

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE
CONOCIMIENTO. CASO DE LA RED DE MEDIO AMBIENTE
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

Área de investigación: Entorno de las Organizaciones

Magali María Isabel Cárdenas Tapia
Instituto Politécnico Nacional
México
mcardenast@ipn.mx, mcardenasip@gmail.com

XVIII
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA



Octubre 2, 3 y 4 de 2013 ♦ Ciudad Universitaria ♦ México, D.F.



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE CONOCIMIENTO. CASO DE LA RED DE MEDIO AMBIENTE DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Resumen

La presente investigación reporta los resultados de la evaluación del funcionamiento de la Red de Medio Ambiente (REMA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el objetivo de la investigación fue analizar cuantitativamente el funcionamiento de la REMA a través de tres variables: cohesión, comunicación y liderazgo productivo, utilizando herramientas informáticas como es el software CYTOSCAPE, basado en la teoría de grafos para el análisis y visualización de redes sociales, el software calcula a través de las interacciones entre los actores la cohesión de la red y los índices de centralidad de los actores. Para llevar a cabo la investigación se analizaron a 231 investigadores miembros de la REMA adscritos a catorce centros de investigación del IPN, considerando las coautorías en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libros, y tesis dirigidas del periodo 2009 al 2011.

Los resultados del estudio sugieren que los esfuerzos institucionales de apoyo a la investigación han avanzado pero falta mucho por hacer, dado que casi el 80% de los investigadores presentaron índices bajos de comunicación, cohesión y liderazgo productivo, lo cual indica que el funcionamiento de la red es poco efectivo, ya que existe poco trabajo en red.

Palabras clave. Redes de conocimiento, teoría de grafos, software CYTOSCAPE.



EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA RED DE CONOCIMIENTO. CASO DE LA RED DE MEDIO AMBIENTE DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Introducción

El trabajo en red es el resultado de la adopción de nuevas formas 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, en la generación de conocimiento, innovación y desarrollo tecnológico, (Albornoz, 2006).

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 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.

El objetivo de esta investigación es analizar cuantitativamente la estructura de la red de medio ambiente (REMA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) 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 llevar a cabo el análisis se consideraron las coautorías de los investigadores en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libros y dirección de tesis del periodo 2009-2011, a través del análisis 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), el análisis se realizó utilizando el software CYTOSCAPE, es un software libre que analiza la estructura de las redes sociales; en el estudio se analizaron tres medidas de centralidad a través de las variables: cohesión, comunicación y liderazgo productivo.

La ponencia se estructuró en tres partes: la primera parte presenta la importancia de las redes de conocimiento; la segunda enfatiza la importancia del análisis de la estructura de las redes de conocimiento utilizando la teoría de grafos con medidas de centralidad, y en la tercera parte se revelan los resultados del análisis de la red de medio ambiente del Instituto Politécnico Nacional.



1.- LA IMPORTANCIA DE LAS REDES DE CONOCIMIENTO

Para efectos de esta investigación se definirán a las redes de conocimiento 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”. (Lopera, 2000, Artiles, 2003, Sebastián, 2002)

Características de las redes de conocimiento

De acuerdo a Lopera (2000) las características de las redes de Conocimiento, son las siguientes:

- ❖ La finalidad de una red de conocimiento es mejorar la calidad del trabajo académico y científico, optimizar la gestión del conocimiento, crear y fortalecer la cooperación y el aprovechamiento de recursos, y posibilitar el libre flujo de la información entre los grupos sociales.
- ❖ Las redes de conocimiento son expresiones de la interacción humana en un contexto social propio e íntimamente ligado al desarrollo de las civilizaciones.
- ❖ El propósito de las redes, es producir, almacenar y distribuir conocimiento científico.
- ❖ Las redes sociales de conocimiento tienden a expandirse y a virtualizarse en el dinámico mundo de la sociedad del conocimiento y la globalización.

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

- Ningún miembro tiene una autoridad absoluta y todos tienen una cierta autonomía.
- 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 actores que la conforman.
 - 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.**- está en relación directa con la capacidad de comunicación de los actores.
3. **Poder de activación.**- Se refiere a la capacidad que tienen los nodos de iniciar interacciones con los miembros de la red.



2.- IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE LAS REDES DE CONOCIMIENTO UTILIZANDO LA TEORÍA DE GRAFOS CON MEDIDAS DE CENTRALIDAD.

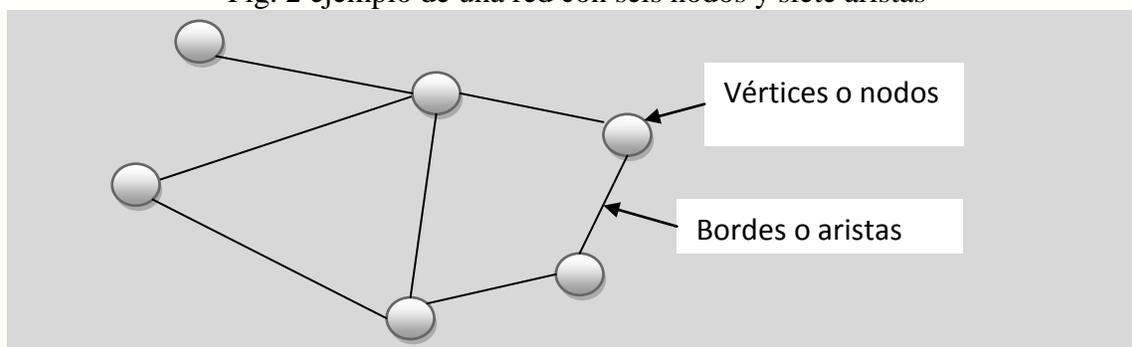
2.1.- Teoría de grafos.

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.

2.2. Definición de Redes, bajo el enfoque de teoría de grafos

Según Newman (2003) una red es un conjunto de elementos, llamados vértices o nodos con conexiones entre ellos, llamado bordes o aristas, ver figura 2.

