

Análisis estructural de una red de conocimiento a través de la teoría de grafos

Área de investigación: Entorno de las organizaciones

Magali María Isabel Cárdenas Tapia

Instituto Politécnico Nacional

México

mcardenast@ipn.mx

Cynthia Klingler Kaufman

Facultad de Contaduría y Administración

Universidad Nacional Autónoma de México

México

cynthiaklingler0@gmail.com

Luis Arturo Rivas Tovar

Instituto Politécnico Nacional

México

larivas33@hotmail.com, larivast@ipn.mx



Octubre 3, 4 y 5 de 2012

Ciudad Universitaria

México, D.F.

XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

División FCA, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM. Fotografía: Rutilo López-Chavez

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

Análisis estructural de una red de conocimiento a través de la teoría de grafos

Resumen

El presente trabajo de investigación es un análisis de la estructura de la red de medio ambiente del Instituto Politécnico Nacional, siendo la institución de educación superior tecnológica más grande de México. (ANUIES, 2000); la importancia del estudio radica en analizar el funcionamiento de esta red en virtud de la relevancia que han tomado las redes como un vehículo para la colaboración y generación de conocimiento en la búsqueda de soluciones a problemas del medio ambiente, el análisis se realizó utilizando la teoría de grafos para conocer el funcionamiento de la red y las relaciones entre sus investigadores. Se recopiló la información de la producción científica de los miembros de la red, para conocer las colaboraciones con otros investigadores a través de las coautorías en artículos científicos, libros, capítulos de libros, y tesis dirigidas del periodo 2009 al 2011; por medio del análisis de la red de coautorías es posible analizar una de las estructuras más importantes que compone una comunidad científica, su red social. (De la Rosa, Martínez, González, & Velasco, 2005). Asimismo se realizaron entrevistas a profundidad al coordinador de las redes de investigación del IPN, así como a coordinadores de nodo y a investigadores miembros de la red.

Los resultados obtenidos del análisis de la red muestran, que se encuentra en una etapa incipiente; es una red conexas, con índices de cohesión de 33%, y liderazgo, e intermediación bajos (Freeman, 2000 y Newman, 2003). Se pueden percibir algunos clusters, pero será necesario revisar las políticas institucionales en la asignación de recursos que fomente el trabajo colaborativo, para incrementar la cohesión de la red, que redunde en la generación de conocimiento para la solución de problemas de medio ambiente.

Palabras clave: Redes de conocimiento, análisis estructural, teoría de grafos

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

Introducción

La producción de conocimiento tiende a desarrollarse en el marco de nuevas formas de organización, más flexibles y dinámicas. Surgen así nuevas configuraciones, en las que participan ya no sólo científicos y académicos, sino también aquellos que mediante la aplicación de los conocimientos buscan soluciones a problemas específicos. Junto con ello, la internacionalización de la ciencia, potenciada por la aplicación a gran escala de las tecnologías de la información y la comunicación, constituyen el marco general en el que han nacido y se han desarrollado las redes de conocimiento (Albornoz, 2006).

El trabajo en red es el resultado de la adopción de formas flexibles y participativas de organización, implementadas a la hora de crear y aplicar los conocimientos a la solución de problemas. Las redes de conocimiento son las configuraciones en las que se conjugan actores de diversas procedencias como son las universidades, las empresas y las instituciones gubernamentales, los cuales se relacionan con el fin de abordar problemas concretos y proponer soluciones, se ponen en juego para ello sus capacidades y buscan, por este medio, complementarlas para la generación de conocimiento, innovación y desarrollo tecnológico.

Dada la importancia de la formación de redes de conocimiento, organismos internacionales como la UNESCO han apoyado a centros de investigación, en el establecimiento de redes científicas en América Latina y el Caribe, tales como la Red-Ciencia (Red de I+D y programas de Postgrado en ciencias en América Central), Cari-SCIENCE (Red de I+D y Programas de Postgrado en Ciencias en el Caribe), RELAB (Red Latinoamericana de Ciencias Biológicas), RELAQ (Red Latinoamericana de Química), RELAA (Red Latinoamericana de Astronomía), FELASOFI (Federación Latinoamericana de Sociedades de Física), UMALCA (Unión Matemática de América Latina y el Caribe), Red POP (Red de Popularización de la Ciencia), Red-Fac (Red de Facultades de Ciencias), entre otras. (Banús, 2006)

En el país se está implementando recientemente la conformación de redes temáticas, propuestas por las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) desde la década de 1980 (Albornoz, 2006), lo cual permite apreciar que existe un retraso significativo en las estrategias gubernamentales que son poco efectivas para la formación de redes de conocimiento en México.

Problemáticas como las del medio ambiente requieren la búsqueda urgente de soluciones, es necesario el diseño de estrategias que contribuyan a prevenir, mitigar y adaptarse a las nuevas condiciones del ambiente enmarcado en la problemática del desarrollo sustentable, ello implica la vinculación de todos los actores de la sociedad, particularmente de las instituciones de educación superior (IES), gobierno y empresas.

En este sentido la ciencia y la tecnología son reconocidas actualmente, con mayor claridad, como factores decisivos para la transformación económica y social, así como en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales, tanto en los países de economía industrial avanzada, en los cuales se pone de manifiesto el surgimiento de una nueva

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

economía y una nueva sociedad del conocimiento, como también en países de menor desarrollo como México, que deben afrontar las consecuencias de tales transformaciones y adquirir la capacidad de aprovechar las oportunidades de estas nuevas formas de organización.

Las redes temáticas en medio ambiente y sustentabilidad que identificamos en México son la Red de Medio Ambiente (REMA) del Instituto Politécnico Nacional; la Red de Medio Ambiente y Sustentabilidad (REMAS) del Conacyt; y la Red de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM, las cuales se encuentran trabajando en la temática señalada, en esta ponencia se presentan los resultados de la REMA, que fue la primera red analizada y para futuras investigaciones se analizarán las otra dos redes identificadas.

La importancia de esta investigación radica en el análisis la estructura de la Red de medio ambiente del IPN, que es la institución de educación superior tecnológica más grande de México. (ANUIES, 2000); en virtud de la relevancia que han tomado las redes como un vehículo para la colaboración y generación de conocimiento en la búsqueda de soluciones a problemas del medio ambiente; específicamente se eligió al Centro de Investigación en Ciencias del Mar (CICIMAR), por ser el centro de investigación perteneciente a la REMA con mayor grado de cohesión, y mayor número miembros en la red y encontrarse entre los centros con mayor productividad científica.

El análisis de la información se realizó utilizando la teoría de grafos que es una rama de las matemáticas discretas que analiza cuantitativamente las estructuras de las redes. El software utilizado fue el CYTOSCAPE creado por la universidad de California en San Diego, es un software libre para el análisis y visualización de redes sociales, el cual mide las interacciones entre los investigadores y genera grafos en los cuales se visualizan estas colaboraciones, además calcula parámetros matemáticos, como, el coeficiente de agrupamiento (clustering coeficient), el grado nodal (degree), y la intermediación (betwensness centralization). Estos parámetros los hemos relacionado con la cohesión de la red; el liderazgo y la comunicación respectivamente (Freeman (2000), Newman (2003)).

El objetivo de esta investigación es analizar el funcionamiento de la red de medio ambiente del IPN, a través de tres variables: la cohesión; el liderazgo; y la comunicación.

Esta ponencia está estructurada en dos partes: la primera presenta la literatura de las redes de conocimiento y la teoría de grafos, así como la importancia de analizar la estructura de las redes de conocimiento utilizando esta teoría; en la segunda parte se revelan los resultados del análisis de la estructura de la red de medio ambiente del Instituto Politécnico Nacional.

