de París,³ el uso de la noción de red no sólo plantea una idea relacional; en cambio, revela un problema de método para reconocer la naturaleza de la relación entre los actores (Latour y Arellano, 1998); consecuentemente, los trabajos inspirados por este grupo se han dirigido a estudiar la acción de los colectivos y de la naturaleza que se integran en forma de redes socio-técnicas, mediante complejos procesos de hibridación.⁴ Bajo la consideración de que la construcción de hechos científicos y artefactos técnicos implica la creación y consolidación de relaciones entre entidades sociales y naturales participantes, Callon ha supuesto que el estudio de la historia de esas asociaciones provee una entrada al análisis del desarrollo en ciencia y tecnología (Callon, 2001).

Respecto al segundo desafío, el estudio de la dinámica de la actividad tecnocientífica se ha conducido por investigadores interesados en los aspectos hermenéuticos y en los cuantitativos. Los primeros han trabajado en los elementos significativo-conceptuales de la información observada directamente o producida en las descripciones cuantitativas de la investigación; mientras que, metodológicamente, han desarrollado métodos de calificación significativa de la acción de los actores. Los segundos han empleado información cuantitativa de publicaciones, citaciones, patentes, estadísticas demográfico-económicas, de la actividad científica; y metodológicamente han desarrollado técnicas estadísticas y métodos algorítmicos para agrupar y computar sus datos, y expresar sus significaciones.

Una noción de red incorporada de manera reciente en los estudios sobre la investigación tecnocientífica, se relaciona directamente con los trabajos interdisciplinarios en los que científicos de las ciencias sociales, en alianza con especialistas de los sistemas informáticos, han desarrollado

³ Llamamos Grupo de París a los investigadores agrupados en torno a los trabajos desarrollados en el Centro de Sociología de la Innovación de la Escuela Nacional Superior de Minas de París, particularmente a los estudios dirigidos por Michel Callon y Bruno Latour.

⁴ De ahí que el estudio de las redes sociotécnicas inspiradas en los promotores de la Teoría del actor red se ha propuesto la máxima de seguir a los actores en sus acciones de investigación, para dar cuenta de la construcción de las traducciones.

una serie de métodos que permiten el tratamiento de datos cuantitativamente asistidos informáticamente (Allende y Arellano, 2004), al eliminar la oposición entre métodos cuantitativos y métodos cualitativos e introduciendo nuevas fuentes de significación. Los resultados obtenidos han posibilitado el tratamiento de encuestas, entrevistas y observaciones etnográficas, así como el análisis de contenido de textos e indagaciones para la construcción de categorías y el análisis biográfico (Tichit, 1999).

En el presente trabajo es una contribución a una doble puesta en relación, a saber: la de relacionar sociedad y naturaleza y métodos cuantitativos y cualitativos. La puesta en relación de los elementos sociales y naturales, y de los métodos cualitativos y cuantitativos. La primera ha sido institucionalizada en la llamada Teoría del actor-red (TA-R). Esta doble puesta en relación puede operarse mediante programas informáticos capaces de facilitar el análisis de datos heterogéneos que posibiliten visualizar, estructurar y analizar redes de datos de entidades distintas expresadas cualitativa y cuantitativamente.

2. Análisis informático de redes heterogéneas de investigación

La medición de datos sobre la investigación ha sido enfrentada desde hace décadas tratando de poner en relación la cantidad y la calidad de las investigaciones. Tal es el caso de los estudios encaminados a evaluar la calidad de los artículos y de las revistas científicas, mediante la elaboración de índices (Buela-Casal, 2003; Lomonte y Ainsworth, 2000, 2002) o de aquellos dirigidos al establecimiento de una métrica de la ciencia (Price, 1978).

Uno de los problemas fundamentales del análisis de la investigación tecnocientífica reside en la parcialidad y la heterogeneidad de los datos disponibles: bases de datos, patentes, publicaciones y bases bibliográficas, entrevistas, bases de datos de la cooperación y la vinculación universitaria, la historicidad de los datos disponibles, la diversidad de textos y *corpus*, principalmente (Mogoutov, 1999; Dodier y Barbot, 2000). Pero el problema mayor del análisis computacional de estos datos heterogéneos reside en los límites de los análisis cualitativos o cuantitativos que reflejan dos mundos separados (Mogoutov, 1998). Para resolver este problema se ha desarrollado un *set* de técnicas avanzadas de análisis de datos y de visualización de resultados obtenidos. Lo importante en las estrategias analíticas asistidas informáticamente para estudiar las redes heterogéneas de investigación consiste en la posibilidad de representación de la

información, a través de un esquema de relación de categorías descritas gráficamente.⁵

Para Callon, el estudio de las redes sociotécnicas está fundado en la capacidad asociacionista de los actores. De acuerdo con Callon: “El límite de las herramientas (convencionales) es que, al tener por objetivo descubrir lazos (de similitud) entre actores, no hacen caso explícitamente de las relaciones y de las puestas en relación operadas por estos mismos actores: colocan entre paréntesis sus capacidades para producir asociaciones” (Callon, 2001: s/p).

La interrelación entre lo cuantitativo y lo cualitativo en instrumentos como las redes de traducción aparece caracterizada por la síntesis de descripciones de estrategias de traducción (elemento cualitativo) con la repetición de las traducciones (elemento cuantitativo); esto significa que una estrategia de traducción se consolida o se estabiliza relacionamente; en cambio una traducción que permanece aislada no influye en la configuración de la red. De este modo, “el análisis cuantitativo concebido como medida de la consolidación de una red de traducción no es más que la continuación del análisis cualitativo por otros medios” (Callon *et al.*, 1991a: 13).

El procedimiento analítico tiene por objetivo explícito reconstituir la dinámica de estas redes y de sus conexiones de manera tal que se conserve la singularidad y la heterogeneidad de las relaciones. Pero el desafío actual

⁵ Según Sowa (1991), la utilización de grafos para la descripción del conocimiento se remonta al filósofo neoplatónico Porfirio, asentándose después con los trabajos de Peirce a finales del siglo XIX, y con los del psicólogo Selz a principios del XX. 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 jerárquicamente, 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 (por ejemplo, el concepto “rojo” se puede relacionar con otras categorías de colores, pero también con otros conceptos como “fuego” o “pasión”). 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.

en el estudio de redes de asociación consiste no en contentarse con aceptar que son heterogéneas, sino, igualmente, por 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 *et al.*, 1991b; Callon, 2001).

El *software* RL es un dispositivo para hacer 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 en 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 distinta (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 se puedan apreciar elementos de juicio para el análisis de la investigación científico-técnica por los lectores. 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.