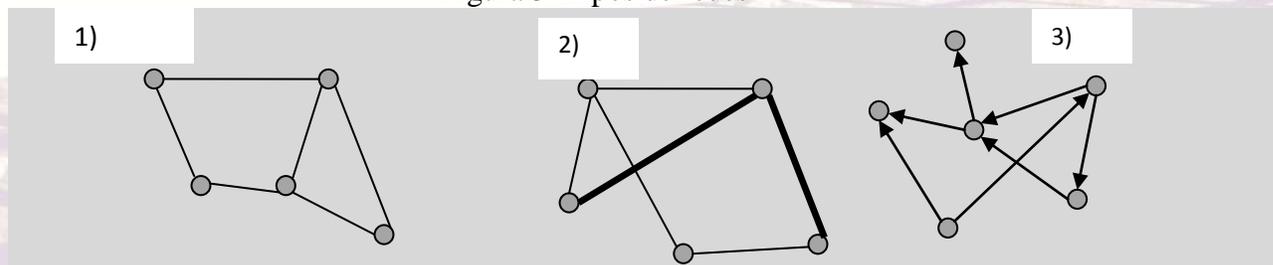
Fig. 2 ejemplo de una red con seis nodos y siete aristas



Fuente: elaboración propia en base a (Newman, 2003)

Las aristas pueden representar la amistad, conocimiento, relación profesional o proximidad geográfica; también pueden tener diferentes pesos, lo que representa, por ejemplo, lo bien que dos personas se conocen entre sí; también pueden ser dirigidos o no dirigidos. En la figura 3 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, representados por el grosor del enlace; 3) una red dirigida en la que cada arista tiene una dirección.

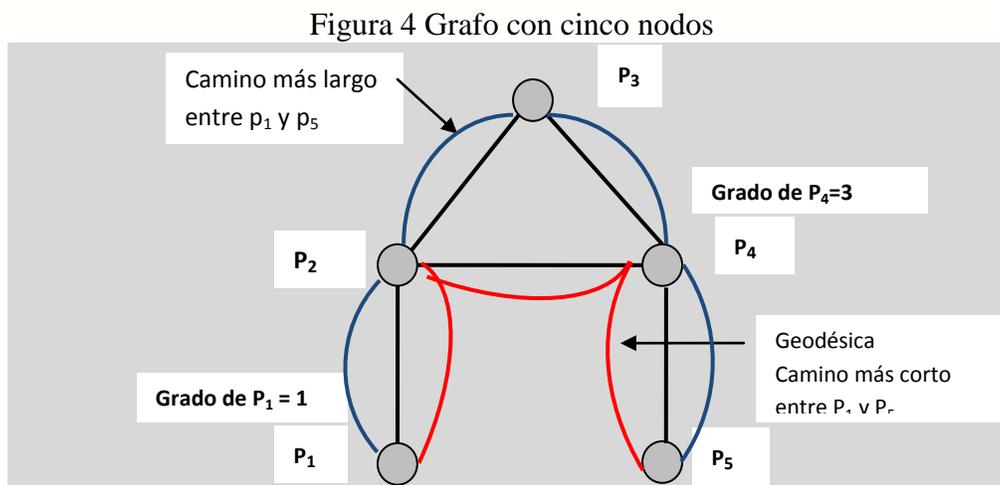
Figura 3 Tipos de redes



Fuente: elaboración propia en base a (Newman, 2003)

Los nodos que están en la Figura 4 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_i, 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_i, P_a) , (P_a, P_b) , (P_b, P_c) , (P_c, P_j) , que comienza en P_i y pasa a través de los nodos intermedios, P_a, P_b, P_c , y termina en P_j . Un camino que comienza y termina en el mismo nodo es un ciclo.



Fuente: elaboración propia en base a Newman (2003)

Cuando cada uno de los nodos es alcanzable desde cualquier otro nodo, el grafo se llama **conexo**. En la figura 4 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 4 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.

2.3. Medidas de centralidad

La centralidad desde el punto de vista de la teoría de grafos nos permite identificar los nodos más importantes (centrales) en una red, en particular estudiaremos tres medidas de centralidad de la REMA en tres atributos: el grado; la intermediación; y el coeficiente de agrupamiento, que se definen a continuación.

❖ Grado

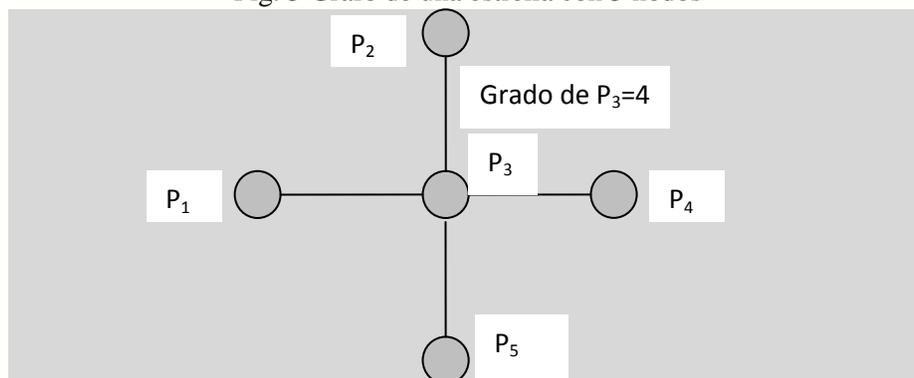
El grado es una medida de centralidad (Sanz, 2003), (Freeman, 1977 y Newman, 2003) el cual se define como el número de otros actores a los cuales un actor está directamente unido o es adyacente, el grado organiza a los actores por el número efectivo de sus relaciones directas en el conjunto de la red. Esta medida trata de la centralidad local de un

actor con respecto a los actores cercanos. El grado normalizado es la proporción de relaciones reales sobre el total de relaciones posibles. Para efectos de nuestra investigación le llamaremos “**Liderazgo Productivo**”, porque se refiere al investigador con mayor número de interacciones o coautorías, de acuerdo a la definición de Rivas (2007) el poder de activación, es el nodo con mayor capacidad de iniciar interacciones o relaciones con otros investigadores.