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>
informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

1.- Revisión de la literatura de las redes de conocimiento y la teoría de grafos.

En esta sociedad globalizada, las redes de conocimiento constituyen la máxima expresión del hombre como productor de conocimientos y su necesidad de intercambiar, compartir y transferir lo que aprende y lo que crea, a partir de la interacción por medio de las tecnologías de la información y comunicación, las cuáles han proporcionado facilidades del trabajo en red, traspasando las fronteras, permitiendo intercambiar, potenciar, generar, y compartir conocimiento; la finalidad de las redes es mejorar la calidad del trabajo académico e investigativo, crear y fortalecer la cooperación y el aprovechamiento de los recursos, así como posibilitar el libre flujo de la información entre las universidades, las empresas y todo tipo de organizaciones.

En los últimos años, en forma paralela a la consolidación de un nuevo paradigma intensivo en información y conocimiento, se ha incrementado la discusión sobre la superioridad competitiva de los grupos interrelacionados sobre aquellos que actúan de forma individual. (Castañeda & Pérez, 2005)

1.1 Redes de conocimiento

Para efectos de esta investigación se definirán a las redes de conocimiento (RC) como: “Un grupo de personas e instituciones, interesados en la resolución de un fin común, con el objeto de compartir y socializar información y conocimiento y potenciar los recursos y beneficios, a través de la cooperación, colaboración y solidaridad constructiva, utilizando las tecnologías de la información y comunicación” (Sebastián, 2002, P 97-111)

Características de las redes de conocimiento (David y Foray, 2002)

- Una significativa actividad de creación y reproducción del conocimiento, estimulado por una gran cantidad de oportunidades de recombinación, transposición y sinergia.
- La existencia de mecanismos para intercambiar y difundir el conocimiento que se genera.
- El uso intensivo de tecnologías de la información y la comunicación.
- Sostenibilidad: los recursos de la red se crean, organizan y gestionan por los propios miembros de la red.
- No existe ninguna estructura corporativa que se encargue de su gestión y mantenimiento.
- Diversidad y globalidad: la diversidad de las RC radica en la posibilidad que tienen de integrar en ellas a personas de cualquier lugar físico para compartir conocimientos en base a un objetivo común que les proporciona globalidad.
- Participación: los miembros de la red interactúan de forma activa aportando recursos de información y conocimiento a la forma de aplicar los mismos a los contextos productivos y a cambio reciben nuevo conocimiento.
- Utilidad y eficacia: los recursos disponibles en la red son útiles para los propios miembros de la red y para la organización donde desempeñan sus funciones.

<http://congreso.investigacion.fca.unam.mx>

información Luna (2003) identifica algunas características adicionales de las redes de conocimiento:

- Ningún miembro tiene una autoridad absoluta y todos tienen una cierta autonomía.

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

- Las decisiones se toman de manera conjunta a través de comités en múltiples niveles.
- La red opera a través de decisiones, resolución de problemas, ganancias (pérdidas) o prestigio compartido

Rivas (2007) señala que dentro de las características de la red con respecto a su operación se puede partir de tres dimensiones, que son: cohesión, potencial combinatorio y poder de activación.

1. **Cohesión.-** Está en función del grado de relación afectiva, la heterogeneidad, la multiplicidad y densidad de los nodos que la conforman.

- **Tamaño del grupo:** la cohesión del grupo disminuía a medida que aumentaba el tamaño de éste, hasta unos 20 miembros (más allá de este tamaño la cohesión disminuía), el tamaño del grupo parece que tiene más influencia sobre su cohesión que otras cosas.
- **Competencia entre grupos y dentro del grupo:** La competencia dentro del grupo mina la cohesión de éste. Por otro lado la competencia entre dos grupos suele aumentar la cohesión de cada uno.
- **Posición:** La cohesión del grupo se relaciona directamente con la posición en el grupo.
- **Metas:** Una de las razones para que una persona ingrese en un grupo es su creencia de que el grupo puede hacer algo que ella sola no puede realizar, o no puede hacerlo igualmente bien. El acuerdo sobre las metas aumenta la cohesión, mientras que las diferencias la minan.
- **Relaciones estables:** Un requisito de la cohesión del grupo es una relación estable, los grupos que continuamente se reorganizan no llegan a adquirir cohesión.

2. **Potencial combinatorio.-** Es la cantidad de conexiones que puede realizar cada uno de los nodos, lo cual está en función del tamaño y diversidad de los nodos. El potencial combinatorio está en relación directa con la capacidad de comunicación de los nodos; por ello las tecnologías de información constituyen un elemento diferenciador sobre la calidad y tamaño de la organización en red.

3. **Poder de activación.-** Se refiere a la capacidad que tienen los nodos de iniciar interacciones con los miembros de la red.

Existen nuevos paradigmas organizativos en donde la organización en red es contraria a los supuestos de la organización tradicional, el propósito básico de la organización en red no es la gestión de funciones, sino la resolución de problemas específicos. La nueva complejidad del entorno obliga a las organizaciones a diseñar nuevas formas de organización más sencillas y flexibles. La esencia de esta nueva forma de organización radica en la gestión del cambio.

Octubre 3, 4 y
Ciudad Universitaria,
México, D.F.

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

De acuerdo con Rivas (2007), la organización en red cuestiona 5 paradigmas básicos de la organización burocrática funcional:

1. Se cuestiona la *división vertical del trabajo*, ya que la disociación entre el diseño del trabajo y su ejecución es uno de los principios básicos de la organización en red.
2. El predominio de la coordinación mediante la jerarquía. En una organización en red todos los nodos tienen una importancia equivalente. La relación jefe-subordinado pierde su importancia, ya que los roles no son estables. Unas veces se es jefe y otras subordinado, sin ningún conflicto de rol.
3. En la organización en **red** el líder tiene la capacidad de generar comportamientos autogestores, porque las distancias hacen inútil la orientación por otra vía que no sea la del conocimiento.
4. Diferenciación de *roles operativos y normativos*. Cada responsable aporta su experiencia funcional a la concepción de la estrategia, y sus habilidades operativas a la puesta en práctica de ésta.
5. *Tipo de formalización*, los procedimientos y normas que rigen la actuación de la organización clásica, son un estorbo que se sustituye por medios de regulación dinámicos.

El mismo autor señala que el trabajo en red se ha incrementado a raíz de la aparición de las nuevas tecnologías. La idea central es que existen *nodos*, donde las jerarquías son más bien escasas cuando no inexistentes. Una red está compuesta por nodos y relaciones entre nodos. Los nodos son los elementos que caracterizan las células básicas y son a la organización en red lo que los departamentos a la organización funcional. Dichos nodos pueden adoptar distintas formas y tamaños, dependiendo del número de conexiones que existan, y los nodos que participen en la organización.

1.2.- Teoría de grafos.

La teoría de grafos es una disciplina de las matemáticas discretas, con su desarrollo propio; su aporte al análisis de redes sociales consiste en que proporciona conceptos que pueden ser aplicados para referirse a propiedades de la estructura social de una manera precisa; aporta ideas y métodos sobre cómo pueden ser cuantificadas estas propiedades, es decir aporta los elementos para la operabilidad del modelo de red social, al representar a los individuos (nodos) y sus vínculos (aristas) mediante un grafo.

Para realizar el análisis de la estructura de la red de medio ambiente del IPN se utilizó el modelo de Centralidad Estructural (Freeman, 2000), el cual está relacionada con la eficiencia del grupo a la hora de resolver problemas, con la percepción del liderazgo y con la satisfacción personal de los miembros del mismo.