A diferencia de la información estadística paramétrica convencional, la información proporcionada posibilita distinguir en los grafos más pequeños una reflexión estratégica, indicando con esto que una entidad no siendo estadísticamente relevante, de gran visibilidad, ni de grandes relaciones con otras entidades puede, sin embargo, representar

emergencia, novedad, reciente visibilidad, etcétera, que implique una situación significativa para la institución.

El tamaño de los grafos depende de su cantidad absoluta respecto a los grafos de la misma entidad. Su ubicación depende de las variables que el lector determine, por lo general se pueden trazar líneas entre los grafos de la misma entidad para trazar áreas de trabajo, dentro de las cuales se puedan analizar las relaciones con grafos del mismo tipo y de otros.

Es importante tomar en consideración que las relaciones que se establecen en los extremos de las redes son el final de las relaciones manipuladas y que éstas pueden servir de elementos heurísticos para la reflexión de las posibilidades de relación heterogénea (incluidas las posibilidades interdisciplinarias de las entidades representadas por los grafos).

RL 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). RL es un instrumento informático que coadyuva al estudio de la complejidad de las fuentes y de los datos producidos por las instituciones de investigación.

En este trabajo lo explotamos como un ejemplo de asistente técnico perteneciente a una familia de *software* de análisis de redes (Van Raan, 2003), de la que se pretende contar con asistentes de consulta, visualización y análisis de datos empíricos que consideren la naturaleza y grados de estructuración de datos de bases de concentración de información, de cifras y *corpus* de textos.

En el caso que nos ocupa, se trata de explotar críticamente el asistente informático, al seguir una doble ruta de interpretación: la que busca conocer las redes de investigación sociocientífica, al interpretar los resultados analíticos surgidos del análisis computacional de información sobre la investigación universitaria, organizada en bases de datos sobre proyectos de investigación de la Universidad de Costa Rica; y la que reflexivamente se aplica al conocimiento de los instrumentos que producen la información y análisis, partiendo del estudio de caso de la investigación en ciencias básicas de la UCR.

Antes de pasar al mapeo de la dinámica de la investigación en la UCR es imprescindible aclarar que estas técnicas informáticas tienen ciertas ventajas, pero también ciertas desventajas que no pueden pasar

desapercibidas. Las ventajas de los instrumentos cuantitativos es que permiten tratar un gran número de datos, así como las cuestiones de agregación, y facilitan la identificación de estructuras emergentes; de acuerdo con la capacidad de los sistemas informáticos, las capacidades de cálculo y tratamiento de datos se han vuelto impresionantes.

Pero, por otro lado, de acuerdo con Callon y Courtial (1995), estos instrumentos tienen dos grandes desventajas: por una parte, ignorar todo lo que no aparece bajo la forma de documento del cual el espacio de circulación es público y que no son asequibles;⁶ y, por otra, la imposibilidad de contener toda la actividad científica, principalmente tecnológica de manera escrita, dejando de lado todo el saber tácito.

3. La dinámica institucional de la investigación en la Universidad de Costa Rica

Desde 1941 y hasta finales de la década de los sesenta, la UCR estuvo más orientada a la formación de profesionales, respondiendo así a la necesidad de profesionistas para el desarrollo socioeconómico de la sociedad costarricense. Fue en el III Congreso Universitario (1972-1973) y con la reestructuración académica de la UCR cuando se expresó la necesidad de desarrollar una capacidad nacional científica y tecnológica sin subordinación a intereses extranjeros (Gutiérrez, 2002).

En 1974 se estableció la Vicerrectoría de Investigación (VI), como instancia responsable de supervisar, coordinar y estimular la investigación en la Universidad de Costa Rica; e instituyendo en 1975 un programa formal de financiamiento de proyectos (34 proyectos de 16 unidades de investigación) (CNR, 2003).

Entre 1976 y 1981 hay un periodo de *formación y consolidación de grupos de investigación*, así como creación de unidades⁷ y programas de

⁶ En el caso que nos ocupa, se refiere a investigaciones realizadas sin haber sido registradas institucionalmente.

⁷ Se crean nuevos centros e institutos, llegando hasta 22 unidades de investigación, entre las que destacan: CIELEC (electroquímica), CIHATA (hemoglobinas anormales), CIMAR (ciencias del mar), CIPRONA (productos naturales), CIGEFI (geofísicas), INII (ingeniería), IIMEC (educación- hoy INIE).

investigación.⁸ Se inscriben las normas para la investigación y se incorporan investigadores de entidades gubernamentales. En dicho periodo, la VI autoriza la dedicación de 100 tiempos completos para investigadores. Se instauro el Comité de Vigilancia sobre Experimentos en Seres Humanos, por requerimiento del Ministerio de Salud. Se recibe financiamiento de la Organización de Estados Americanos en nueve proyectos.

Entre 1981-1988 se invitó a 11 científicos internacionales para que brindaran asesoría en su disciplina. Se instauró el análisis de los proyectos nuevos. Se estableció la necesidad de divulgar los resultados de investigación en forma organizada y sistemática. Surgen los proyectos interuniversitarios con el Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Universidad Nacional; y se implementaron programas de cooperación internacional⁹ (UCR, 1989).

El periodo entre 1988 y 1992 se marca por tres hitos importantes en la conceptualización de la investigación: 1. Se da una *reestructuración* sustancial de la organización de la Vicerrectoría, aparecen: la Unidad de Transferencia Tecnológica (UTT), como instancia encargada de afianzar vínculos entre los proyectos de investigación y el sector productivo del país; la Dirección de Gestión de la Investigación (con unidades de promoción, seguimiento y evaluación), Asesoría Legal y Asesoría en Informática. 2. Se lleva a cabo la descentralización de trámites de la VI hacia las Unidades Académicas. 3. Se dota a la Vicerrectoría de la tecnología de apoyo administrativo, creándose las bases de datos sobre proyectos e investigadores. Se implementa un modelo de evaluación de la capacidad tecnológica universitaria, con un plan piloto en biotecnología; y se establecen las condiciones para que investigadores jóvenes iniciaran sus carreras (UCR, 1989, 1990, 1991, 1992).

⁸ Se elaboran planes maestros de investigación en áreas consideradas críticas para el país, a saber: fuentes no convencionales de energía, salud y nutrición, educación, agricultura (industria y tecnología) y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

⁹ Con instituciones japonesas, la Organización de Estados Americanos, la Agencia Internacional para el Desarrollo, con el CELA (Estudios Conjuntos de Integración Económica Latinoamericana), la Fundación FORD y la Organización Mundial de la Salud.