Para ilustrar este concepto observemos la figura 5, la cual muestra una estrella¹ 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.

El grado se calcula en base al número de nodos adyacentes a P_i

Fig. 5 Grafo de una estrella con 5 nodos



Fuente: elaboración propia en base a Freeman (1977)

❖ Intermediación

La intermediación (Sanz, 2003), (Freeman, 1977 y Newman, 2003) se define como el nivel en que otros actores deben pasar a través de un actor focal para comunicarse con el resto de los actores. La intermediación sintetiza, por su parte, el control que cada uno de los actores tiene de los flujos relacionales en el conjunto de la red. El valor de la intermediación para un actor mide la proporción de las geodésicas, los caminos más cortos entre dos actores cualesquiera del *grafo*, que pasan por él como vértice. Suelen tener valores altos de intermediación los actores más centrales de la red según su cercanía, o aquellos que vinculan subgrupos o *bloques* diferentes.

Esta medida de centralidad la hemos llamado “**comunicación**”, 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 o comunicación es útil como indicador del potencial de un nodo para controlar la comunicación. Retomando el concepto de Rivas (2007) el potencial combinatorio es el poder que tiene un nodo de activar varios grupos, está en relación directa con la capacidad de comunicación de los actores.

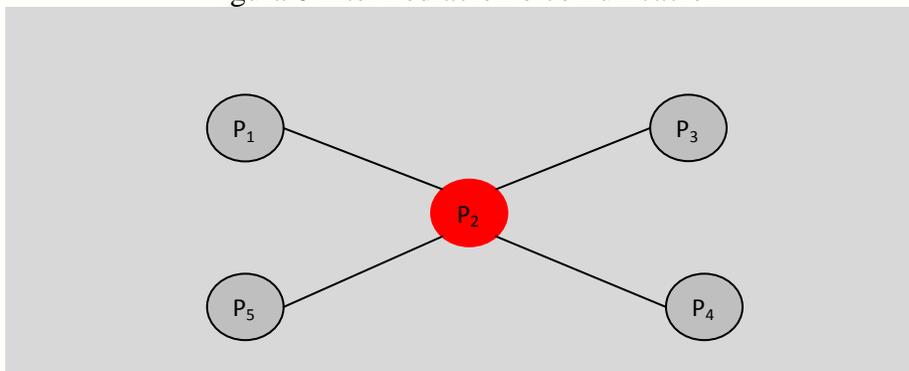
¹ Nos referimos al término estrella cuando un investigador se ubica al centro y se encuentra rodeado por muchos nodos y no existe relación entre ellos.

A efecto de ejemplificar la intermediación o comunicación, pensemos en la relación de coautoría entre investigadores, imaginemos por un momento que el investigador número 3 necesita relacionarse con el investigador 5 de quien no es amigo directamente, por lo que el investigador 2 podría servir de enlace entre los dos.

El investigador P_2 es sin duda el investigador con mayor nivel de intermediación o comunicación como se puede observar en la figura 6 porque tiene la posibilidad de relacionar a personas o grupos.

Intermediación (P_i) = número de caminos más cortos que pasan por P_i

Figura 6 Intermediación o comunicación

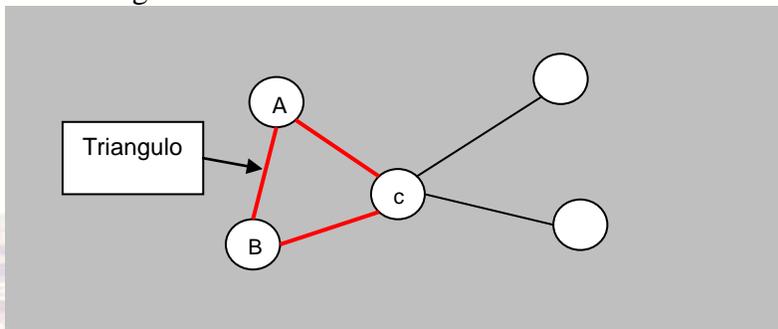


Fuente: elaboración propia en base a (Sanz, 2003)

❖ Coeficiente de agrupamiento

En la figura 7 se ilustra el coeficiente de agrupamiento, si el vértice A se conecta al vértice B y el vértice B con el vértice C, entonces hay una elevada probabilidad de que el vértice A, también esté conectado al vértice C. En el lenguaje de las redes sociales, el amigo de tu amigo también puede ser tu amigo. En términos de topología de la red, el agrupamiento significa la presencia de un número elevado de triángulos en la red, se definen por tres vértices cada uno de los cuales está conectado a cada uno de los otros (Newman, 2003). El coeficiente de agrupamiento calcula la probabilidad de que un nodo elegido al azar pertenezca a un triángulo.

Fig. 7 Ilustración de la definición de cohesión



Fuente: elaboración propia en base a Newman (2003)

Para efectos de nuestra investigación la medida de centralidad: coeficiente de agrupamiento la hemos llamado “**cohesión**”, coincidiendo con Rivas (2007) quien señala que la cohesión

está en función del grado de relación afectiva, la heterogeneidad, la multiplicidad y densidad de los actores que la conforman, un requisito indispensable de la cohesión del grupo es una relación estable, los grupos que continuamente se reorganizan no llegan a adquirir cohesión.

CASO DE ESTUDIO

Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Se eligió estudiar al IPN por ser la institución de educación superior tecnológica más grande de México. (ANUIES, 2000), constituido en 1936, atiende en sus aulas a más de 160,000 alumnos, cuenta con 82 unidades académicas, distribuidas en 17 entidades federativas del territorio mexicano, 26 escuelas de nivel superior, 20 Centros de Investigación Científica y Tecnológica, 12 Centros de Educación Continua y a distancia, 7 Unidades de Apoyo y 17 Centros de Nivel Medio superior.

