



Revista de Ciencias Sociales (Ve)
ISSN: 1315-9518
rcs_luz@yahoo.es
Universidad del Zulia
Venezuela

Cárdenas Tapia, Magali; Rivas Tovar, Luis Arturo; Ramírez Alatriste, Fernando; Simón Domínguez, Nadima
Análisis de la estructura de una red de conocimiento en México
Revista de Ciencias Sociales (Ve), vol. XXI, núm. 4, octubre-diciembre, 2015, pp. 521-537
Universidad del Zulia
Maracaibo, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28043815006>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Análisis de la estructura de una red de conocimiento en México

Cárdenas Tapia, Magali*
Rivas Tovar, Luis Arturo**
Ramírez Alatriste, Fernando ***
Simón Domínguez, Nadima ****

Resumen

Esta investigación analiza cuantitativamente la estructura de la red de colaboraciones del Centro Interdisciplinario en Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), institución tecnológica más grande de México, dada la relevancia de las redes para la colaboración y generación de conocimiento en la búsqueda de soluciones a problemas del medio ambiente. Para el análisis se utilizó la Teoría de Grafos, considerándose las coautorías entre los investigadores en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libros y dirección de tesis del periodo 2009-2011, y tres atributos de centralidad: coeficiente de agrupamiento, intermediaciación y grado, los cuales, en el contexto de redes de conocimiento, se interpretan como: cohesión, comunicación y liderazgo productivo. Los resultados muestran índices bajos de cohesión, lo cual implica poco trabajo en red; existencia de algunos grupos al interior del centro, pero sin relación entre ellos; presencia de líderes de los grupos, nueve investigadores influyentes que coinciden con los niveles altos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), pero no promueven el trabajo colaborativo. Se concluye que el problema de esta estructura es que el IPN privilegia la asignación de presupuesto a los investigadores con niveles altos de SNI, dejando al resto con pocos recursos para realizar sus investigaciones.

Palabras clave: Redes de conocimiento; teoría de grafos; cohesión; comunicación; liderazgo productivo.

- * Doctora en Ciencias de la Administración en la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora titular en la Maestría en Administración de Negocios en el Instituto Politécnico Nacional en la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA), Unidad Tepepan. e-mail: mcardenast@ipn.mx
- ** Doctor en Ciencias Administrativas en el Instituto Politécnico Nacional (México). Profesor titular en el Doctorado en Ciencias Administrativas en el Instituto Politécnico Nacional en la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA), Unidad Santo Tomás. e-mail: larivas33@hotmail.com
- *** Doctor en Física en la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor titular en la Maestría en Sistemas Complejos en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. e-mail: fheralatriste@gmail.com
- **** Doctora en Ciencias de la Administración en la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora Emérita en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). e-mail: nadimasimon@hotmail.com

Analysis of the Structure of a Knowledge Network in Mexico

Abstract

This research analyze quantitatively the structure of the network of collaborations from the Interdisciplinary Center in Marine Sciences (CICIMAR) from the National Polytechnique Institute (IPN), which is the biggest technological institution in México, by virtue of the relevance that networks have taken as a vehicle for collaboration and generation of knowledge in the search of solutions for environmental issues. For the analysis Graph Theory was used, considering co authorships among researchers in scientific production of articles, books, books' chapters and thesis guidance from period 2009-2011, and three, and three attributes of centrality: clustering coefficient, intermediation and grade, which, in the context of knowledge networks they are interpreted as: cohesion, communication and productive leadership. Results show low cohesion indexes, which involves little work in the network, existence of some groups within the center, but without relation between them, presence of leaders from groups, nine influential researchers who match with high levels in National Researchers System (SNI), but they do not promote collaborative work. In conclusion, the problem of this structure is that IPN privileges the assignation of budget to researchers with high SNI's levels, leaving the rest with few resources to carry out their research.

Keywords: Knowledge networks; graph theory; cohesion; communication; productive leadership.

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 y Alfaro, 2006).