Entre 1992 y 1994, la Vicerrectoría de Investigación participó activamente en reuniones de gobierno para la definición de políticas y lineamientos en el campo de la investigación que afectarían al país. Se impulsaron las investigaciones de carácter multidisciplinario. La cantidad de investigaciones vigentes aumentó a cerca de 600, se intensificó la búsqueda de fuentes financieras externas, tramitando la Oficina de Asesoría Jurídica en coordinación con la UTT, 160 convenios, tratados y acuerdos (UCR, 1992, 1993, 1994).

Entre 1994 y 1996 se inicia un proceso de revisión y actualización de los diferentes reglamentos de las unidades de investigación. Se revisan también los instrumentos de evaluación de propuestas, de investigadores y de unidades. Se organizan las Jornadas de Investigación y más de 35 actividades (conferencias, seminarios, etcétera). Inicia la divulgación por Internet con la creación del boletín electrónico de la Vicerrectoría de Investigación con 423 suscriptores para 1995 y con la construcción del sitio *web* de la Vicerrectoría. Se da un incremento sustancial en la cantidad de proyectos vigentes (más de 820) respecto a los que se conservaron en promedio en la administración anterior. Se mantiene una fuerte vinculación externa con instituciones públicas, organismos bilaterales y multilaterales, ONGs y cuerpos diplomáticos. Se instauran importantes relaciones internacionales con el gobierno canadiense, universidades de Columbia, Iowa, California, Agencia Alemana de Cooperación GTZ, Programa Bolívar, Naciones Unidas, entre otras (UCR, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997).

Entre 1996 y 2004, la Universidad de Costa Rica realizó un esfuerzo presupuestario importante, al invertir entre 13% y 15% de sus recursos en el fortalecimiento de actividades de investigación, estudios de posgrado, sistema de bibliotecas, documentación e información, sistema editorial y otras unidades de apoyo. Se estableció el *Premio al Investigador o Investigadora*, con el fin de reconocer el trabajo de más de mil docentes dedicados a la investigación. Cobra auge el proceso de cooperación e internacionalización como fundamento del mantenimiento de la excelencia. Se realiza la evaluación sistemática de centros e institutos. Se diseñaron instrumentos específicos de evaluación para cada trámite (presentación de propuestas, evaluación, ampliación de trámite, presentación de informes, etcétera). Se instrumentó un Sistema Institucional de Formulación de Proyectos. Durante este periodo se concluyeron satisfactoriamente 1,580 proyectos (198 anuales en promedio) y 1,936 ampliaron su vigencia. Existe en dicho lapso un

fortalecimiento constante de los programas institucionales. Se observa una actividad creciente de investigación, tanto en la proposición de proyectos, programas y actividades como en la creación de nuevas unidades (UCR, 1997 a 2005; Vicerrectoría de Investigación, 2004).

En la actualidad la UCR cuenta con 53 unidades de investigación distribuidas en centros, institutos, fincas, estaciones experimentales y otras unidades. Se mantiene una tendencia hacia la formación de equipos de investigación. Sin embargo, el porcentaje de investigaciones individuales sobrepasa 40%. Se estima que cerca de 70% de los artículos científicos publicados en revistas indexadas internacionalmente por investigadores de Costa Rica pertenecen a investigadores de la UCR, lo que representa cerca de 47% de la producción científica indexada de Centroamérica (Parral, 2004; Vicerrectoría de Investigación, 2004, 2005; CNR, 2005).

4. Mapeando la historia de la investigación en ciencias básicas en la UCR

La primera consideración distintiva de la UCR es que es una universidad disciplinariamente compleja pero pequeña de manera relativa. Prácticamente no hay disciplina universitaria que no se practique en su seno; sin embargo es relativamente compleja para ser una universidad nacional. La segunda, es la gran consistencia de las categorías de clasificación, las estadísticas de sus actividades de investigación y la salvaguarda de su patrimonio archivístico. Estas consideraciones hacen de la UCR un objeto de estudio consistente para el análisis reticular que nos hemos propuesto.

Para el estudio de las bases de datos de los proyectos de investigación de la UCR se ha elegido distinguir históricamente la información disponible desde 1977 hasta la fecha en periodos cuatrianuales, seleccionados de conformidad con los periodos de la administración superior, en específico de la duración de los tiempos rectorales. Esta medida se tomó bajo la consideración de que cada uno de estos periodos

corresponde con cierta homogeneidad en la política científica concreta y con momentos de depuración de los proyectos vigentes.¹⁰

La cantidad de proyectos de investigación y de unidades de investigación ha ido en crecimiento a lo largo de la historia de la UCR. A fines de los años setenta, el número de proyectos de investigación ascendía a 224 y de unidades de investigación a 22. Entre 1981 y 1988 el número de proyectos crece a más de 100% pasando de 288 a 673, respectivamente; este lapso corresponde con una sola administración vicerrectoral. Lo mismo sucede con el periodo comprendido entre 1989 y 1993 cuando los proyectos pasan de 673 a 1,268. Empero, en el lapso comprendido entre 1997-2000 el número de proyectos crece 10% para llegar a 1,676 proyectos y luego decrecer hasta 1,569 proyectos. Este periodo 1997-2004 corresponde a una sola administración vicerrectoral y puede interpretarse como un periodo de regulación y del establecimiento de la normatividad ensayada con anterioridad (véase figura 1).

De 1981 a 2004, la cobertura de las áreas ha cambiado, la tríada ciencias básicas, ciencias sociales y salud se mantuvo desde los inicios de la investigación institucionalizada hasta 1992. Excepto en los periodos 1993-1996 y 1997-2000, el área de salud fue sustituida por agroalimentaria de esa tríada. La visibilidad de las ciencias básicas ha sido ligeramente mayor a la de las ciencias sociales, excepto en los periodos 1981-1984 y 2000-2004, cuando éstas han tenido una mayor número de proyectos de investigación en proceso.

Después de que el análisis anterior nos sirviera como encuadre histórico, a continuación presentamos las redes de investigación de las ciencias básicas. Primero analizaremos la dinámica de la investigación del área bajo estudio en el periodo 1997-2005. Luego estudiaremos las principales relaciones heterogéneas entre los proyectos, las disciplinas y áreas de investigación. Para finalizar tomaremos como casos el análisis en detalle de la disciplina y Unidades de Investigación (UI) más visibles para mostrar la dinámica de investigación.

¹⁰El análisis que hemos realizado está sustentado en una base de datos de 61,685 registros de 4,259 proyectos inscritos en la Vicerrectoría de Investigación en el periodo comprendido entre 1977-2005 (VI, 2005).