Uno de los compromisos del IPN es la búsqueda de conocimiento para solucionar problemas prioritarios del país; para atender estas problemáticas, crearon las redes de investigación y posgrado, con el objetivo de agrupar a sus investigadores de tiempo completo por temáticas, creando en diciembre de 2006 cuatro redes: la red de Nanotecnología, Biotecnología, Medio ambiente y Computación.

Para efectos de nuestra investigación se eligió a la red de medio ambiente (REMA) por la importancia que ha cobrado la búsqueda urgente de soluciones a problemas del medio ambiente, 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

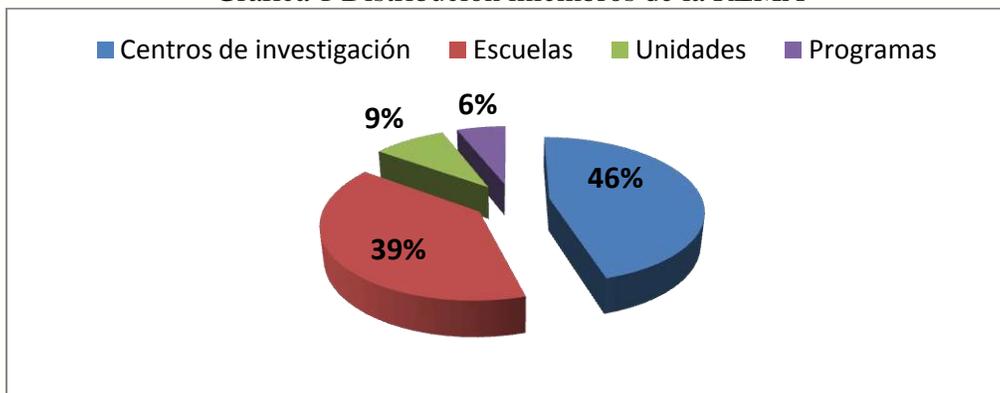
Red de medio ambiente (REMA) del IPN

La REMA se creó como una estrategia para promover la colaboración entre los diversos sectores académicos y administrativos del IPN que planean, coordinan y ejecutan las actividades académicas y de investigación, para atender problemas ambientales de orden nacional e internacional que han generado deterioro ambiental (contaminación, desertificación, pérdida de la biodiversidad y cambio climático entre otros) y que tienen consecuencias directas en el agotamiento de recursos, rezago social y problemas de salud pública.

De acuerdo a los datos reportados por la coordinación de redes, hasta el 2011 la REMA se conformaba por 273 investigadores del IPN adscritos a 33 centros de investigación distribuidos de la siguiente forma: 15 centros de investigación, 13 escuelas, 3 unidades académicas y 2 programas, con la distribución que se aprecia en la gráfica siguiente:



Gráfica 1 Distribución miembros de la REMA



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

La REMA tuvo un crecimiento importante en el periodo analizado, en 2009 contaba con 140 miembros registrados y en 2011 creció a 273 miembros, casi 50% de incremento, de los cuales el 43% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.) como se aprecia en los cuadros siguientes.

Cuadro 1 Miembros de la REMA (2009-2011)

	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

Nivel de los investigadores pertenecientes al S.N.I., registrados como miembros de la REMA

Cuadro 2 Miembros del SNI REMA

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

Fuente: Coordinación de Operación de redes de investigación y posgrado IPN

El nivel de S.N.I. de los investigadores, se consideró como una variable en el estudio por su relación directa con las variables de centralidad analizadas.

Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I.) del Conacyt² en México

El S.N.I. fue creado en México por acuerdo presidencial en 1984, para reconocer la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnología. El reconocimiento se otorga a través de la evaluación por pares y consiste en otorgar el

² <http://www.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/default.aspx>

nombramiento de investigador nacional. Esta distinción simboliza la calidad y prestigio de las contribuciones científicas

En paralelo al nombramiento el Conacyt otorga estímulos económicos cuyo monto varía de acuerdo al nivel asignado, de los 4 niveles existentes en el sistema: candidato; nivel 1; nivel 2; y nivel 3.

Para participar en el SNI es necesario que los investigadores y tecnólogos que realicen actividades de investigación científica o tecnológica, y que tengan una relación laboral de tiempo completo con alguna institución pública o privada.

MÉTODO

Para llevar a cabo el análisis cuantitativo de la red, se consideraron al total de miembros de la REMA (273), considerando las relaciones de coautorías en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libro, y tesis dirigidas del periodo 2009 al 2011.

De los 273 investigadores analizados, 110 no reportaron productividad científica en el periodo 2009-2011, lo cual representa el 40% del total de investigadores analizados, este porcentaje afecta considerablemente la cohesión de la red.

Centros analizados con el software CYTOSCAPE

La información fue procesada utilizando el software CYTOSCAPE ver. 2.8.3, (Saito et al, 2012), (Smoot et al, 2011), (Shannon et al, 2003), es un software libre creado por la universidad de California, que analiza la estructura de las redes sociales, y se apoya en la teoría de grafos, que es una disciplina de las matemáticas discretas.

Con el CYTOSCAPE se analizaron a 14 centros de investigación (ver cuadro 3), con 231 investigadores, que contaran con por lo menos 4 miembros en la red y que reportaran productividad en el periodo estudiado. Los nombres de los investigadores se omitieron para conservar la confidencialidad de la información, asignando un número consecutivo de acuerdo al número de investigadores miembros de cada uno de los centros.



Cuadro 3 Centros de la REMA analizados con el software CYTOSCAPE

No	Centros	Investigadores	Nivel S.N.I.
1	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR)	55	35
2	Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD)	25	10
3	Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Unidad Tlaxcala (CIBA TLAX)	19	5
4	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán (CIIDIR MICH)	18	4
5	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR DGO)	17	6
6	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR SIN)	17	9
7	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB)	17	14
8	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI)	16	8
9	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR OAX)	13	4
10	Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIBI)	12	6
11	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Zacatenco (ESIME ZAC)	9	2
12	Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE)	5	2
13	Centro de Investigación en Computación (CIC)	4	4
14	Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Querétaro (CICATA QRO)	4	3
	Totales	231	112

Fuente: elaboración propia.