En este sentido, la ciencia y la tecnología son reconocidas actualmente como factores decisivos para la transformación económica y social, así como para 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 en países de menor desarrollo, tal es el caso de 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 fue analizar cuantitativamente la estructura de la red del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), institución de educación superior tecnológica más grande de México creado en 1936 para contribuir al desarrollo económico, social y político de la nación (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2011). Dicha selección se realizó 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 IPN atiende en sus aulas a más de 160.000 alumnos, siendo la institución líder en la generación, aplicación, difusión y transferencia del conocimiento científico y tecnológico. Para ello crearon redes de investigación y posgrado, con el objetivo de agrupar a sus investigadores de tiempo completo por temáticas. En diciembre de

2006 se crearon cuatro redes: Nanotecnología, Biotecnología, Medio ambiente y Computación

El análisis se realizó utilizando la Teoría de Grafos y considerando las coautorías de los investigadores en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libros y dirección de tesis del periodo 2009-2011, con apoyo del software CYTOSCAPE, software libre que analiza la estructura de las redes sociales. 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 *et al.*, 2005).

En el estudio se analizaron tres atributos de centralidad: coeficiente de agrupamiento, intermediación y grado, los cuales en el contexto de redes de conocimiento se interpretan como: cohesión, comunicación y liderazgo productivo. El nivel de los investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores¹ (SNI) se consideró también como una variable en el estudio por su relación directa con las variables de centralidad analizadas.

1. Las redes de conocimiento

Para efectos de esta investigación se definen las redes de conocimiento como un grupo de personas e instituciones, interesados en la resolución de un fin común, con el objeto de compartir conocimientos y potenciar los recursos y beneficios, a través de la cooperación, colaboración y solidaridad constructiva, utilizando las tecnologías de la información y comunicación (Lopera, 2004; Pérez, 2009; Sebastián, 2000; Prada, 2005).

De acuerdo con Lopera (2004), las redes de conocimiento tienen las siguientes características: son expresiones de la interacción humana en un contexto social propio e íntimamente ligado al desarrollo de las civilizaciones; su finalidad es mejorar la calidad del trabajo académico-científico, optimizar la gestión del conocimiento, crear y fortalecer la cooperación como el aprovechamiento de recursos, posibilitando el libre flujo de la información entre los grupos sociales; su propósito es producir, almacenar y distribuir conocimiento científico; finalmente,

tienden a expandirse, virtualizándose en el dinámico mundo de la sociedad del conocimiento y la globalización.

Por otra parte, Luna (2004) señala características adicionales de las redes de conocimiento tales como: 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, y la red opera a través de decisiones, resolución de problemas, ganancias (pérdidas) o prestigio compartido.

Las redes de conocimiento incrementan la productividad y enriquecen los resultados sobre el trabajo individual, definitivamente los investigadores tienen que concientizar que el trabajo en equipo puede ayudar a la resolución de un fin común y a compartir recursos e infraestructura, ya que en México los recursos son pocos, la inversión en investigación y desarrollo en 2013 fue de 0,50 por ciento del PIB se ubica entre los últimos lugares de los miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), por lo que es necesario compartir recursos para optimizar los resultados en la generación de conocimiento para la resolución de problemas macro del país.

Sin embargo, para Rivas (2007) las características de las redes con respecto a su operación se plantean en tres dimensiones: cohesión, potencial combinatorio y poder de activación. La cohesión está en función del grado de relación afectiva, la heterogeneidad, la multiplicidad y densidad de los actores que la conforman; un requisito para la cohesión del grupo es una relación estable, los grupos que continuamente se reorganizan no llegan a adquirir cohesión. El potencial combinatorio, está en relación directa con la capacidad de comunicación de los actores; y el poder de activación, se refiere a la capacidad que tienen los nodos de iniciar interacciones con los miembros de la red.

Uno de los aspectos clave para el buen funcionamiento de las redes de conocimiento es evitar las jerarquías, se recomiendan estructuras horizontales en donde todos los miembros de la red compartan los resultados;

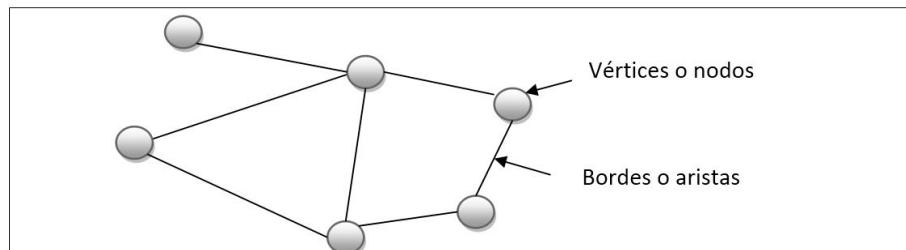
la experiencia y el conocimiento individual de los investigadores estarán de la mano con el liderazgo que tendrán que ejercer en algunos momentos de la investigación, por otra parte es necesario fortalecer las relaciones entre los miembros de la red para lograr mayor cohesión de grupo.