La centralidad desde el punto de vista de la teoría de grafos nos permitió analizar la estructura de la REMA en tres atributos estructurales que nos interesa abordar en esta investigación: el coeficiente de agrupamiento en su término en inglés (*Clustering coefficient*) relacionada con la cohesión de la red, es decir que tan agrupada está la red; el grado (*Degree*) relacionado directamente con el liderazgo, el cálculo se realiza con el número de colaboraciones de los investigadores en las publicaciones científicas; y por

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

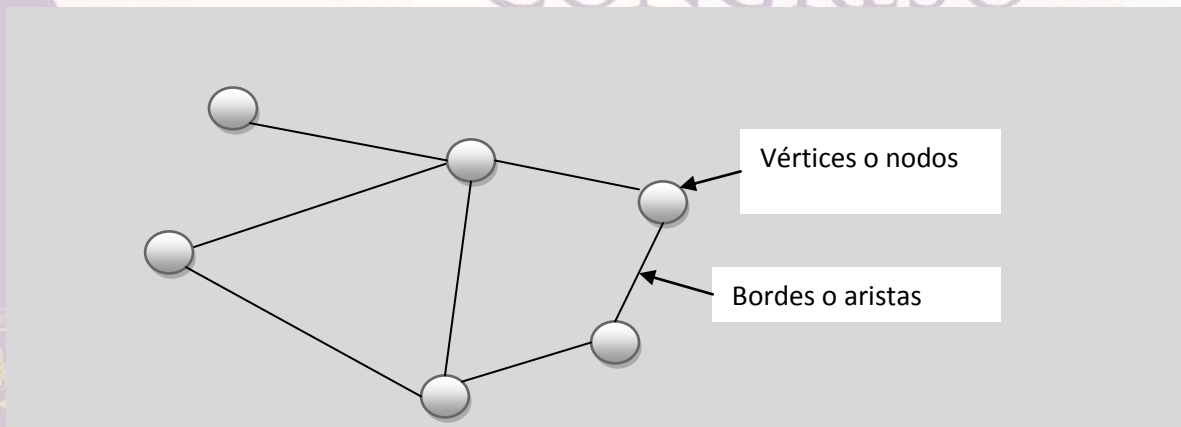
último la intermediación (*Betweenness centrality*) el cual se asocia con la comunicación en la red, es decir que tan influyente es el investigador en la red.

A continuación los principales conceptos utilizados de la teoría de grafos, y la forma como analiza la estructura de las redes.

Redes

Según Newman (2003) una red es un conjunto de elementos, llamados vértices o nodos (investigadores) con conexiones entre ellos, llamado bordes o aristas (colaboraciones).

Fig. 1 ejemplo de una red con seis nodos y siete aristas

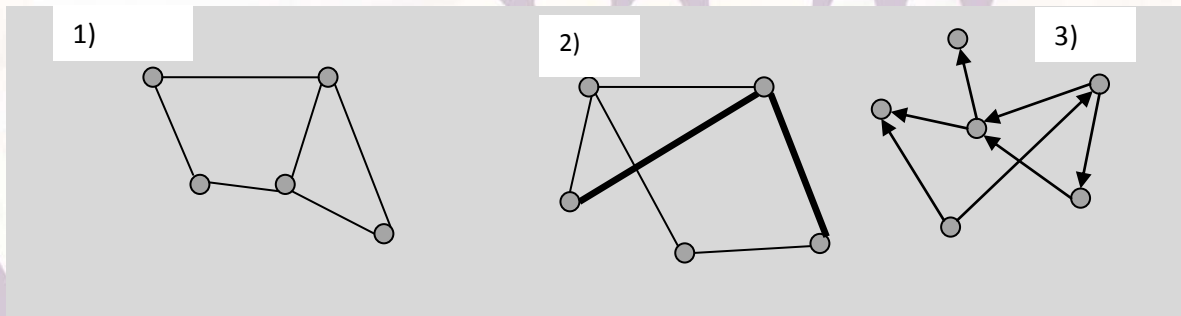


Elaboración propia

Existen diferentes tipos de redes; el más sencillo es un conjunto de nodos unidos por los bordes o aristas. Hay muchas maneras en que las redes pueden ser más complejas (ver figura 2). Por ejemplo, puede haber más de un tipo diferente de nodo en una red, o más de un tipo diferente de arista. Los nodos y las aristas pueden tener una variedad de propiedades, asociadas a ellos. Si tomamos el ejemplo de una red social, los nodos son las personas: Los nodos pueden representar a los hombres o mujeres, personas de diferentes nacionalidades, lugares, edades, ingresos, etc.

Las aristas pueden representar la amistad, conocimiento, relación profesional o proximidad geográfica; pueden tener diferentes pesos, lo que representa, por ejemplo, lo bien que dos personas se conocen entre sí, también pueden ser dirigidos, señalando en una sola dirección. En la figura 2 se aprecian tres tipos de redes: 1) red no dirigida con sólo un tipo de nodo y un solo tipo de arista, 2) una red no dirigida con diversos pesos en las aristas, 3) una red dirigida en la que cada arista tiene una dirección.

Figura 2 Tipos de redes

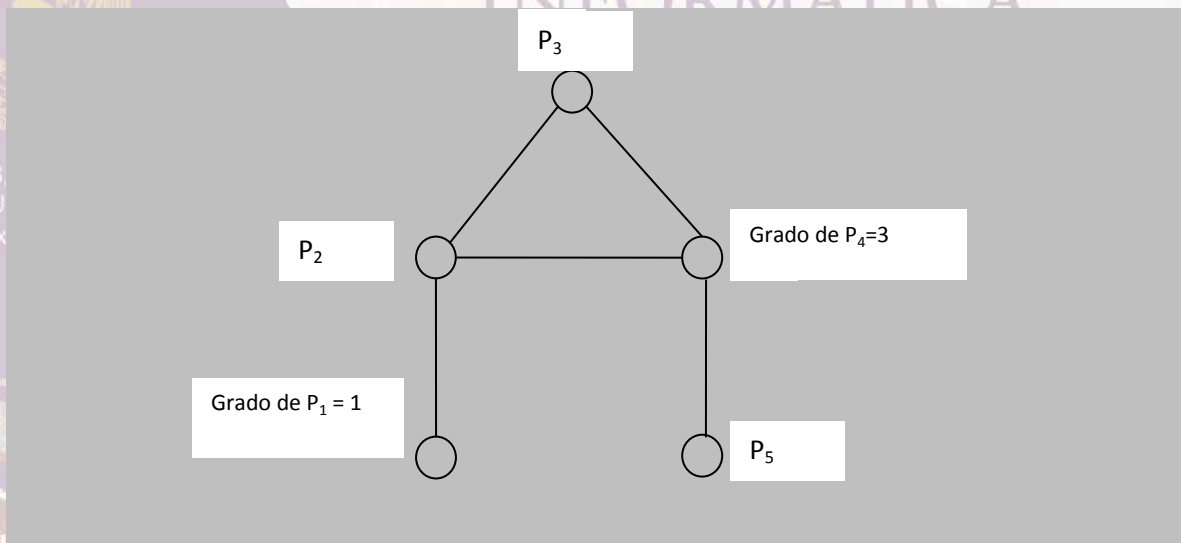


Fuente: Elaboración propia

Los nodos que están en la figura 3 muestran un grafo compuesto por cinco nodos y cinco aristas; cuando dos nodos están conectados directamente por una arista, se dice que son adyacentes. El número de nodos de los cuales un determinado nodo es adyacente se conoce como el grado de ese nodo, en el ejemplo el nodo P_1 tiene el grado 1 y el nodo P_4 tiene grado 3.