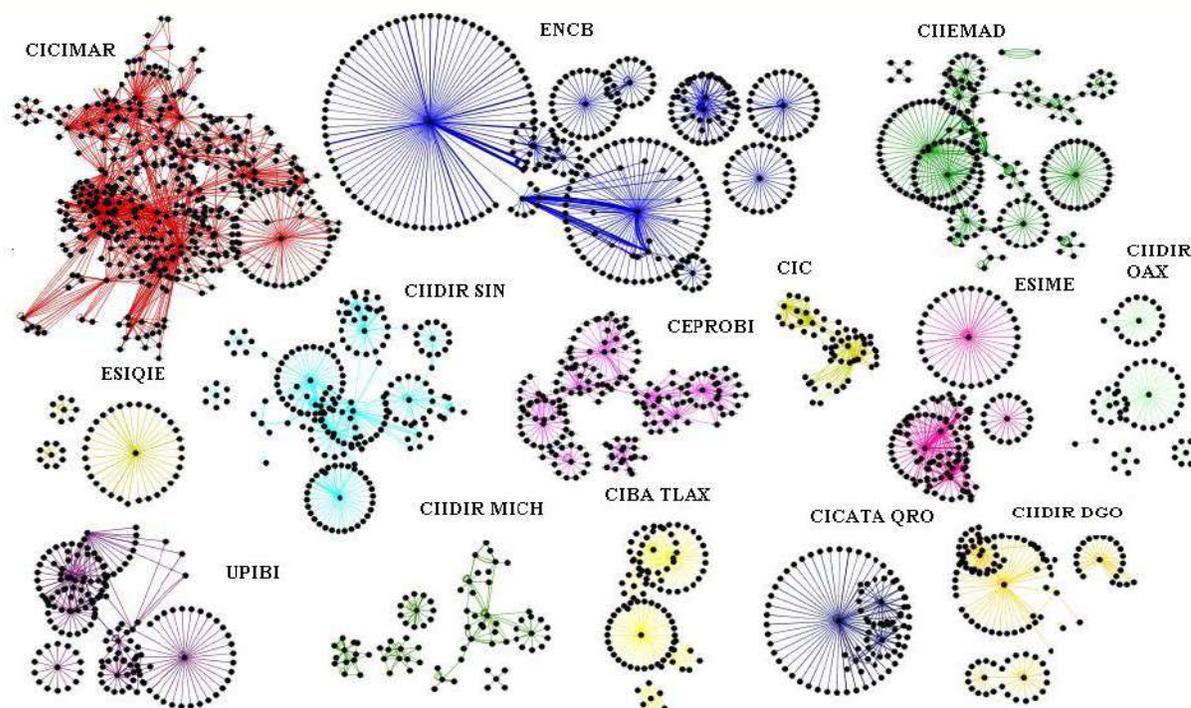
3.- RESULTADOS DE LA REMA

En el grafo 1 se presentan los resultados del análisis de la REMA realizados con el software CYTOSCAPE, se pueden identificar a los 14 centros por los diferentes colores utilizados en el grafo, es una red no conexas porque no existe conexión entre los centros, es una red no dirigida con diferentes pesos en las aristas. El índice de cohesión de la REMA es de 13%, trabajaron en promedio con 2 investigadores en el periodo 2009-2011.

Se identifican muchas estrellas, es decir investigadores al centro rodeados de muchos nodos, los cuales no tienen relación entre ellos, el problema de esta estructura es que si el nodo central desaparece se disuelve la estrella, el grafo también nos permite identificar a los líderes de los centros, corresponde a las estrellas de mayor tamaño, otro de los aspectos que se observa en el grafo es que no existen colaboraciones entre los centros.

Grafo 1 Centros de la REMA analizado por liderazgo productivo 2009-2011





Fuente: elaboración propia utilizando el software CYTOSCAPE

En el cuadro 4 se presentan los índices de las variables analizadas con el software CYTOSCAPE, corresponde a los investigadores con mayor liderazgo productivo de cada uno de los centros analizados, la información está clasificada en orden descendente por la columna liderazgo productivo la cual presenta el número de coautorías realizadas por los investigadores, los índices de las columnas comunicación y cohesión van de 0 a 1; y por último la columna S.N.I. presenta el nivel de los investigadores en el sistema del Conacyt. Los investigadores con mayor liderazgo productivo, tienen índices altos en la variable comunicación y niveles altos de S.N.I., y por otra parte reportan índices bajos de la variable cohesión. Por ejemplo el investigador del CICIMAR-15 con 103 coautorías, el índice de comunicación es de “0.32” y nivel II de S.N.I. que es un nivel alto y reporta nivel bajo de la variable cohesión de “0.04”. Un posible escenario que explique este comportamiento es que las políticas nacionales no fomentan el trabajo colaborativo intrainstitucional³, promoviendo la existencia de estrellas en la red, lo que implica que la mayoría de los investigadores tienen índices de cohesión baja.

Otro caso que llama la atención es el del investigador de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas ENCB-17, tiene registradas 76 coautorías, es el investigador de la ENCB con mayor liderazgo productivo, con nivel de S.N.I. II, el índice de comunicación es de “0.605” y el índice de cohesión es de 0%.

Las variables comunicación y liderazgo productivo tienen una distribución similar, los investigadores con liderazgo alto, reportan índices altos de comunicación, y valores muy bajos de cohesión.

³ Intrainstitucional se refiere al trabajo colaborativo entre investigadores del mismo instituto

Cuadro 4 Investigadores con mayor liderazgo productivo de los 14 centros de la REMA

Investigador	Comunicación	Cohesión	Liderazgo	Nivel de S.N.I.	Centro
CICIMAR-15	0.324	0.040	110	II	CICIMAR
ENCB-17	0.605	0	76	II	ENCB
QRO-4	0.791	0.002	55	I	CICATA QRO
CIEMAD-13	0.418	0	48	I	CIEMAD
SIN-4	0.391	0.015	46	-	CIIDIR SIN.
DGO-4	0.810	0.003	43	III	CIIDIR DGO.
ESIME-8	0.537	0.027	43	II	ESIME ZAC
UPIBI-9	0.452	0.008	37	II	UPIBI
CEPROBI-4	0.281	0.045	36	I	CEPROBI
TLAX-7	0.657	0	34	I	CIBA TLAX
ESIQIE-4	1.000	0	34	I	ESIQIE
CIC-3	0.581	0.018	31	I	CIC
OAX-9	0.882	0	24	I	CIIDIR OAX
MICH-2	0.670	0.092	22	-	CIIDIR MICH.