Mapeando la dinámica de investigación del área de ciencias básicas

Tomando el largo periodo que va de 1975 a 2005, la relevancia de las UI, respecto al número de proyectos registrados tiene tres órdenes de visibilidad: el primero está representado por el CIBCM,¹¹ la E.BIOLOGÍA y el CIMAR; seguidas de un segundo en el cual se aprecian el CIGEFI, la E.FÍSICA, el CICA, la E.GEOLOGÍA, el CELEQ y el CIPRONA; y finalmente un tercer orden por el resto de UI. Respecto a las disciplinas, se tienen dos dimensiones, la de mayor visibilidad que corresponde a las MATEMÁTICAS, la QUÍMICA, la BIOLOGÍA CELULAR y la BIOLOGÍA MOLECULAR; seguida de una de menor visibilidad correspondiendo a la GEOLOGÍA, la FÍSICA, la AGRONOMÍA, la BIOLOGÍA MARINA, las C. BIOLÓGICAS, la OCEANOGRAFÍA y la GEOFÍSICA (véase figura 2).

La lectura reticular y sociotécnica da cuenta de realidades relacionales; de este modo tenemos que existen regiones formadas por relaciones estrechas entre disciplinas e instituciones, sobresaliendo la que se presenta entre las MATEMÁTICAS, la FÍSICA y sus respectivas escuelas (E.MATEMÁTICAS y E.FÍSICA) (figura 2); una región formada entre una disciplina y más de una institución como en el caso de la QUÍMICA y el CELEQ y la E.QUÍMICA; se aprecia una región de gran complejidad de relaciones entre las disciplinas de CIENCIAS BIOLÓGICAS, BIOLOGÍA CELULAR y BIOLOGÍA MOLECULAR y la E.BIOLOGÍA y el CIBCM; finalmente, se puede observar al CIMAR y al CICA que no están relacionados propiamente a una disciplina sino más bien colocados egocéntricamente entre múltiples disciplinas (véase figura 2).

Ahora bien, al reducir temporalmente el periodo de observación al periodo 2000-2004, se aprecia que las UI de mayor visibilidad por el número de proyectos registrados fueron el CIBCM, la E.BIOLOGÍA, el CIMPA, la E.GEOLOGÍA, el CIMAR, el CICIMA y el CIGEFI (véase figura 3), en el resto de unidades se distribuyen el resto de los proyectos. En esta figura se observa con exactitud las disciplinas y UI que son puestas en escena por los proyectos de investigación. Casi todas las disciplinas tienen

¹¹ Se escribirá el nombre de la unidad de investigación tal como se emplea en las bases de datos de origen y al final aparecerá el nombre completo de las siglas utilizadas (véase anexo 1).

una visibilidad relativamente similar por lo que no se aprecian con nitidez iconos sobresalientes.

De acuerdo con el número de proyectos de investigación, las disciplinas centrales son la QUÍMICA, la BIOLOGÍA MOLECULAR, la BIOLOGÍA CELULAR, las MATEMÁTICAS, la BIOLOGÍA MARINA, la GEOLOGÍA y la FÍSICA. Vale la pena mencionar que existen proyectos que comparten estas disciplinas. Las disciplinas más alejadas constituyen en sí mismas polos de frecuencia de proyectos importantes (véase figura 3).

Posibilidades interdisciplinarias de las disciplinas asociadas al área de ciencias básicas

A continuación presentamos un ejercicio de heurística aplicada a la búsqueda de relaciones interdisciplinarias asociadas a las ciencias básicas. Desde una perspectiva relacional, se aprecia una región descrita en el largo periodo entre 1977 y 2005, compuesta por una fuerte interacción entre el CIBCM y la E.BIOLOGÍA, y la BIOLOGÍA MOLECULAR y la BIOLOGÍA CELULAR, en la que las instituciones aparecen de visibilidad similar (véase figura 2); en el periodo 2000-2004 resulta visible que el CIBCM se encuentra en el centro de una red de disciplinas; esto puede deberse a la preponderancia de las biología celular y molecular, pero también a la relación con la BIOTECNOLOGÍA y la GENÉTICA VEGETAL desarrolladas en los últimos años (véase figura 4).

Asimismo, se aprecia la relación entre ciertas disciplinas como la FÍSICA, las MATEMÁTICAS y la GEOLOGÍA con sus escuelas, a excepción de la reciente preponderancia del CIMPA en las MATEMÁTICAS. El fenómeno reciente es la aparición del CIGEFI como un centro de alta multidisciplinariedad convertido en ejecutor de disciplinas disímboles (véase figura 4).

Ahora bien, invirtiendo el análisis de unidades de investigación y disciplinas realizado líneas arriba, puede apreciarse que las relaciones inscritas en los proyectos de investigación muestran ciertos rasgos de relaciones interdisciplinarias. Nos referimos al hecho de que la misma disciplina es practicada por unidades de investigación que no necesariamente habían sido visibles en el área de ciencias básicas.

En la figura 4, las disciplinas de las ciencias básicas están relacionadas primeramente con las disciplinas de otras áreas y en segundo término con las UI que comparten, en ambos casos proyectos registrados en la VI. Esta figura muestra posibilidades de interacción entre unidades de

investigación, que siendo de áreas diferentes, ofrecen posibilidades interdisciplinarias en torno a disciplinas sin importar el área. Esto es posible debido a que los proyectos inscritos en el área de ciencias básicas evocan disciplinas de áreas diferentes, gracias a la mediación de las UI donde se han inscrito los proyectos. Así, por ejemplo, desde la perspectiva de las disciplinas, la TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS pone en relación a UI como la E.NUTRICIÓN, el CIITA, el CIHATA y al INISA; pero desde la perspectiva de las UI, la E.FÍSICA pone en relación a la TECNOLOGÍA NAVAL con la FÍSICA (véase figura 4).

Mapeando unidades de investigación y disciplinas

Ahora analicemos dos aspectos de la dinámica de la investigación en ciencias básicas, uno respecto a una disciplina y otro a una unidad de investigación.

El Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM)

Las dos principales disciplinas practicadas en el CIBCM son la biología molecular y la biología celular, esto es consistente en un análisis de largo plazo 1977-2005 (véase figura 5), como en un análisis del periodo 2000-2004 (véase figura 6).

Con la información de los proyectos desarrollados entre 2000-2004, es posible contemplar a una baja escala de observación la asociación que los investigadores mantienen entre ellos y con otras entidades de investigación. Así, puede apreciarse que el investigador RBA centraliza una red de proyectos en las dos principales disciplinas de acción del CIBCM (la BIOLOGÍA MOLECULAR y la BIOLOGÍA CELULAR) y colabora con una gran cantidad de colegas del centro (véase figura 7). Es posible evocar que este investigador es, en cierta medida, el representante de un fenómeno que hemos observado tanto en el largo plazo entre 1977-2005 (véase figura 2), en el periodo 2000-2004 (véase figura 3), como en el análisis del CIBCM entre 2000 y 2004 (véanse figuras 5 y 6).