Dado un par de nodos no ordenados (P_1, P_j) , cada uno es alcanzable desde el otro, si y sólo si existe un camino, es decir una secuencia de una o más aristas, $(P_1, P_a), (P_a, P_b), (P_b, P_c), (P_c, P_j)$, que comienza en P_1 y quizá pasando a través de nodos intermedios, $P_a, P_b, P_c, \dots, P_z$, termina en P_j . Un camino que comienza y termina en el mismo nodo es un ciclo.

Figura 3 Grafo con cinco nodos



Fuente: Elaboración propia en base a Freeman (2000)

Cuando cada uno de los nodos es alcanzable desde cualquier otro nodo, el grafo se llama **conexo**. En la figura 3 se observa un grafo conexo. A cada camino se asocia una distancia, que es igual al número de aristas de ese camino. El camino más corto entre un par de nodos se llama **geodésica**. En la figura 3 se muestran dos caminos entre el nodo P_1 y el nodo P_5 ; uno a través de los nodos P_2, P_3 y P_4 , y otro a través de los nodos P_2 , y P_4 . Dado que el primero de los caminos tiene una distancia de 4 y el segundo una distancia de 3, el segundo es una geodésica.

Centralidad estructural

Freeman (2000), realizó estudios empíricos sobre centralidad y concluyó que está relacionada con la eficiencia del grupo a la hora de resolver problemas, con la percepción del liderazgo y con la satisfacción personal de los miembros del mismo.

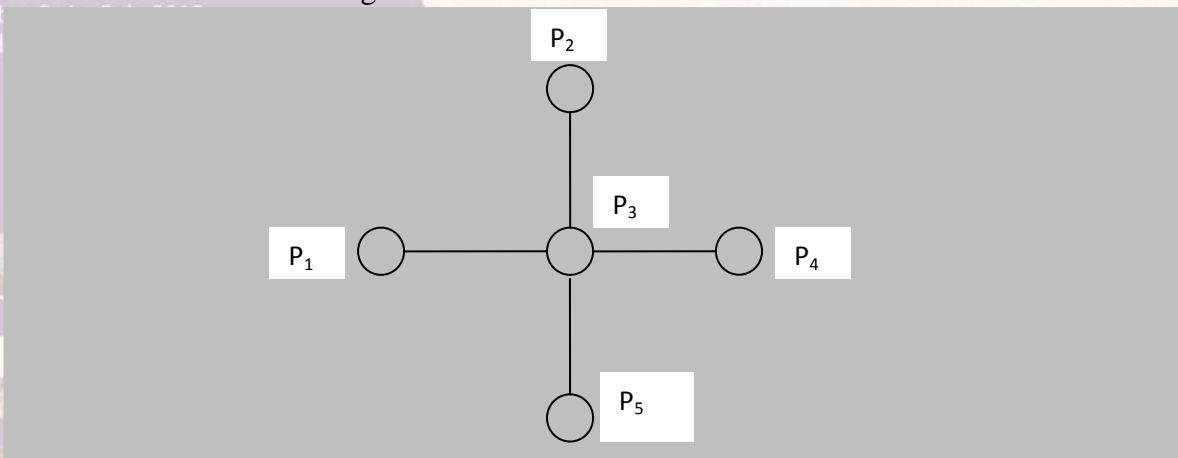
La centralidad entonces desde el punto de vista de la teoría de grafos nos permitió analizar la estructura de la REMA en tres atributos estructurales que nos interesa abordar en esta investigación: el coeficiente de agrupamiento en su término en inglés (*Clustering coefficient*) relacionada con la cohesión de la red, es decir que tan agrupada está la red; el grado (*Degree*) relacionado directamente con el liderazgo, considera el número de colaboraciones de los investigadores; y la intermediación (*Betweenness centrality*) el cual se asocia con la comunicación en la red, es decir que tan influyente es el investigador en la comunicación en la red.

Grado nodal

La importancia de la centralidad radica en que cuando una persona está estratégicamente situada en la línea de comunicación que ligan a pares de otras personas, esa persona es central, por lo que una persona en una posición así puede influir en el grupo positiva o negativamente, la responsabilidad que tienen las personas con alto grado de centralidad radica en que tienen el mantenimiento de la comunicación, es decir son líderes en sus grupos.

Para ilustrar este concepto observemos la figura 5, la cual muestra una estrella, se asume que una persona ubicada en el centro de una estrella es estructuralmente más central que cualquier otro nodo, es decir P_3 tiene el máximo grado posible su valor es cuatro, ya que es adyacente a otros 4 nodos.

Fig. 6 Grafo de una estrella con 5 nodos



Fuente: elaboración propia en base a Freeman (2000)

La ecuación para calcular el grado (degree) de un nodo de la red es la siguiente:

$$C_D(P_k) = \sum_{i=1}^n a(p_i, p_k)$$

Intermediación

Otro aspecto importante de la centralidad abordado por Freeman (2000) y Newman (2003), es la *intermediación*, la cual está relacionada con que existan varios nodos centrales en una red, y en ese caso identificar cuál de los nodos puede comunicarse o influir más rápidamente entre los miembros de una red. La intermediación es útil como indicador del potencial de un nodo para controlar la comunicación. La ecuación para su cálculo es la siguiente:

$$C_B(p_k) = \sum_{i < j}^n \sum_{i < j}^n b_{ij}(p_k)$$

2.- Análisis de la Red de medio ambiente del Instituto Politécnico Nacional

El Instituto Politécnico Nacional (IPN) es la institución de educación superior tecnológica más grande de México. (ANUIES, 2000). Atiende en sus aulas a 137800 alumnos en los niveles medio superior, superior y posgrado; la institución tiene el compromiso con la sociedad de proponer soluciones a problemas en temáticas relevantes para el desarrollo nacional, para lo cual crearon las redes de investigación y posgrado con el objetivo de definir estrategias, articular acciones, formar grupos de trabajo, optimizar recursos y concentrar esfuerzos en áreas relevantes para el desarrollo nacional; en 2007 se crearon cuatro redes: la red de nanotecnología; la red de biotecnología; la red de medio ambiente; y posteriormente se integró la red de computación,

Las redes de investigación y posgrado del IPN se crearon con el objetivo general de promover la formación de recursos humanos de excelencia académica y profesional en programas de posgrado en red, generar conocimientos científicos de vanguardia y procurar su transformación en aplicaciones útiles y de alto impacto para el desarrollo nacional, relativas a temas incluidos en el Sistema Institucional de Investigación Científica y Tecnológica (SIICyT).

Para efectos de la presente investigación se seleccionó a la red de medio ambiente REMA por la importancia que representa la temática en su relación con la sustentabilidad y específicamente se analizó el Centro de Investigación en Ciencias del Mar (CICIMAR) por ser el centro de investigación perteneciente a la REMA con mayor grado de cohesión, y con mayor número de miembros de la red, además de clasificarse entre los centros de investigación del IPN con mayor producción científica.

La Red de Medio Ambiente del IPN tiene el objetivo de realizar investigación básica, aplicada y desarrollo tecnológico para incrementar la competitividad e impulsar la innovación mediante la transferencia de conocimientos y tecnología, favoreciendo el trabajo a través de grupos intra e interinstitucionales con esquemas de colaboración multi e interdisciplinaria para enriquecer el entendimiento de la problemática del Medio Ambiente y fomentar el trabajo académico, científico y tecnológico en el ámbito integral de la docencia, la investigación y la integración social. En este marco las líneas de investigación y la variedad de temas tratados, por parte de los investigadores, están recibiendo atención

<http://cc>

informa

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

Asesoría Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

los problemas derivados de los desequilibrios sociales y económicos, que incluye la degradación del paisaje natural, y contaminación.