2. Importancia del análisis de la estructura de las redes de conocimiento utilizando la Teoría de Grafos con medidas de centralidad

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, así como ideas y métodos sobre cómo pueden ser cuantificadas estas propiedades, es decir, aporta los elementos para la operatividad del modelo de red social, al representar a los individuos (nodos) y sus vínculos (aristas) mediante un grafo.

Según Newman (2003) una red es un conjunto de elementos, llamados vértices o nodos con conexiones entre ellos, llamado bordes o aristas, ver Figura 1.



Fuente: Elaboración propia (2013).

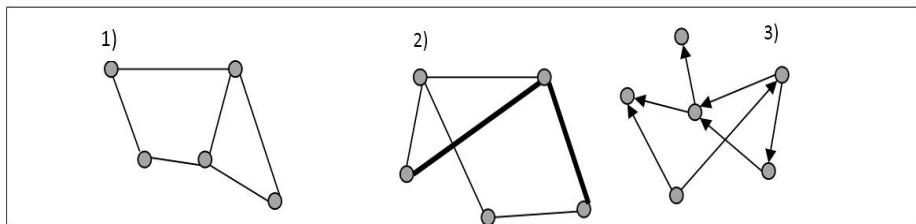
Figura 1. Ejemplo de una red con seis nodos y siete aristas

Los nodos y las aristas pueden tener una variedad de propiedades, asociadas a ellos. Por ejemplo, puede haber más de un tipo diferente de nodo en una red, o más de un tipo diferente de arista. Si se toma una red social, los nodos son las personas, que pueden representar a los hombres o mujeres, personas de diferentes nacionalidades, lugares, edades, ingresos, entre otros.

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 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, representados por el grosor del enlace; 3) una red dirigida en la que cada arista tiene una dirección.



Fuente: Elaboración propia (2013).

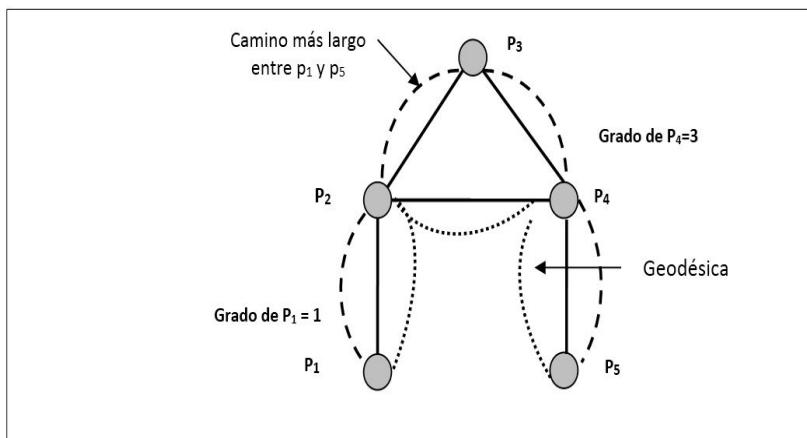
Figura 2. Tipos de redes

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 P1 tiene el grado 1 y el nodo P4 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. 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, donde 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. También 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, P_4 y P_5 . Dado que el primero de los caminos tiene una distancia de 4 y el segundo una distancia de 3, el segundo es una geodésica.



Fuente: Elaboración propia con base en Freeman (2000).

Figura 3. Grafo con cinco nodos

2.1. Medidas de centralidad

La centralidad, desde el punto de vista de la Teoría de Grafos, permite identificar los nodos más importantes (centrales). En este trabajo, se estudian las medidas de centralidad representadas por tres atributos: grado, intermediación y coeficiente de agrupamiento, los cuales se definen a continuación.