Vale la pena mencionar que en este ejercicio de observación el instrumento informático nos permite pasar de escalas y trabajar la inter-representación de entidades en diferentes momentos y dimensiones escalares.

La QUÍMICA en la UCR

Respecto a las disciplinas, la química que es la de mayor visibilidad se ha llevado a cabo entre 1977 y 2005 en las unidades de investigación, en orden de visibilidad, el CELEQ, la E. QUÍMICA, el CICA y el CIPRONA (véase figura 8).

Entre 2000 y 2004, la QUÍMICA se practicó principalmente en las mismas tres unidades que el periodo de largo plazo señaladas anteriormente; sin embargo en este periodo se vuelve visible el CICIMA con tres proyectos, al igual que CIPRONA (véase figura 9).

Los principales investigadores de esta disciplina son Marta Montero Calderón y Sandra Calderón Villaplana; ambas tienen proyectos individuales, así como en colaboración desarrollan el proyecto A1540 y sus ámbitos institucionales pertenecen al CELEQ y CICA, respectivamente (véase figura 10). Por su parte, Jorge Campos Montero ha desarrollado más proyectos que los otros dos investigadores e institucionalmente sus proyectos están inscritos en tres centros de investigación. Por el contrario, el trabajo de Teres Somogyi Pérez es individual, no tiene trabajos colaborativos con otros investigadores. De cualquier modo, el análisis de los proyectos de estos investigadores muestra que el mayor trabajo de la QUÍMICA se lleva a cabo en el CELEQ, como se apreció en el análisis de 1977 a 2005 (véanse figuras 8 y 9).

Conclusiones

La Universidad de Costa Rica resultó ser un objeto de estudio consistente para el conocimiento y explotación de estos asistentes informáticos, pues sus dos consideraciones distintivas la presentan como una universidad disciplinariamente compleja pero relativamente pequeña; pero, sobre todo, se presta al estudio, en la medida que ha logrado construir una gran consistencia de las categorías de clasificación y las estadísticas de sus actividades de investigación y la salvaguarda de su patrimonio archivístico.

Explotando el *software* RL, hemos explorado la complejidad de las fuentes y de los datos producidos por la institución de investigación de la Universidad de Costa Rica, para analizar las redes heterogéneas representadas gráficamente en el área de las ciencias básicas. La información proporcionada nos ha permitido distinguir en los grafos de mayor visibilidad actores relevantes y en las líneas las relaciones resultantes de la intensidad de información contenida en los proyectos de

investigación, e incluso en los grafos pequeños como en los resultantes de la información de algunos investigadores y situaciones significativas para la institución, como en el caso de la visibilidad de un investigador en un contexto complejo. La incorporación de información de áreas diferentes a las ciencias básicas ha mostrado la posible y factible multidisciplinariedad entre unidades de investigación e investigadores diferentes.

La lectura sociotécnica de los proyectos registrados entre 1977 y 2005 da cuenta de realidades relacionales heterogéneas; así tenemos que existen regiones formadas por relaciones estrechas entre disciplinas e instituciones en las matemáticas y la física, excepto que recientemente se aprecia la preponderancia del CIMPA en las matemáticas; una región formada entre una disciplina y más de una institución como en el caso de la química y un centro de investigación y una escuela; se aprecia una región de gran complejidad de relaciones entre disciplinas como en el caso de la biología celular y molecular, y la escuela de biología y un centro de investigación que engloba las dos disciplinas mencionadas; y, finalmente, se pueden observar dos centros de investigación (CIMAR y CICA), colocados egocéntricamente entre múltiples disciplinas.

Acortando el periodo de observación al periodo rectoral 2000-2004, se aprecia que las UI de mayor visibilidad por el número de proyectos registrados fueron el CIBCM, la E.BIOLOGÍA, el CIMPA, la E.GEOLOGÍA, el CIMAR, el CICIMA y el CIGEFI; en el resto de unidades se distribuyen el resto de los proyectos. Casi todas las disciplinas tienen una visibilidad relativamente similar. De acuerdo con el número de proyectos de investigación, las disciplinas centrales son la QUÍMICA, la BIOLOGÍA MOLECULAR, la BIOLOGÍA CELULAR, las MATEMÁTICAS, la BIOLOGÍA MARINA, la GEOLOGÍA y la FÍSICA.

Desde una perspectiva relacional, entre 1977 y 2005, se aprecia una región compuesta por una fuerte interacción entre el CIBCM y la E.BIOLOGÍA y la BIOLOGÍA MOLECULAR y la BIOLOGÍA CELULAR; sin embargo, recientemente (periodo 2000-2004) resulta visible que el CIBCM se encuentra en el centro de una red de disciplinas relativamente antiguas como la biología celular y la genética vegetal, y de reciente desarrollo como la biotecnología y la biología molecular.

Salta a la vista la reciente aparición del CIGEFI como un centro de alta multidisciplinariedad convertido en ejecutor de disciplinas aparentemente disímbolas.

Respecto al análisis del Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM) encontramos que las dos principales disciplinas practicadas en el CIBCM son la biología molecular y la biología celular, esto es consistente en un análisis de largo plazo 1977-2005, como en un análisis del periodo 2000-2004. Hemos observado cómo las relaciones de un investigador son representativas del fenómeno anterior.

Respecto al análisis de la química, observamos que entre 1977 y 2005 en las IU, en orden de visibilidad, el CELEQ, la E. QUÍMICA, el CICA y el CIPRONA; sin embargo entre 2000-2004, se vuelve visible el CICIMA y CIPRONA. El análisis de los proyectos de los investigadores de mayor visibilidad muestra que el mayor trabajo de la QUÍMICA se lleva a cabo en el CELEQ como se apreció en el análisis de 1977 a 2005.

En este trabajo hemos expuesto las posibilidades cognoscitivas de la explotación de asistentes informáticos aplicados al estudio de información inscrita en proyectos de investigación, con lo que se aprecian los resultados del análisis textual y relacional, y la integración de métodos cuantitativos y cualitativos. La explotación del asistente informático nos ha posibilitado dar cuenta de modo visual de la organización de elementos heterogéneos surgidos de bases de datos de información sobre proyectos de investigación, tomando como caso el de la Universidad de Costa Rica.

También se ha realizado la doble puesta en relación entre el análisis de datos de naturaleza distinta que puede expresar, visualizar, estructurar y analizar redes de datos de entidades distintas expresadas cualitativa y cuantitativamente; con lo que avanzamos en la comprensión de los procesos de elaboración de conocimientos y artefactos, y avanzamos en simultáneo conocimiento de la construcción de la ciencia y la tecnología y de las construcciones de su propia epistemología.