De acuerdo al trabajo colegiado de los miembros de la REMA se definieron seis líneas de investigación, en donde se han agrupado los principales problemas del medio ambiente.

Tabla no. 1 Líneas de investigación de la REMA del IPN

No.	Líneas de investigación
1	Recursos Naturales y Biodiversidad
2	Sociedad y Medio Ambiente
3	Energía y Medio Ambiente
4	Salud y Medio Ambiente
5	Tecnología y Medio Ambiente
6	Economía y Medio Ambiente

Fuente: Coordinación de operación de redes de investigación y posgrado.

La Red de Medio ambiente (REMA) tuvo un crecimiento importante de 2009 a 2011 como se aprecia en la tabla 2 con 273 miembros activos hasta diciembre de 2011 de los cuales el 43% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.) del Conacyt, este sistema agrupa a los mejores investigadores del país y asigna un nivel de 1 a 3 dependiendo de la productividad del investigador.

Tabla 2. Miembros de la REMA

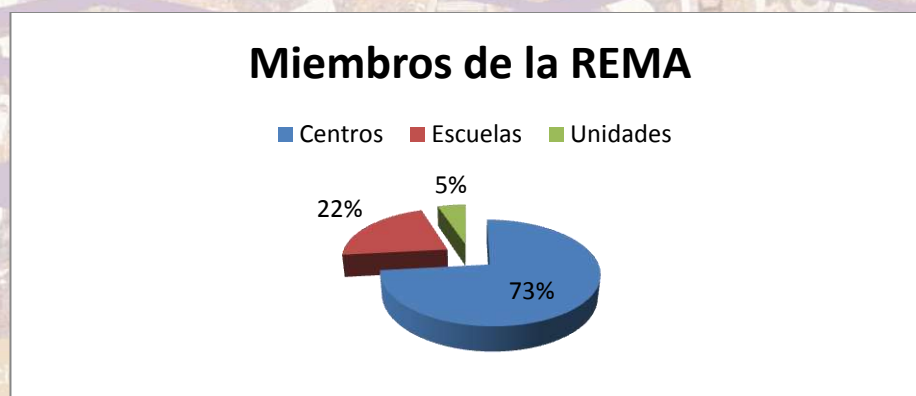
	Miembros en 2009	Adscritos al S.N.I.	Miembros 2010	Adscritos al S.N.I.	Miembros 2011	Adscritos al S.N.I.
REMA	140	60	241	108	273	118

Fuente: Coordinación de Operación de Redes de Investigación y Posgrado, IPN 2012

Octubre
Ciudad Universitaria
México, D.F.

De acuerdo a los datos reportados por el coordinador de las redes hasta el 2011 la REMA se conformaba por 33 centros y escuelas distribuidos de la siguiente forma: 15 centros de investigación, 13 escuelas, 3 unidades académicas y 2 programas con un total de 273 miembros, con la distribución que se aprecia en la gráfica 1.

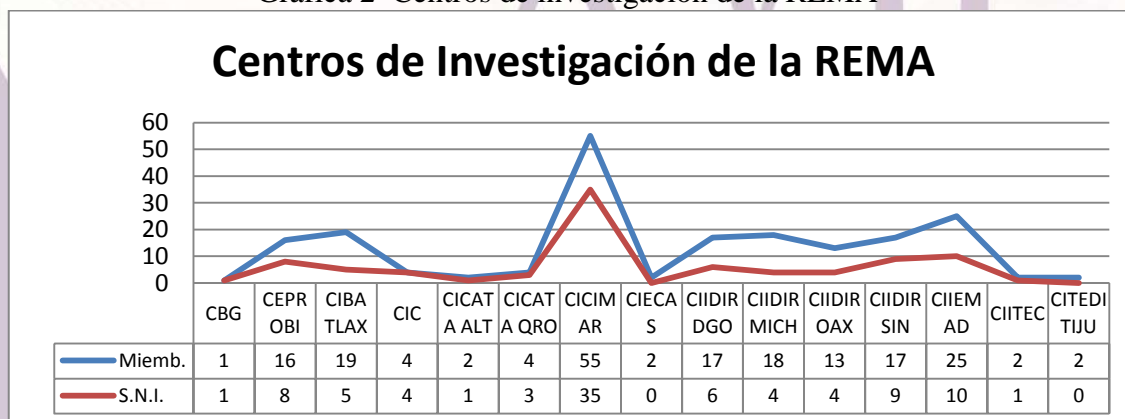
Gráfica 1 distribución de miembros de la REMA



Fuente: Coordinación de operación de las redes de investigación y posgrado del IPN

La mayor concentración de los investigadores pertenecientes a la REMA se localiza en los 15 centros de investigación del IPN con 197 investigadores, de los cuales 91 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) como se puede observar en la gráfica 2 entre los que destacan 8 centros de investigación quienes tienen formados grupos más consolidados con mayor número de investigadores y mayor número de proyectos registrados en el IPN.

Gráfica 2 Centros de investigación de la REMA



Elaboración propia

De los miembros de la red el 42% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, con la distribución que se aprecia en la tabla 3

Tabla 3 Miembros del S.N.I. Red de Medio Ambiente

Niveles	Investigadores
Candidatos	20
Nivel I	79
Nivel II	15
Nivel III	4
Total	118

Fuente: Coordinación de redes de investigación del IPN 2012

Método

Como una prueba preliminar se aplicó una encuesta descriptiva de corte transversal a una muestra de 43 investigadores de la REMA, encontrando, entre las principales problemáticas la falta de comunicación entre los miembros de la red, la falta de liderazgo y poco trabajo colaborativo, por lo que se decidió utilizar la teoría de grafos para hacer el análisis cuantitativo de las tres variables identificadas: cohesión, liderazgo y comunicación.

Para realizar el análisis de la estructura de la red se eligió el Centro de Investigación en Ciencias del Mar (CICIMAR), por ser el nodo de la red con mayor grado de cohesión, además de agrupar al mayor número de miembros de la red, agrupa a 55 miembros y se ubica entre los centros de mayor producción científica.

<http://congreso.investigacion.fca.unam.mx>

Se recopiló la producción científica de los 55 investigadores miembros de la red, considerando las coautorías en la producción de artículos, libros, capítulos de libro, y tesis

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

dirigidas del periodo 2009 al 2011. La información fue procesada utilizando el software CYTOSCAPE, creado por la universidad de California en San Diego. Es un software libre para el análisis y visualización de redes sociales y se apoya en la teoría de grafos, que es una disciplina de las matemáticas discretas.

Con el software se analizaron tres variables básicamente: el coeficiente de agrupamiento que nos permite medir la cohesión de la red; el grado nodal con el cual estamos midiendo el liderazgo de los investigadores en los grupos, es decir cuáles son los investigadores con mayor número de colaboraciones; y por último la intermediación la cual está relacionada con la comunicación en el grupo y permite identificar a los investigadores con mayor influencia en la red, ya que sirven como intermediadores entre los grupos. De acuerdo a Freeman (2000), y Newman (2003), estos parámetros nos permiten analizar cuantitativamente la eficiencia de la red a la hora de resolver problemas.

La información de la producción científica de los investigadores del CICIMAR se obtuvo de la página del centro (www.cicimar.ipn.mx) y de la página de la REMA la cual cuenta con los Curriculum Vitae Único (CVU) registrado en el Conacyt, de todos los investigadores miembros de la red, ver tabla 4.