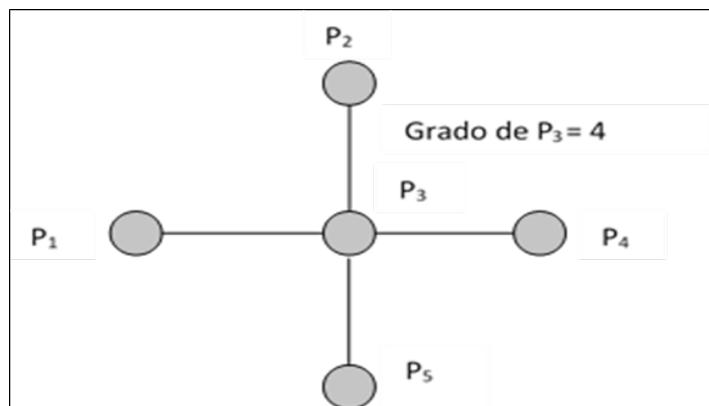
a) Grado: es una medida de centralidad que se define como el número de otros actores a los cuales un actor está directamente unido o es adyacente, el grado organiza a los actores por el número efectivo de sus relaciones directas en el conjunto de la red. (Sanz, 2003; Freeman, 2000; Newman, 2003). Esta 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 esta investigación se llama “Liderazgo productivo”, porque se refiere al

investigador con mayor número de interacciones o coautorías, que concuerda con la definición de Rivas (2007) del poder de activación, esto es, el nodo con mayor liderazgo productivo es el que tiene mayor capacidad de iniciar interacciones o relaciones con otros investigadores.

De acuerdo con Diestel (2010) en las redes no dirigidas, el grado de nodo n es el número de aristas con enlaces a n . Un auto-loop de un nodo se cuenta como dos aristas del grado nodal. La distribución de grado nodal da el número de nodos con grado k para $k = 0, 1, \dots$

Para ilustrar este concepto la figura 4, muestra una estrella²: 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 .



Fuente: Elaboración propia con base en Freeman (2000).

Figura 4. Grafo de una estrella con 5 nodos

b) Intermediación: es el número de caminos más cortos que pasan a través de un actor central para comunicarse con el resto de los actores. La intermediación sintetiza el

control que cada uno de los actores tiene de los flujos relacionales en el conjunto de la red (Sanz, 2003; Freeman, 2000; Newman, 2003). 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 se ha llamado “comunicación”, la cual está relacionada con la existencia de 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.

La fórmula para calcular la comunicación o intermediación $C_b(n)$ de un nodo n se presenta como: $C_b(n) = \sum_{s \neq t} (\sigma_{st}(n)) / \sigma_{st}$

Donde:

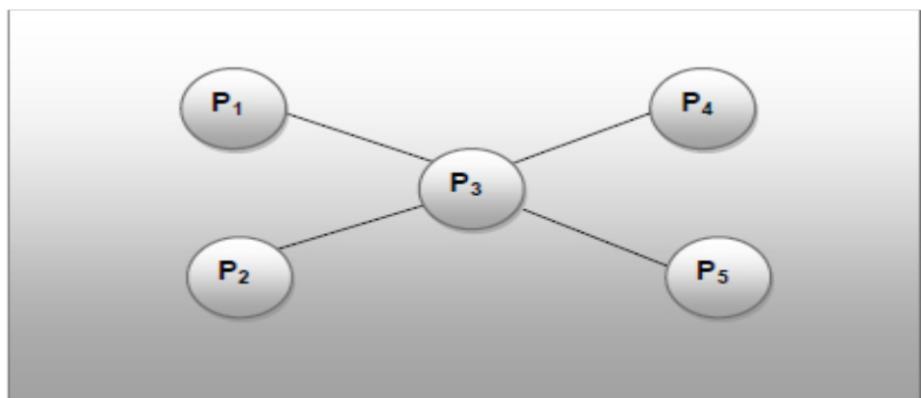
s y t son nodos de la red diferente de n, σ_{st} denota el número de caminos más cortos de s a t

$\sigma_{st}(n)$ es el número de trayectorias más cortas desde s a t

El valor de intermediación para cada nodo n se normaliza dividiendo por el número de pares de nodos excluyendo n: $(N-1)(N-2) / 2$, donde N es el número total de nodos en el componente conectado que pertenece a n. Por lo tanto, la centralidad de intermediación de cada nodo es un número entre 0 y 1.

A efecto de ejemplificar la intermediación o comunicación, se usa la relación de coautoría entre investigadores, imaginando por un momento que el investigador número P₁ necesita relacionarse con el investigador P₅, de quien no es amigo directamente, por lo que el investigador P₃ podría servir de enlace entre los dos.

El investigador P₃ es sin duda el investigador con mayor nivel de intermediación o comunicación como se puede observar en la figura 5 porque tiene la posibilidad de relacionar a personas o grupos.