Fuente: elaboración propia en base al análisis del software CYTOSCAPE

Resultados de los catorce centros de la REMA

En el cuadro 5 se presentan los resultados de los 14 centros de la REMA⁴ analizados con el software CYTOSCAPE, clasificado en orden descendente por la columna cohesión, el centro de la red con mayor índice de cohesión es el CICIMAR con “0.3360”; eso se explica porque es el único centro que tiene una red conexas con sólo 1 componente; es decir todos los nodos están conectados; el índice de centralización de la red, mide a los investigadores que trabajan en estructura de estrella, los valores van de 0 a 1, los centros con índices más bajos son el CEPROBI “0.16” y el CICIMAR con “0.17”, por otra parte la ESQUIE es la escuela que presenta el índice de centralización más alto de “.64”, es decir el 64% de los investigadores trabajan en estructuras de estrella, lo cual hace que la cohesión de esa escuela sea de “0”.

La columna de distancia entre nodos calcula la distancia más grande existente entre dos nodos, es conveniente que la distancia sea menor, lo cual indica que existe mayor cercanía entre los investigadores. La columna de vecinos indica el promedio de colaboraciones que tiene cada nodo, a mayor cantidad de vecinos mayor producción científica.

La columna de número de nodos, indica el número de investigadores internos y externos con los cuales tuvieron colaboraciones los miembros de la red; el CICIMAR es el centro que presenta mayor número de colaboraciones, lo cual se explica porque es el centro con mayor número de investigadores y además porque se ubica entre los centros con mayor productividad científica.

⁴ En trabajos anteriores se publicó el análisis del CICIMAR (Cárdenas et al, 2012)



Cuadro 5 Resultados de los 14 centros de la REMA

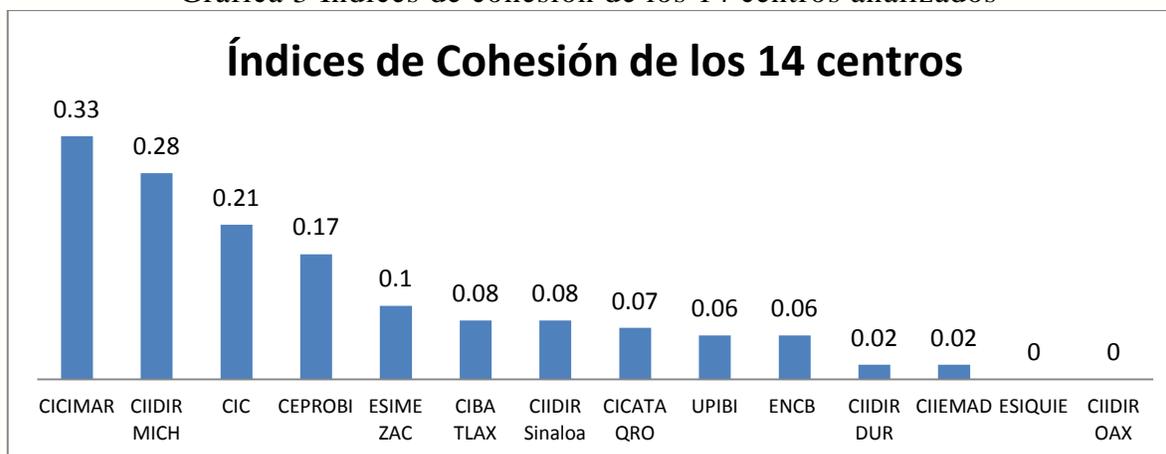
Centros	Cohesión	Componentes	Centralización de la red	Distancia entre nodos	Vecinos	Número de nodos
CICIMAR	0.3360	1	0.1790	3	4	462
CIIDIR MICH	0.2880	6	0.1570	3	3	82
CIC	0.2140	1	0.4440	3	2	56
CEPROBI	0.1720	2	0.1630	4	2	178
ESIME ZAC	0.1080	3	0.2410	3	2	147
CIBA TLAX	0.0890	2	0.3100	4	2	99
CIIDIR Sinaloa	0.0830	3	0.1830	4	2	209
CICATA QRO	0.0690	1	0.5560	3	2	89
UPIBI	0.0630	2	0.1870	4	2	168
ENCB	0.0610	6	0.2050	3	2	353
CIIDIR DUR	0.0260	4	0.3160	3	2	123
CIEMAD	0.0150	6	0.1890	5	2	231
ESIQUE	0.0000	3	0.6400	2	2	50
CIIDIR OAX	0.0000	5	0.3110	3	2	71

Fuente: elaboración propia en base al análisis del software CYTOSCAPE

Cohesión de la REMA

En general los índices de cohesión de la REMA son bajos, como se puede apreciar en la gráfica 3 el mayor porcentaje corresponde al CICIMAR, que es uno de los centros del IPN con mayor cohesión y con mayor número de miembros en la red.

Gráfica 3 Índices de cohesión de los 14 centros analizados



Fuente: elaboración propia

En la tabla 1 se presenta la distribución de frecuencias de la variable cohesión, en la columna frecuencia relativa acumulada se observa que el 77% de los investigadores reportan una cohesión muy baja que va de “0” a “0.2”, significa que los investigadores no forman equipos de trabajo, uno de los posibles factores que expliquen estos índices es que la participación en las redes no está contemplada dentro de los sistemas de becas del IPN.