Bibliografía

- 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.
- Barnes, Barry (1993-1994), “Cómo hacer sociología del conocimiento”, en *Política y sociedad*, núms. 14/15, Madrid: Universidad Complutense.
- Basalla, George (1991), *La evolución de la tecnología*, Barcelona: Crítica.
- Bloor, David (1982), *Sociologie de la logique ou le limites de l'épistemologie*, Paris: Collection Pandore.

- Bloor, David (1999), "Anti-Latour", en *Studies of History and Philosophy of Science*, vol. 30, núm. 1, London: Elsevier.
- Buela, 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. 1, 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*, numéro spécial 40 ans, Paris: Elsevier.
- Callon, Michel *et al.* (1991a), "Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and Technological research: The case of polymer chemistry", en *Scientometrics*, núm. 22, Oxford: Springer.
- _____ (1991b), "Tools for the evolution of technological programmes: an account of work done at the Centre for Sociology of Innovation", en *Technology, analysis & strategic management*, vol. 3, núm. 1, London: Taylor & Francis Journals.
- Michel, Jean (1995), "La scientométrie au service de l'évaluation", en Callon, Michel *et al.*, *La gestion stratégique de la recherche et de la technologie: l'évaluation des programmes*, Paris: Económica.
- Collins, Allan y Elizabeth Loftus (1975), "A spreading-activation theory of semantic processing", en *Psychological review*, Washington: APA.
- Collins, A. y Quillian Ross (1969), "Retrieval time from semantic memory", en *Journal of verbal learning and verbal behavior*, LANL.
- Consejo Nacional de Rectores (CNR) (2003), *Antecedentes de la Investigación en la Universidad de Costa Rica*, San José: Oficina de Planificación de la Educación Superior.
- _____ (CNR) (2005), *Estadísticas básicas sobre la investigación en las instituciones de educación superior universitaria estatal de Costa Rica*, San José: Oficina de Planificación de la Educación Superior.
- Dodier, Nicolas y Janine Barbot (2000), "Le temps des tensions épistémiques. Le développement des essais thérapeutiques dans le cadre du sida (1982-1996)", en *Revue française de sociologie*, XLI-1, Paris: Éditions OPHRYS.
- Freeman, Christopher (1979), "Centrality in social networks: conceptual clarification", en *Social networks*, vol. 1, London: Elsevier.

- _____ (1984), *Prometheus unbound*, London: Futures.
- _____ (1991), "Networks of innovators: A synthesis of research issues", en *Research policy*, núm. 20, London: Elsevier.
- Gutiérrez, Donato (2002), "III Congreso Universitario y la reforma a la estructura orgánica de la universidad" en *Boletín 1*, Artículo 3, Contraloría Universitaria, San José: Universidad de Costa Rica.
- Hess, David (1992), "Introduction: the new ethnography and the anthropology of science and technology", en *Knowledge and society: the anthropology of science and technology*, London: JAI Press.
- _____ (2001), "Ethnography and the development of science and technology studies", en *Handbook of ethnography*, Beverly Hills: Sage.
- Hess, David y Linda Layne (1992), "Préface", en Rip Arie [ed.], *Knowledge and society: the anthropology of science and technology*, Greenwich, Connecticut: JAI Press.
- Johnson, 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.
- Latour, Bruno y Antonio Arellano (1998), "Discusiones en sociología de la ciencia, conversación con Bruno Latour", en *Revista Talón de Aquiles*, núm. 6, Chile: Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile.
- Lomonte, Bruno y Shirley Ainsworth (2000), "Desarrollo científico en Costa Rica: un análisis bibliométrico a través del Science Citation Index, durante el período 1980-1998", en *Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica*, tomo III, San José: Universidad de Costa Rica.
- _____ (2002), "Publicaciones científicas de Costa Rica en el Science Citation Index: análisis bibliométricos del trienio 1999-2001", en *Revista Biología Tropical*, vol. 50, núm. 3/4, San José: Universidad de Costa Rica.
- Mogoutov, Andrei (1998), "Données Relationnelles en sciences sociales: essai de minimalisme méthodologique", en *Pratiques de formation*, Paris: Université de Paris VIII.
- _____ (1999), RL 6.13, *Sistema di esplorazione di dati relazionali dans Antonio M. Chiesi (a cura di), L'analisi dei reticol*, Milano: Franco Angeli.

- Mogoutov, Andrei y Tania Vichnevskaja (1995), “Ego-Centered network in migration”, en *International social network conference*, London: University of Greenwich.
- Mogoutov, Andrei y Nicolas Dodier (1997), *Données Relationnelles en sciences sociales eds*, Ateliers de formation, Paris: INSERM.
- Parral, César (2004), “UCR lidera investigación en Centroamérica”, en *Girasol Digital*, año 7, núm. 23, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Perrin, Jacques (1988), *Comment naissent les techniques, la production sociale des techniques*, Paris: Publisud.
- Price, Derek (1978), “Toward a model for scientific indicators”, en Yehuda, Elkana [ed.], *Toward a metric of science*, New York: Wiley.
- Tichit, Christine (1999), *Pour une autre approche des biographies: de la collecte à l'analyse “configurationnelle”*, *Rapport de recherche du Centre Population et développement*, vol. 23, Paris: CEPED.
- Sowa, John (1991), “Current issues in semantic networks”, en Sowa, John [ed.], *Principles of semantic networks. Explorations in the representation of knowledge*, San Mateo, California: Morgan Kaufman.
- Van Raan, Anthony (2003), “The use of bibliometric analysis in research performance assessment and monitoring of interdisciplinary scientific developments”, en *Technikfolgenabschätzung*, marzo, Netherlands: Jahrgang, vol. 12, núm. 1.
- Universidad de Costa Rica (1995-1996) (UCR), (de los años 1989 a 2005), *Informe de Labores*, Rectoría, San José: Costa Rica.
- Vicerrectoría de Investigación (2004), *Informe de Labores 1996-2004*, San José: Universidad de Costa Rica.
- _____ (2005), *Estadísticas elaboradas a partir de la base de datos sobre proyectos de investigación*, San José: Universidad de Costa Rica.

Anexo 1. Glosario de Unidades de Investigación

- CELEQ: Centro de Investigaciones en Electroquímica y Energía Química.
- CIBCM: Centro de Investigaciones en Biología Molecular y Celular.
- CICA: Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental.
- CICIMA: Centro de Investigaciones en Ciencia e Ingeniería de Materiales.
- CIGEFI: Centro de Investigaciones Geofísicas.