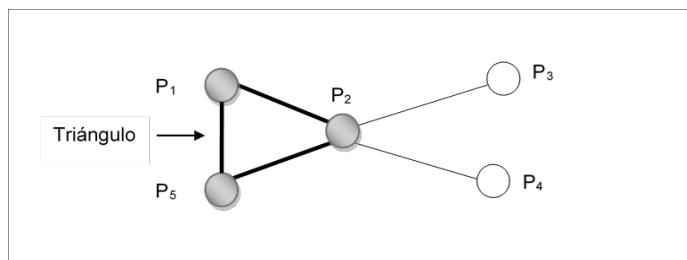


Fuente: Elaboración propia con base en Sanz (2003).

Figura 5. Intermediación o comunicación

c) Coeficiente de agrupamiento: En terminología de red, el agrupamiento significa la presencia de un número elevado de triángulos en la red, definidos por tres vértices cada uno de los cuales está conectado a cada uno de los otros (Newman, 2003). Entonces, el coeficiente de agrupamiento calcula la probabilidad de que un nodo elegido al azar pertenezca a un

triángulo. En la figura 6 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.



Fuente: Elaboración propia con base en Newman (2003).

Figura 6. Definición de cohesión

La fórmula para el cálculo del coeficiente de agrupamiento C_n de un nodo n para las redes no dirigidas se define como $C_n = \frac{2e_n}{k_n(k_n-1)}$,

Donde:

k_n es el número de vecinos de n

e_n es el número de pares conectados entre todos los vecinos de n

Para efectos de la investigación la medida de centralidad coeficiente de agrupamiento se llama “cohesión”, coincidiendo con Rivas (2007), quien señala que la misma está en función del grado de relación afectiva, la heterogeneidad, la multiplicidad y densidad de los actores que la conforman.

promover la colaboración entre los diversos sectores académicos y administrativos del IPN, y atender problemas ambientales de orden nacional e internacional que han generado deterioro ambiental (contaminación, desertificación, perdida de la biodiversidad, cambio climático, entre otros) y que tienen consecuencias directas en el agotamiento de recursos, rezago social y problemas de salud pública.

Se eligió al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por contar con mayor número de investigadores miembros de la Red de Medio Ambiente. Para realizar el análisis cuantitativo de la estructura de la red del CICIMAR se utilizó la Teoría de Grafos con los atributos de centralidad: cohesión; comunicación y liderazgo productivo, descritos anteriormente; analizándose la producción científica de los 55 investigadores miembros de la REMA. Para ello, se consideraron las coautorías de los investigadores en la producción científica de artículos, libros, capítulos de libro, y tesis dirigidas del periodo 2009 al 2011. La información se obtuvo del curriculum vitae único

3. Metodología

En esta investigación se analiza la Red de Medio Ambiente (REMA), del Centro Interdisciplinario en Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). La cual se creó como una estrategia para

(CVU) del Conacyt disponible en la página de la Red (REMA, 2013) y en la página del Centro (CICIMAR, 2013).

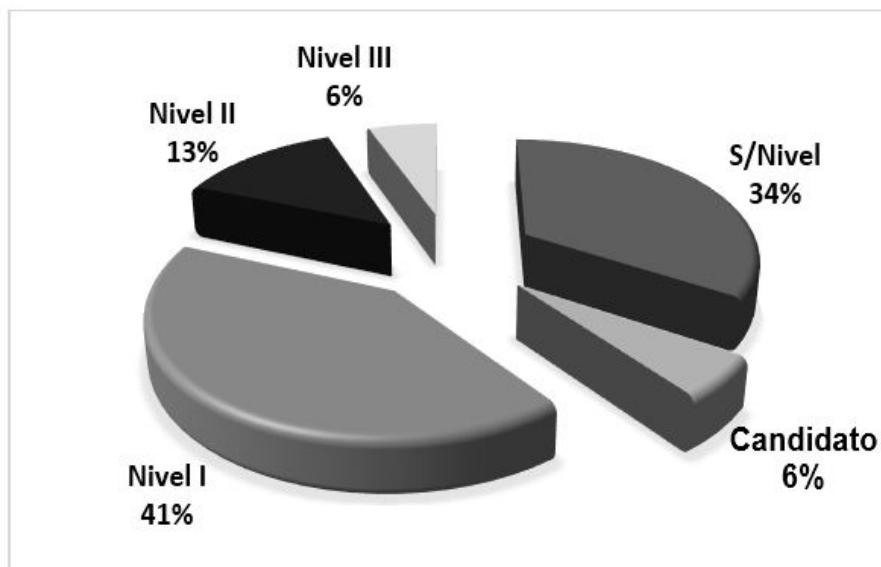
Para conservar el anonimato de los investigadores se asignó un número consecutivo del 1 al 55, por ser el número de investigadores del CICIMAR pertenecientes a la REMA, del número 56 en adelante se asignó los investigadores externos al CICIMAR con los cuales se relacionaron en la producción científica, estas coautorías fueron consideradas en el estudio para presentar un panorama completo del trabajo colaborativo que realizan los investigadores del centro.