Tabla 4 Producción científica del CICIMAR (2009-2011)

Año	Artículos publicados	Libros	Capítulos de libros	Dirección de tesis
2009	96	3	16	58
2010	99	2	20	62
2011	77	3	27	65

Octubre 3, 4 y Fuente: información consultada en la página del CICIMAR www.cicimar.ipn.mx
Ciudad Universitaria

Resultados del análisis de la estructura del CICIMAR

Variable Cohesión (*Clustering coefficient*)

El coeficiente de agrupamiento está relacionado con la cohesión de la red. Es decir que tanto se están conectando todos los investigadores entre sí, el índice se calculó en base a las colaboraciones de los investigadores en coautoría en la elaboración de artículos científicos, libros, capítulos de libros, y dirección de tesis del periodo 2009-2011.

El índice de cohesión del CICIMAR es de .333, del periodo 2009 al 2011, es decir del 100% de todas las posibles conexiones entre los investigadores se relacionaron un 33%, con investigadores del mismo centro o con investigadores externos nacionales e internacionales; es un índice aceptable en función de la reciente creación de la red, además es importante señalar que el CICIMAR es el centro de investigación del IPN con mayor grado de cohesión.

En el grafo 1 se observa a los investigadores con mayor grado de cohesión, representado por los círculos rojos, por otra parte las líneas representan a las colaboraciones con otros

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

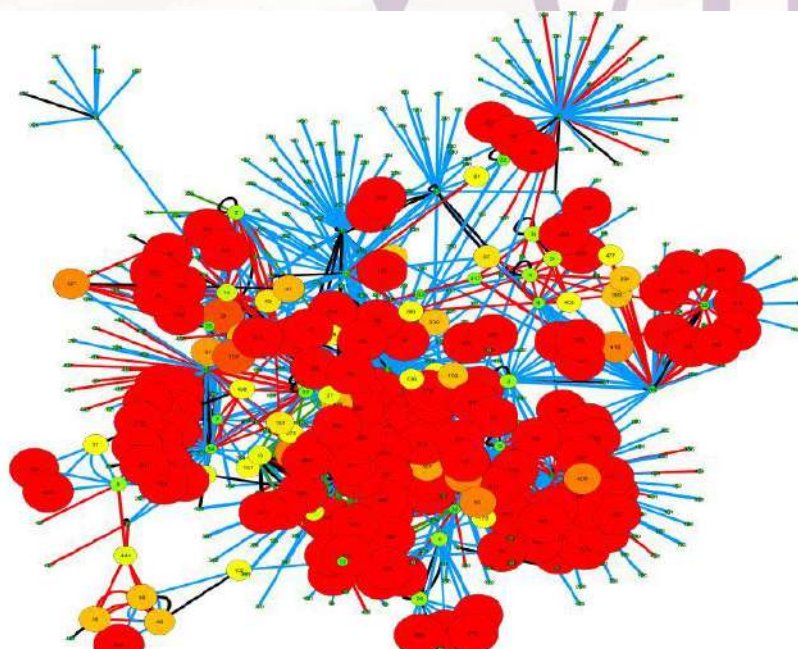
52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

investigadores y se asignaron colores para identificar el tipo de colaboración: artículos (azul); capítulos (rojo); libros (verde); y dirección de tesis (negro).

Grafo 1 Cohesión (*Clustering coefficient*)



Fuente: elaboración propia

La tabla 5 presenta a los 15 investigadores más influyentes en la red, y está ordenada en forma descendente por la columna de cohesión, se observa que los valores reportados en esta columna son índices muy bajos, significa que los investigadores no están formando equipos de trabajo.

Tabla 5 Investigadores del CICIMAR

Investigador	Comunicación	Cohesión	Liderazgo	Nivel "SNI"
21	0.0723	0.298	38	I
2	0.027	0.209	28	I
44	0.031	0.193	46	II
1	0.024	0.152	27	I
24	0.034	0.131	29	
12	0.045	0.123	32	I
11	0.1348	0.098	67	I
30	0.136	0.098	65	III
46	0.1517	0.052	40	C
19	0.0972	0.052	34	II
16	0.089	0.041	42	I
15	0.3228	0.04	103	II
55	0.1802	0.024	70	III

40	0.086	0.008	31	I
5	0.1683	0.001	51	II

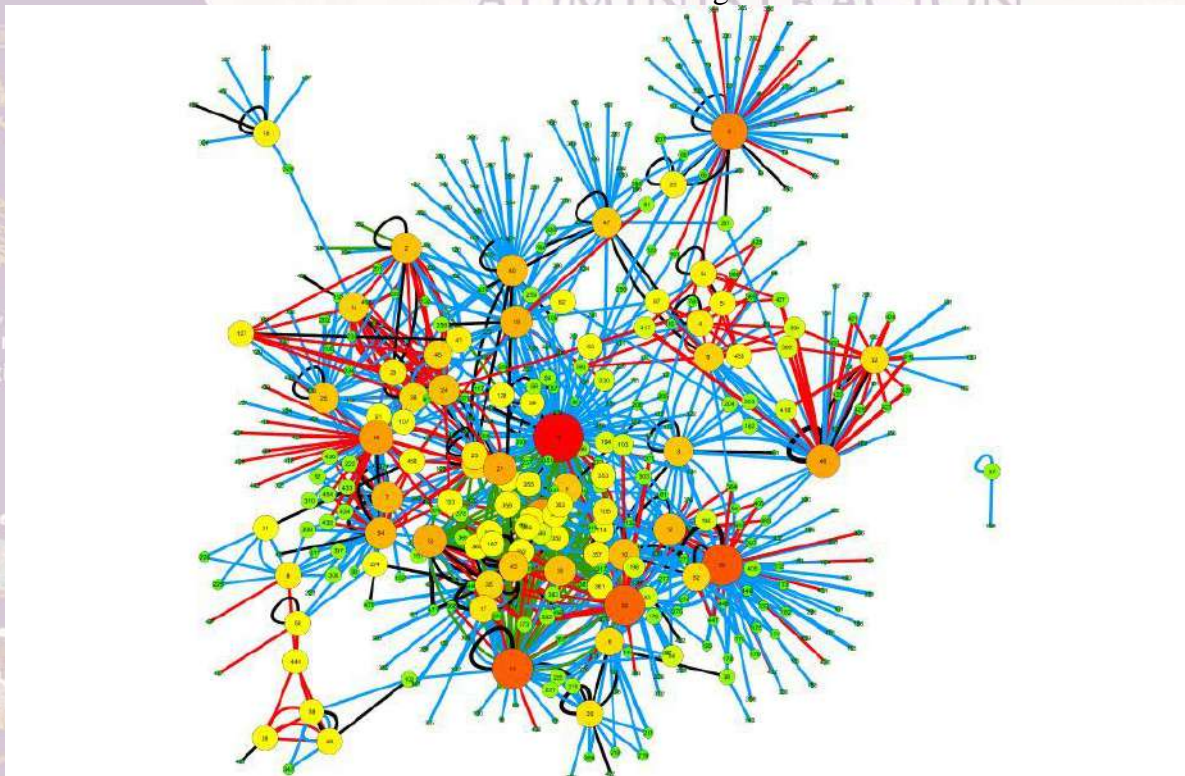
Fuente: Elaboración propia, tabla clasificada por cohesión

Grado nodal (*Degree*)-Liderazgo

En el grafo 2 se observa el grado nodal el cual está relacionado con la variable de liderazgo, y son los investigadores con mayor número de colaboraciones en la producción de artículos, libros, capítulos de libros y dirección de tesis. El software calcula el grado nodal (*degree*) y se aprecia con los círculos de mayor tamaño y de color más intenso, corresponden a los investigadores con mayor número de líneas conectadas.