Tabla 1 Distribución de frecuencia de clase de la variable Cohesión

Clases	Límite inferior	Límite superior	Frecuencia de clase	Marca de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relat. Acum
De 0 a 0.2	0	0.2	125	0.1	125	77%	77%
De 0.2 a 0.4	0.2	0.4	21	0.3	146	13%	90%
De 0.4 a 0.6	0.4	0.6	8	0.5	154	5%	95%
De 0.6 a 0.8	0.6	0.8	6	0.7	160	4%	99%
De 0.8 a 1	0.8	1	2	0.9	162	1%	100%

Fuente: elaboración propia

Liderazgo productivo.

En la tabla 2 se presenta la distribución de la variable liderazgo productivo de la REMA, el 74% de los investigadores se ubica en valores bajos entre 1 y 26 colaboraciones, y sólo 7 investigadores tuvieron más de 52 colaboraciones en el periodo (2009-2011) como se puede observar claramente en la tabla, las políticas institucionales favorecen a los investigadores que pertenecen al S.N.I. asignándoles mayor presupuesto para realizar sus investigaciones, dejando en desventaja a los investigadores que aún no ingresan al S.N.I.

Tabla 2 Distribución de frecuencia de clase de la variable liderazgo productivo

Clases	Límite inferior	Límite superior	Frecuencia de clase	Marca de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relat. Acum
De 1 a 26	0	26	139	13	139	74%	74%
De 26 a 52	26	52	42	39	181	22%	96%
De 52 a 78	52	78	6	65	187	3%	99%
De 78 a 104	78	104	1	91	188	1%	100%

Fuente: elaboración propia

Comunicación

En la tabla 2 se presenta la distribución de la variable comunicación, se observa que el 53% de los investigadores tienen índices de comunicación bajos de "0" a "0.17" y muy pocos investigadores tienen índices altos. La comunicación es útil como indicador del potencial de un investigador para influir en la red.

Tabla 3 Análisis de la variable Comunicación

Clases	Límite inferior	Límite superior	Frecuencia de clase	Marca de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa	Frecuencia relat. Acum
De 0 a 0.17	0	0.17	100	0.085	100	53%	53%
De 0.17 a 0.34	0.17	0.34	23	0.255	123	12%	65%
De 0.34 a 0.51	0.34	0.51	17	0.425	140	9%	74%
De 0.51 a 0.68	0.51	0.68	17	0.595	157	9%	84%
De 0.68 a 0.85	0.68	0.85	7	0.765	164	4%	87%
De 0.85 a 1.0	0.85	1.0	24	0.935	188	13%	100%

Fuente: elaboración propia



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del análisis de la estructura de la red de la REMA a través de las tres variables estudiadas: cohesión; liderazgo productivo; y comunicación, utilizando la teoría de grafos nos arrojan los siguientes resultados:

De acuerdo con (Lopera, 2000), (Artiles, 2003), y (Sebastián, 2002), las redes de conocimiento se forman por grupos de personas e instituciones, interesados en la resolución de un fin común, en este sentido el IPN ha avanzado en la creación de sus redes de investigación y posgrado con el objetivo de reunir a sus investigadores de tiempo completo por temáticas para la solución a problemas macro del país, sin embargo, de acuerdo al análisis cuantitativo realizado existen algunos grupos al interior de los catorce centros analizados, pero es necesario que la institución modifique sus políticas para incentivar el trabajo colaborativo entre los miembros de la red.

De acuerdo a (Sanz, 2003), (Freeman, 1977 y Newman, 2003) el grado se define como el número de otros actores a los cuales un actor está directamente unido o es adyacente, el grado organiza a los actores por el número efectivo de sus relaciones directas en el conjunto de la red, como se mencionó anteriormente, en nuestra investigación lo hemos llamado “**liderazgo productivo**”, porque se refiere al investigador con mayor número de interacciones o coautorías, de acuerdo a la definición de Rivas (2007) el poder de activación, se relaciona con el liderazgo productivo, por ser el nodo con mayor capacidad de iniciar interacciones o relaciones con otros investigadores.

La variable liderazgo productivo tuvo un comportamiento bajo, el 74% de los investigadores reportaron valores bajos menores a 26 colaboraciones en el periodo estudiado, y sólo el 4% reportaron valores altos entre 52 y 107 colaboraciones como se puede apreciar en la tabla 2, otro dato importante es que la mayor parte de los investigadores sólo tuvieron una colaboración, lo cual indica que no se fomenta la cohesión del grupo ya que un requisito de la cohesión del grupo es una relación estable entre los actores, los grupos que continuamente se reorganizan no llegan a adquirir cohesión (Rivas, 2007).

Los investigadores con mayor liderazgo productivo cuentan con niveles altos de S.N.I., índices de comunicación altos y cohesión muy baja, las políticas institucionales no fomentan el trabajo colaborativo.

De acuerdo a (Sanz, 2003), (Freeman, 1977 y Newman, 2003) la intermediación o bien “comunicación” como la hemos llamado en esta investigación es útil como indicador del potencial de un nodo para controlar la comunicación. De acuerdo a Rivas (2007) el potencial combinatorio es el poder que tiene un nodo de activar varios grupos, está en relación directa con la capacidad de comunicación de los actores.

La variable comunicación reportó índices bajos el 53% de los investigadores tienen entre “0” y “0.17” y muy pocos tienen índices altos, son los investigadores con mayor influencia en la red, son intermediadores entre los grupos. La comunicación es útil como indicador del potencial de un investigador para influir en la red. Las políticas de asignación de



recursos del Conacyt y del IPN favorecen a los investigadores con mayores niveles de S.N.I. por lo cual se vuelven influyentes en la red.