La información fue procesada utilizando el software CYTOSCAPE versión 2.8.3, creado por la universidad de California en San Diego. El cual es un software libre para el análisis y visualización de redes sociales (Saito *et al.*, 2012; Shannon *et al.*, 2003; Smoot *et al.*, 2013), apoyado en

la teoría de grafos, que es una disciplina de las matemáticas discretas.

4. Resultados

En la figura 7 se presenta la distribución de los 55 investigadores del CICIMAR miembros de la REMA pertenecientes al SNI, en la cual se puede observar que el 34% de ellos no habían ingresado al mismo en el periodo 2009-2011 y, que del total de investigadores analizados, sólo 19% contaba con niveles II y III de SNI. Es importante señalar que el IPN privilegia a los investigadores que pertenecen a este Sistema ya que proporciona el doble de recursos económicos para realizar sus investigaciones, por lo que en el caso del CICIMAR, los recursos se asignan principalmente a los nueve investigadores que cuentan con niveles II y III en el SNI.



Fuente: Elaboración propia con base en la información de la página de la REMA (2013).

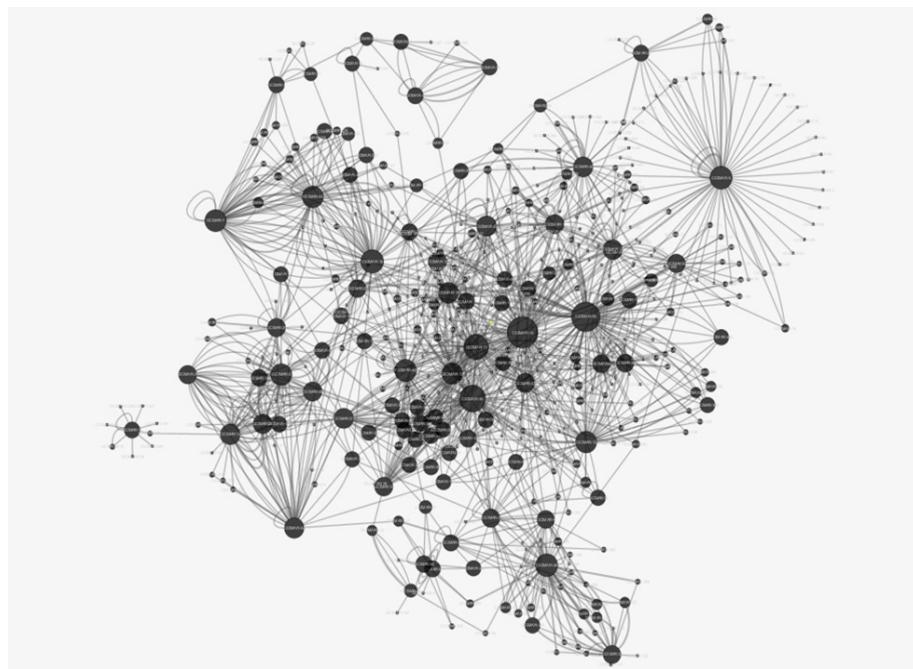
Figura 7. Distribución del SNI miembros de CICIMAR

En la figura 8 se presenta la red del CICIMAR analizada para la variable liderazgo productivo, siendo una red no dirigida con diferentes pesos en las aristas, el radio de los nodos es directamente proporcional al liderazgo productivo, los nodos más grandes corresponden a los investigadores con mayor número de colaboraciones en la producción científica.

El grosor de las líneas indica diferentes pesos en las aristas, se puede apreciar por el grosor de las líneas que muchos investigadores tienen sólo una colaboración con el mismo

investigador, por otra parte aparecen auto-enlaces, esto significa que los investigadores no hicieron coautoría, realizaron el trabajo de forma individual, básicamente son direcciones de tesis, esto se debe a que el reglamento del IPN no permite la codirección en la tesis de doctorado.