Otro índice que calcula el software es el de centralización de la red, el cual nos indica el trabajo en estrella, es decir un nodo al centro rodeado de muchos nodos que no se comunican entre sí. Uno de los problemas de esta estructura es que si el nodo central se retira se disuelve la estrella, porque no existe conexión entre el resto de los nodos. El índice de centralidad del CICIMAR es de "0.178" es decir el 17% de los investigadores trabajan en estructuras de estrella, lo cual afecta la cohesión de la red ya que no se fomenta el trabajo colaborativo.

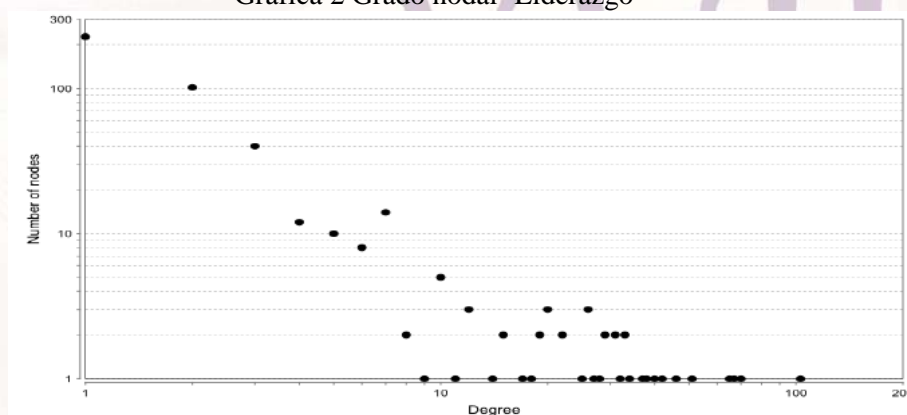
Grafo 2 Grado nodal- Liderazgo



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 2 se observa la distribución de los nodos, la cual presenta claramente a muy pocos investigadores con muchas interacciones y muchos investigadores con sólo una interacción, será necesario establecer políticas que fomenten el trabajo colaborativo, entre los investigadores del CICIMAR para la mayor generación de conocimiento en la solución de problemas del medio ambiente.

Gráfica 2 Grado nodal- Liderazgo



La tabla 6 está clasificada por la columna de liderazgo, corresponde a los investigadores con mayor productividad o mayor número de colaboraciones; se puede apreciar que los investigadores con mayor liderazgo cuentan con niveles altos de SNI y coeficiente de agrupamiento bajo, se presume que no fomentan el trabajo en equipo. Uno de los factores que consideramos influyen en esta distribución son las políticas de asignación de recursos de la institución, ya que se asigna mayor presupuesto a los investigadores con mayor productividad (liderazgo) y que además tengan mayor de (SNI), aunque podemos comparar con la tabla 5, los investigadores con mayor liderazgo tiene el menor coeficiente de agrupamiento, será necesario para futuras investigaciones revisar las políticas del Conacyt con respecto a la evaluación de la productividad.

Tabla 6 Investigadores del CICIMAR

Investigador	Comunicación	Cohesión	Liderazgo	Nivel "SNI"
15	0.3228	0.04	103	II
55	0.1802	0.024	70	III
11	0.1348	0.098	67	I
30	0.136	0.098	65	III
5	0.1683	0.001	51	II
44	0.031	0.193	46	II
16	0.089	0.041	42	I
46	0.1517	0.052	40	C
21	0.0723	0.298	38	I
19	0.0972	0.052	34	II
12	0.045	0.123	32	I
40	0.086	0.008	31	I
24	0.034	0.131	29	
2	0.027	0.209	28	I
1	0.024	0.152	27	I

Fuente: Elaboración propia, tabla clasificada por liderazgo

Octubre 3, 4 y 5 de 2012
Ciudad Universitaria
México, D.F.

<http://congreso.informacongreso@fca.unam.mx>

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

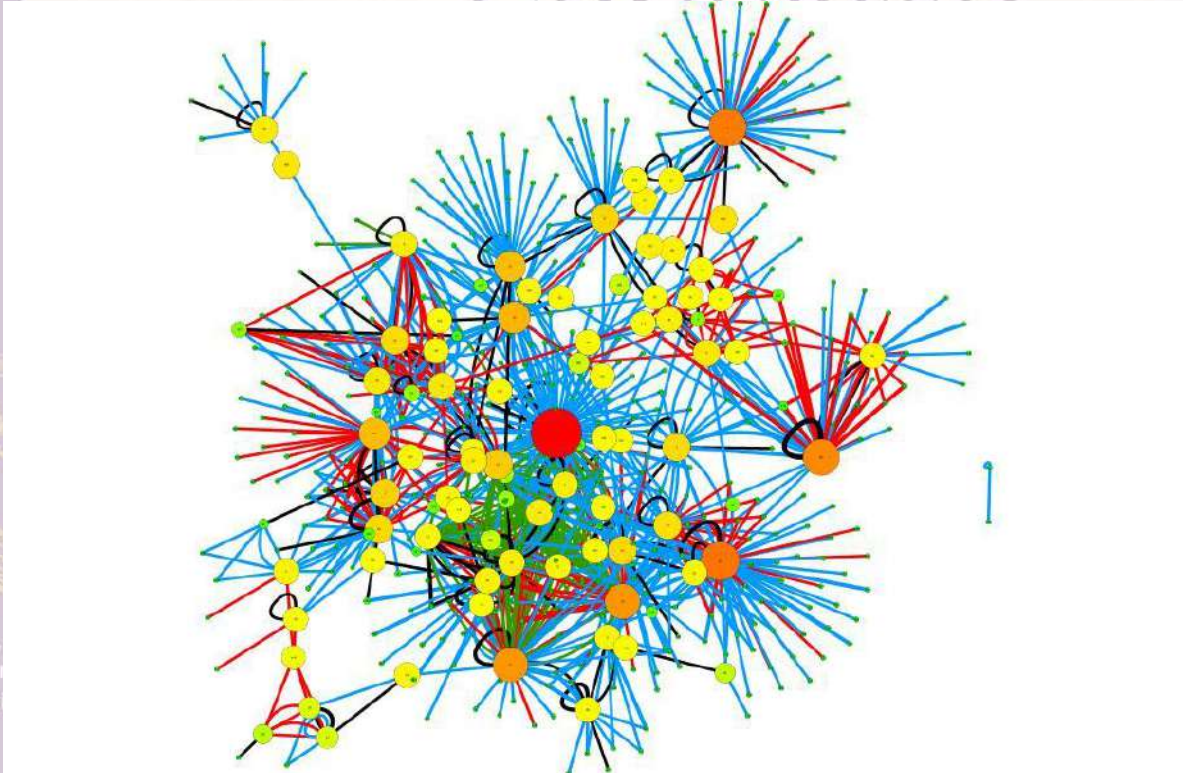
ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

Intermediación-Comunicación- (*betwensness centralization*)

En el grafo 3 se observa con círculos de mayor tamaño a los investigadores con mayor índice de intermediación, es decir, los investigadores que tienen mayor influencia en la red, son los investigadores que comunican a los grupos. La intermediación es útil como indicador del potencial de un investigador para influir en la red, para controlar la comunicación. Vale la pena comparar el grafo 2 calculado por liderazgo y el grafo 3 calculado por comunicación, se observa que existe un parecido muy grande entre los dos grafos.

Grafo 3 Comunicación (*betwensness centralization*)



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la tabla 7 clasificada por la columna de intermediación, que los investigadores con mayor índice de intermediación, coinciden con mayor liderazgo y mayor nivel de SNI y coeficiente de agrupamiento bajo; por ejemplo en el caso del investigador número 15 con el índice de intermediación más alto, significa que el 32% de todos los investigadores tienen que contactarse con él para comunicarse con otros investigadores de la red. Se presume que existe una relación entre las variables liderazgo, nivel de SNI e intermediación, debido a las políticas de evaluación del Conacyt y del IPN.