CIHATA: Centro de Investigación en Hemoglobinas Anormales y Trastornos Afines.

CIITA: Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

CIMAR: Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología.

CIMPA: Centro de Investigaciones en Matemáticas Puras y Aplicadas.

CIPRONA: Centro de Investigaciones en Productos Naturales.

INISA: Instituto de Investigaciones en Salud.

E.BIOLOGÍA: Escuela de Biología.

E.FÍSICA: Escuela de Física.

E.GEOLOGÍA: Escuela de Geología.

E.MATEMÁTICAS: Escuela de Matemáticas.

E.NUTRICIÓN: Escuela de Nutrición.

E.QUÍMICA: Escuela de Química.

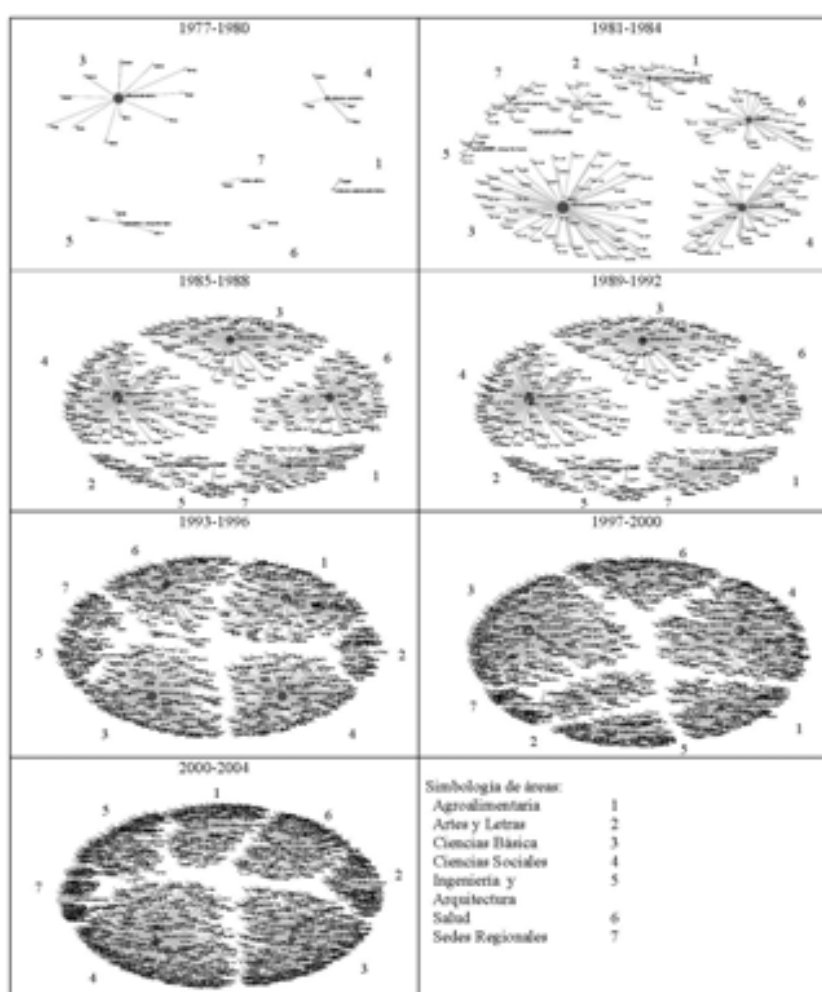
Antonio Arellano Hernández. Investigador de la Facultad de Ciencias Políticas y Administración Pública de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus líneas de investigación son: antropología de la tecnociencia, epistemología y tecnología sociales. Su más reciente publicación es: junto con Laura Morales, “Ética e investigación; hacia una política de integridad tecnocientífica”, en *REDES*, vol. 11, núm. 22, Universidad Nacional de Quilmas, 2005.

Henning Jensen Pennington. Vicerrector de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Sus líneas de investigación son: investigación transcultural en psicología del desarrollo infantil temprano, epistemología de las ciencias sociales y teoría psicoanalítica. Su más reciente publicación es: junto con otros autores, “Cultural models, socialization goals, and parenting ethnotheories. A multicultural análisis”, en *Journal of cross-cultural psychology*, marzo, vol. 37, núm. 2, 2006.

Envío a dictamen: 24 de agosto de 2006.

Aprobación: 05 de octubre de 2006.

Figura 1
Masa de proyectos por área de investigación en la UCR 1977-2004.



Fuente: elaboración propia a partir de los datos sobre proyectos de investigación (VI, 2005).

Figura 2
Disciplinas y unidades de investigación en ciencias básicas (1977-2005).



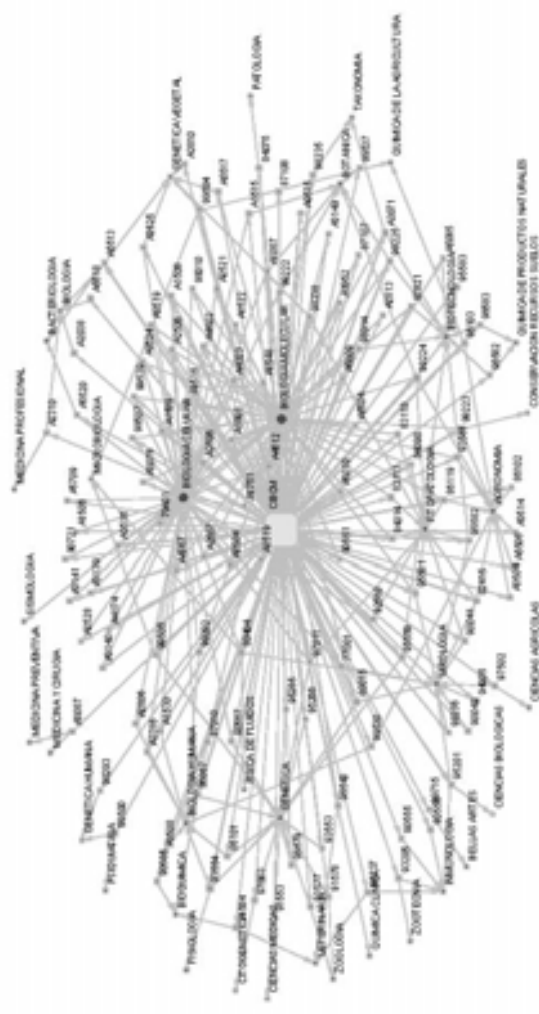
Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR (VI, 2005).