Se identifican muchas estrellas, es decir, investigadores al centro rodeados de muchos nodos, los cuales no tienen relación de coautoría entre ellos, por ejemplo el nodo 5 ubicado en la esquina superior derecha del grafo.



Fuente: Elaboración propia con base en las coautorías analizadas con el software CYTOSCAPE (2013).

Figura 8. CICIMAR analizado por la variable liderazgo productivo

En la tabla I, clasificado en orden descendente por la columna liderazgo productivo, se presentan los índices de las variables analizadas con el software CYTOSCAPE, la columna de liderazgo productivo 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 SNI presenta el nivel de los investigadores en el Sistema.

Los investigadores con mayor liderazgo productivo tienen índices altos en la variable comunicación y niveles altos de SNI, y, por

otra parte, reportan índices bajos de la variable cohesión. Por ejemplo, el investigador número 15 con 103 coautorías, tiene también el índice de comunicación más alto del grupo de 0,32 y nivel II de SNI y reporta nivel bajo de la variable cohesión de 0,04. Un posible escenario que explique este comportamiento es que las políticas

institucionales no fomentan el trabajo en red, promueven la existencia de estrellas en la red, lo que implica que la mayoría de los investigadores tienen índices de cohesión baja, y que no existe trabajo entre los grupos de investigación del centro.

Tabla I
Índices de los investigadores del CICIMAR

Investigador	Liderazgo productivo	Comunicación	Cohesión	Nivel en el S.N.I.
15	103	0,3228	0,0402	II
55	70	0,1803	0,0249	III
11	67	0,1348	0,0985	I
30	65	0,1360	0,0983	III
5	51	0,1684	0,0027	II
44	46	0,0315	0,1937	II
16	42	0,0891	0,0413	I
46	40	0,1517	0,0521	C
21	38	0,0724	0,2989	I
13	37	0,0135	0,3069	I
19	34	0,0973	0,0529	II
54	33	0,0536	0,1197	I
7	33	0,0624	0,1138	I
12	32	0,0451	0,1232	I
10	31	0,0539	0,1039	-
40	31	0,0863	0,0085	I
33	29	0,0148	0,4111	-
24	29	0,0347	0,1316	-
2	28	0,0278	0,2092	I
1	27	0,0242	0,1520	I
3	26	0,0489	0,2026	I
43	26	0,0281	0,1373	I
25	26	0,0351	0,1176	I
47	25	0,0571	0,0333	II
14	22	0,0502	0,2667	I
9	22	0,0342	0,1438	III

Cont... Tabla I

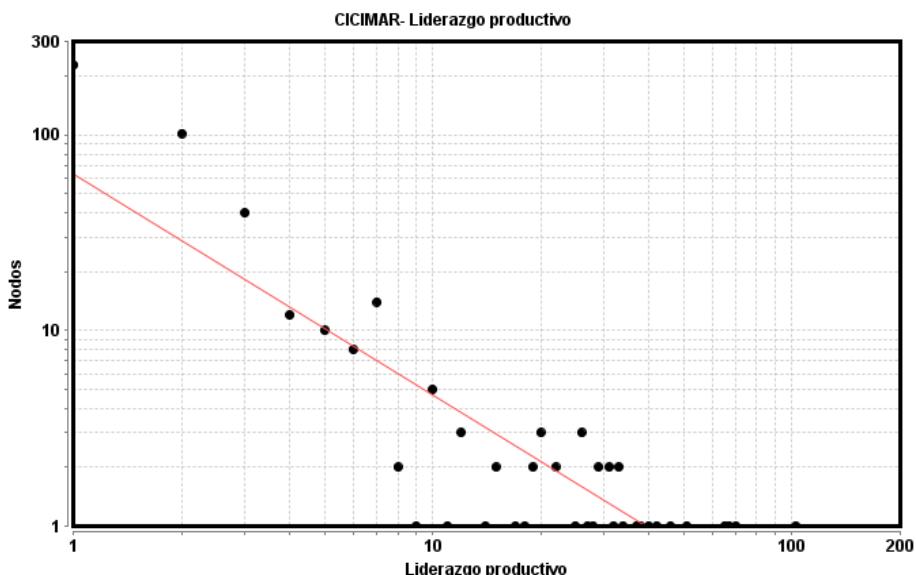
Investigador	Liderazgo productivo	Comunicación	Cohesión	Nivel en el S.N.I.
45	20	0,0157	0,4091	-
35	20	0,0216	0,1619	-
27	20	0,0289	0,1538	I
26	19	0,0035	0,5556	-
52	19	0,0174	0,1167	I
6	18	0,0167	0,2088	II
32	17	0,0177	0,0917	I
17	15	0,0063	0,2778	-
20	15	0,0125	0,2000	I
23	14	0,0129	0,1667	I
29	12	0,0001	0,8095	I
8	12	0,0201	0,2000	-
4	12	0,0030	0,1944	C
41	11	0,0016	0,5238	-
34	10	0,0069	0,2381	-
22	10	0,0158	0,1429	C
18	10	0,0303	0	I
48	9	0,0051	0,5000	I
51	8	0,0069	0,2381	-
38	7	0,0051	0,5000	-
28	6	0,0044	0,5000	-
50	6	0,0060	0	-
31	5	0,0016	0,3333	-
53	4	0,0001	0,6667	-