Tabla 7 Índices de intermediación

Investigador	Comunicación	Cohesión	Liderazgo	Nivel "SNI"
15	0.3228	0.04	103	II
55	0.1802	0.024	70	III
5	0.1683	0.001	51	II
46	0.1517	0.052	40	C
30	0.136	0.098	65	III
11	0.1348	0.098	67	I
19	0.0972	0.052	34	II
16	0.089	0.041	42	I
40	0.086	0.008	31	I
21	0.0723	0.298	38	I
12	0.045	0.123	32	I
24	0.034	0.131	29	I
44	0.031	0.193	46	II
2	0.027	0.209	28	I
1	0.024	0.152	27	I

Fuente: Elaboración propia, tabla clasificada por comunicación

Conclusiones:

El objetivo de esta investigación era analizar el funcionamiento de la red de medio ambiente del IPN, a través de tres variables: la cohesión; el liderazgo; y la comunicación, el análisis de la estructura de la red utilizando la teoría de grafos nos arroja los siguientes resultados:

La estructura de la red del CICIMAR, es una red conexas, con un índice de cohesión de “.33”, es decir del 100% de todas las posibles conexiones entre los investigadores se relacionaron un 33%, es un índice aceptable en función de la reciente creación de la red, es importante señalar que el CICIMAR es el centro de investigación de la REMA con mayor grado de cohesión, y se ubica entre los centros de investigación con mayor producción científica.

Con respecto al análisis de las variables de liderazgo y comunicación, los índices por investigador nos indican que existe una correlación entre las dos variables y el nivel de SNI, es decir a mayor liderazgo mayor nivel de SNI, relacionado también con valores altos de la variable de comunicación, y por otra parte índices bajos de cohesión se presume de acuerdo a la evidencia empírica que las políticas de asignación de recursos de las instituciones favorecen a los investigadores con mayor nivel de SNI, y no fomenta el trabajo colaborativo entre los investigadores del centro.

Vale la pena mencionar que el IPN en el 2012 estableció en sus políticas de asignación de recursos para proyectos de investigación, nuevas estrategias en donde es requisito indispensable el trabajo entre por lo menos dos centro de investigación, con el objetivo de

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

favorecer el trabajo multidisciplinario, en futuras investigaciones será necesario revisar los resultados de estas asociaciones.

Se pueden percibir algunos grupos con cierto grado de cohesión, pero es necesario que los investigadores con mayor liderazgo y mayor índice de comunicación, promuevan la adhesión de investigadores a sus grupos para incrementar las colaboraciones entre ellos, e incrementar el grado de cohesión entre los miembros de la red, lo cual redundará en la generación de conocimiento que pueda apoyar a la solución de problemas del medio ambiente.

Aunque el IPN se ha preocupado por la formación de redes de investigación, para agrupar a sus investigadores de tiempo completo por temáticas, es innegable que falta mucho por hacer. Es necesario revisar las políticas de creación de las redes de investigación para elevar el desempeño de la misma, así como las políticas de asignación de recursos que promueva la adhesión de investigadores jóvenes a los grupos más consolidados para fortalecer el trabajo colaborativo.



Octubre 3, 4 y 5 de 2012
Ciudad Universitaria
México, D.F.

XVIII CONGRESO NACIONAL DE CONTADURÍA ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

División FCA, Secretaría Académica y Vinculación - Fotografía: Ricardo López-Chavez

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>
informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

Bibliografía

- Albornoz, M. C. (2006). Redes de conocimiento construcción, dinámica y gestión. Argentina: RICYT y UNESCO.
- Albornoz, M. (2009). El estado de la ciencia, Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos. Argentina: CYTED.
- Artiles, S. (2003). Las redes del conocimiento como producto de la gerencia de información en ambientes académicos. La Habana.
- Banús, E. (2006). La estrategia de redes de conocimiento adoptado por UNESCO. Buenos Aires Argentina: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).
- Brundtland, I. (1987). Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas. Naciones Unidas.
- Callon, M., Laredo, P., Rabeharisoa, V., Gonard, T., & Leray, T. (1992). The management and evaluation of technological programs and the dynamics of techno-economics networks. *Reserch Policy* , 215-236.
- Casalet y Casas. (1997). “Un Diagnóstico sobre la vinculación Universidad – Empresa”. Conacyt –ANUIES. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Casas, Coordinadora. (2001). La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México. México: Anthropos.
- Casas, R. (2003). “La información y el conocimiento innovador en las sociedades actuales”. México: Instituto de Investigaciones Sociales. UNAM. .
- Castañeda, M., & Pérez, Y. (2005). Aspectos teórico conceptuales sobre las redes y las comunidades virtuales de conocimiento. *Acimed* , 13(6).
- Cortada, J., & Hargraves, T. (2000). La era del trabajo en redes. México: Oxford.
- De la Rosa, F., Martínez, R., González, L., & Velasco, F. (2005). Análisis de redes sociales mediante diagramas estratégicos y diagramas estructurales. *Redes- Revista hispana para el análisis de redes sociales* , Vol. 8 no. 2.
- Faloh, B. (2002). Gestión del conocimiento: concepto, aplicaciones y experiencias. La Habana : Empresa de la Gestión del Conocimiento y La Tecnología. Cuba.
- Freeman, L. C. (2000). A set of measures of centrality based en betweenness. *Política y Sociedad* , 131-148.
- Lara, J. d. (2008). Redes de conocimiento y su desempeño. Estudios de caso en el noroeste de México. México: Plaza y Valdés, S. A. de C.V.
- Lopera, H. (2000). Integración de redes de conocimiento: una responsabilidad de la biblioteca universitaria.
- Luna, M. (2003). Itinerarios del conocimiento formas dinámicas y contenido. Un enfoque de redes. México: Anthropos.
- Naciones Unidas. (2010). Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe. Objetivos de Desarrollo del Milenio (pág. 20). Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Newman, M. E. (2003). The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review* , 45(2):167-256.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1999). La organización creadora de conocimiento. México: Oxford University Press.

<http://congreso.informacongreso@fca.unam.mx>

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

- Nooy, W. d., Mrvar, A., & Batagelj, V. (2005). Exploratory Social Network Analysis with Pajek. Nueva York, Estados Unidos de América : Cambridge University Press.
- Réka, A., & Barabási, A. (2002). Statistical Mechanics of Complex Networks. Reviews of Modern Physics , 74(1):47-97 .
- Rivas, L. A. (2007). Dirección estratégica y procesos organizacionales: Nuevos modelos para el siglo XXI. México, D.F., México: Archivo óptico e-book.
- Rivas, L. A. (2002). La gestión del conocimiento en organizaciones mexicanas. Investigación Administrativa, 11-31.
- Sebastián, J. (2002). Las redes de cooperación como modelo organizativo y funcional para la I+D. Redes , volumen 7, (15) P 97-115.
- Takehuchi, I. N. (1995). The Knowledge-Creating Company. EEUU: Oxford University Press.
- UNESCO. (2005). Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial de la UNESCO. París Francia: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Uzzi, E. H. (1996). knowledge based economic and social development: the Tripli Helix of regional cooperation among universities, industry and government. USA: Universidad Estatal de Nueva York.
- Villavicencio, D. (2008). Cambios institucionales y espacios para la investigación científica y la innovación. Ciencia, Tecnología e innovación; Hacia una agenda de política pública, FLACSO, México , 93-122.



Octubre 3, 4 y 5 de 2012
Ciudad Universitaria
México, D.F.

CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación. Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510