Figura 4



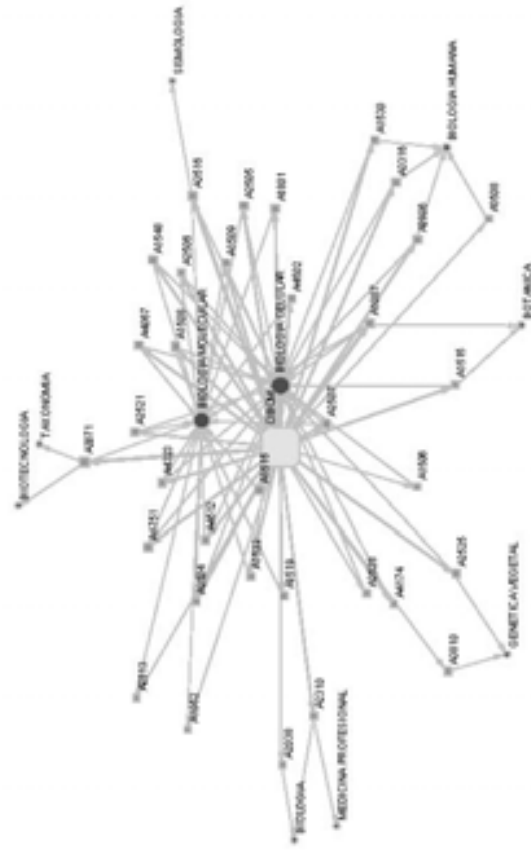
Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR (VI, 2005).

Figura 5
Proyectos y disciplinas desarrollados en el CIBCM (2000-2004).



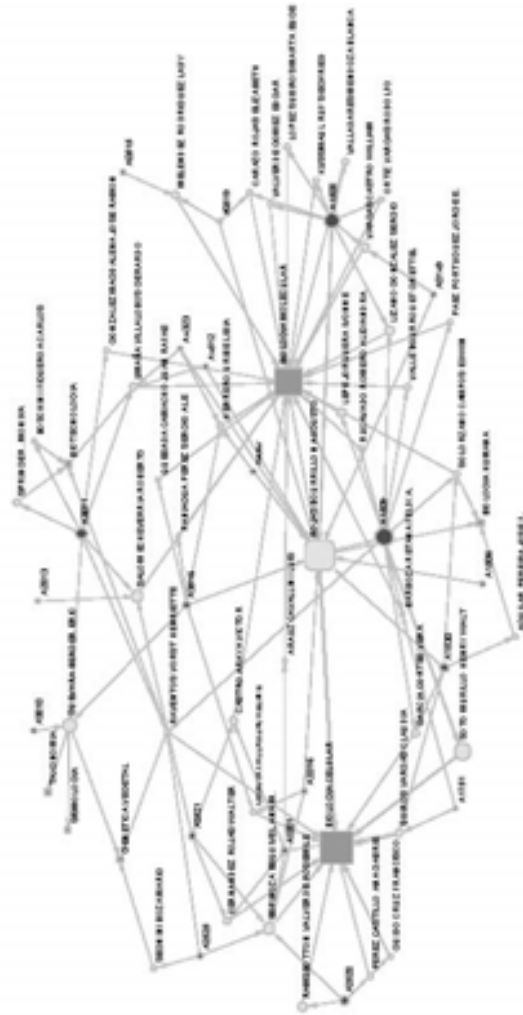
Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR.

Figura 6
Proyectos y disciplinas en el CIBCM (2000-2004).



Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR.

Figura 7
Proyectos, investigadores y unidades de investigación del CIBCM (2000-2004).



Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR (VI, 2005).

Figure 8



Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR (VI, 2005).

Figura 9
Proyectos y unidades de investigación donde se practica la QUIMICA.

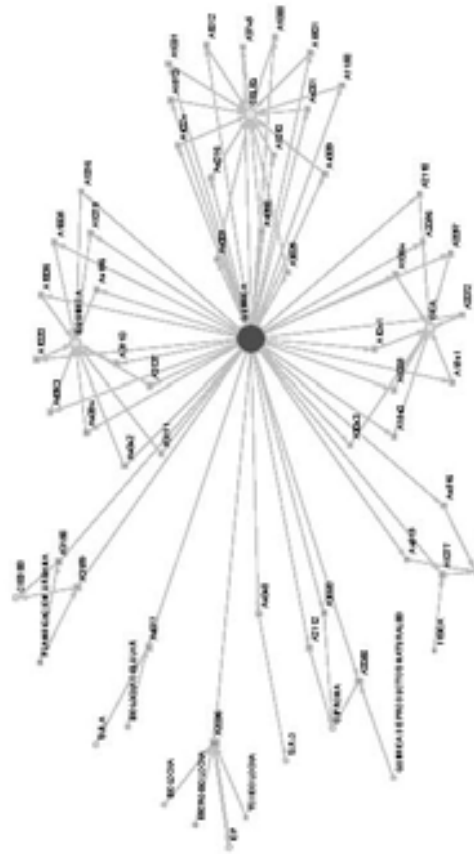
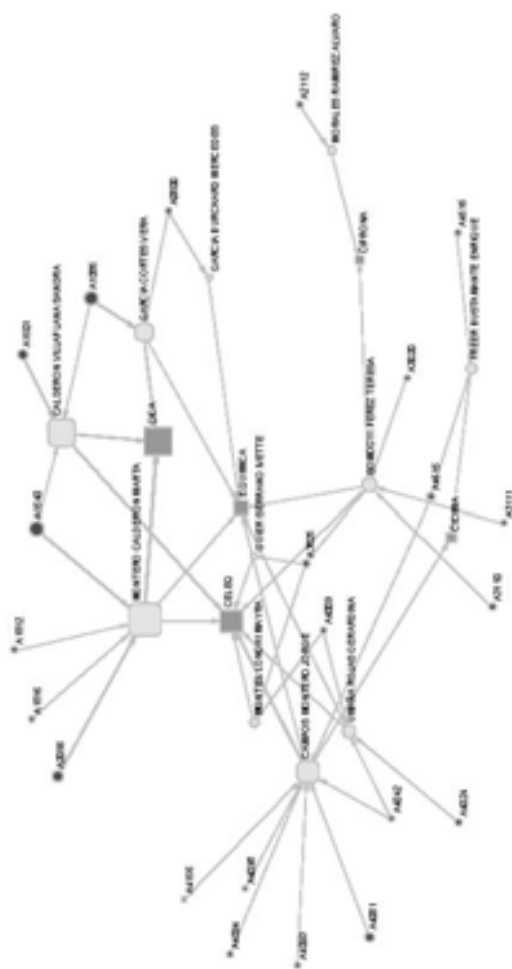


Figura 10



Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de la VI de la UCR (VI, 2005).