De acuerdo a Newman (2003) la presencia de un número elevado de triángulos en la red, define la cohesión de la red, asimismo Rivas (2007) señala que la cohesión está en función del grado de relación afectiva, la heterogeneidad, la multiplicidad y densidad de los actores

La variable cohesión reportó valores bajos en la mayor parte de los investigadores como se puede observar en la tabla 1, el 77% de los investigadores tienen índices entre “0” y “0.2” lo cual indica que existe poco trabajo colaborativo entre los investigadores, las políticas institucionales no fomentan el trabajo colaborativo ya que no se considera el trabajo en red en los sistemas de becas del IPN

Luna (2003) identifica algunas características de las redes de conocimiento: Ningún miembro tiene una autoridad absoluta y todos tienen una cierta autonomía; 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

Aunque las características que menciona Luna serían deseables en las redes, porque aumentaría la cohesión de la red, la realidad que viven los investigadores del IPN es diferente, porque al ser la REMA una red formal definida por la institución existen lineamientos que traspasan la democracia de la red, por ejemplo la elección de coordinadores de nodo de la red es por elección de los directores de los centros de investigación y no por una decisión colegiada por miembros de la red.

CONCLUSIONES:

Los resultados del análisis de la estructura de la red de la REMA a través de las tres variables estudiadas: cohesión; liderazgo productivo; y comunicación, utilizando la teoría de grafos nos arrojan los siguientes resultados:

La REMA es una red no conexas, con un índice de cohesión de 13%, el índice tan bajo de cohesión se explica debido a que 110 investigadores no reportaron productividad científica en el periodo 2009-2011, lo cual representa el 40% del total de investigadores analizados, este porcentaje afecta considerablemente la cohesión de la red.

Los investigadores se relacionaron en promedio 2 veces con investigadores del mismo centro o con investigadores externos nacionales e internacionales. El índice de centralización de la red, es de “0.036”, indica que el 3% de los investigadores trabajan en estructura de estrella, lo cual tiene el problema de que si el nodo central desaparece se disuelve la estrella. Dentro de los centros de investigación existen algunos grupos consolidados, pero no existe colaboración entre los centros.

Con respecto al análisis de las variables de liderazgo productivo el 74% de los investigadores reportan un liderazgo productivo bajo y sólo el 4% reportaron valores altos entre 52 y 107 colaboraciones en el periodo estudiado, las políticas institucionales de asignación de recursos favorecen a los investigadores con niveles altos de S.N.I., asignando



mayor cantidad de recursos para realizar sus investigaciones, dejando a los investigadores menos productivos con menor presupuesto para realizar sus investigaciones.

La variable comunicación reporta que el 53% de los investigadores tienen índices entre “0” y “0.17” y muy pocos investigadores tienen índices altos, esto implica que muy pocos investigadores tienen mayor nivel de intermediación entre los grupos, es importante recordar que la variable comunicación nos permite medir la influencia de los investigadores en la red.

Con respecto a la variable cohesión los resultados del análisis arrojan que el 72% de los investigadores tienen índices de bajos de cohesión, se identificaron varias razones por las cuales la cohesión de la red presenta índices bajos: la primera es que el 40% de los investigadores analizados no reportaron productividad en el periodo estudiado, lo cual afecta considerablemente la cohesión de la red; la segunda es que no existe relación entre los investigadores de los diferentes centros de investigación; y por último se identificaron grupos consolidados al interior de los centros pero no existe relación entre ellos, todos estos aspectos afectan la cohesión de la red.

De acuerdo al análisis realizado existen algunos grupos consolidados dentro de los centros, pero es necesario que la institución modifique sus políticas para incentivar el trabajo en red entre los investigadores. Vale la pena mencionar que en el año 2012 el IPN 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 centros de investigación, con el objetivo de favorecer el trabajo multidisciplinario, en futuras investigaciones será necesario revisar los resultados de estas asociaciones.

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 las mismas, así como las políticas de asignación de recursos que promueva la adhesión de investigadores jóvenes a los grupos más consolidados para fortalecer los cuadros de investigadores, que repercuta en la generación de conocimiento para la solución a problemas del medio ambiente.



BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, M. C. (2006). REDES DE CONOCIMIENTO construcción, dinámica y gestión. Argentina: RICYT y UNESCO.
- Artiles, S. (28 de 05 de 2002). *Las redes del conocimiento como producto de la gerencia de información en ambientes académicos*. Recuperado el 10 de 05 de 2012, de Sappiens.com:
<http://www.sappiens.com/sappiens/comunidades/gconarti.nsf/0/1409CBC6982F9F3041256BD4003C2692?opendocument>
- Banús, E. (2006). LA ESTRATEGIA DE REDES DE CONOCIMIENTO ADOPTADA POR UNESCO. Buenos aires Argentina: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT).
- 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.
- Cárdenas, M., Klingler, C., Rivas, L., (2012) Análisis estructural de una red de conocimiento a través de la teoría de grafos, México, FCA UNAM
- ANUIES (2000) La Educación Superior en el siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo. Una propuesta de la ANUIES. México: ANUIES
- 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. .
- 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.
- Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based en betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- Lopera, H. (2000). Integración de redes de conocimiento: una responsabilidad de la biblioteca universitaria. Recuperado el 30 de 04 de 2010, de
http://64.233.187.104/search?q=cache:s_MVD1pOVNoJ:eprints.rclis.org/archive/00003636/01/lopera.pdf+%22Integraci%C3%B3n+d
- Luna, M. (2003). Itinerarios del conocimiento formas dinámicas y contenido. Un enfoque de redes. México: Anthropos.
- Newman, M. E. (2003). *The Structure and Function of Complex Networks*. Michigan USA: University of Michigan.
- 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.
- Saito, R., ME, S., K, O., J, R., PL, W., S, L., y otros. (2012). A travel guide to Cytoscape plugins. *Pub Med* .
- Sancho, R. (2004). DIRECTRICES DE LA OCDE PARA LA OBTENCIÓN DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. *Revista Española de Documentación Científica* . , p.842-865.
- Sanz, L. (2003) Análisis de Redes Sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE), Número 7, p. 21-28
- Sebastián, J. (2002). Las redes de cooperación como modelo organizativo y funcional para la I+D. *Redes* , volumen 7, (15).
- Shannon P, M. A. (2003). Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. . *Genome Research* .
- Smoot, M., Ono, K., Ruscheinski, J., Wang, P.-L., & Ideker, T. (2011). Cytoscape 2.8: new features for data integration and network visualization. *Bioinformatics* .