Fuente: Elaboración propia (2013).

La variable “liderazgo productivo” tuvo un comportamiento bajo como se puede apreciar en la Figura 9, el 87% de los investigadores reportaron de 1 a 40 colaboraciones en el periodo estudiado y sólo el 13% tuvo valores altos, la distribución de

los porcentajes, nos recuerdan el principio de Pareto; la información se presenta en escala logarítmica y un ajuste a la ecuación con parámetros: $y = ax^b$

$$\begin{aligned} \text{Donde: } a &= 63.347 \\ b &= -1.131 \end{aligned}$$



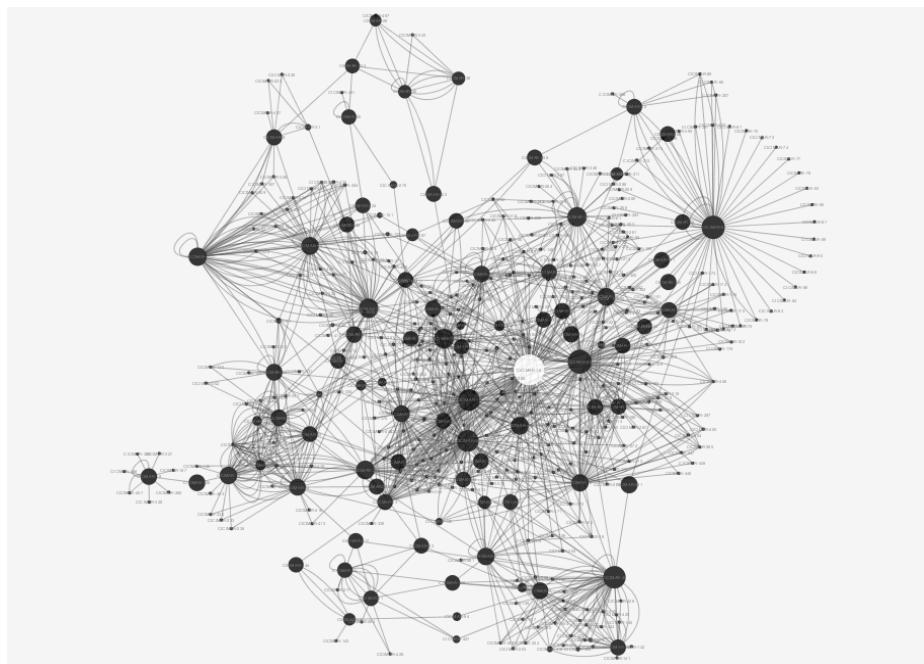
Fuente: Elaboración propia con base en las coautorías analizadas con el software CYTOSCAPE (2013).

Figura 9. Distribución de la variable liderazgo productivo

En la Figura 10 se presenta el análisis de la variable comunicación, esta variable y el liderazgo productivo tienen una distribución similar. Se puede observar que los nodos de mayor tamaño corresponden a los investigadores con índices de comunicación altos, esta variable permite identificar a los investigadores más influyentes en la red. Se puede observar el caso del investigador número 15 con el círculo de mayor tamaño ubicado al centro del grafo, corresponde al investigador con índice de comunicación más alto y coincide con el de mayor liderazgo productivo y con nivel de SNI alto, pero con un índice de cohesión bajo.

La variable comunicación reportó índices bajos en el 80% de los investigadores

del CICIMAR y sólo el 20% tuvo índices altos, estos investigadores son los que tienen 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 (Sanz, 2003; Freeman, 2000; Newman, 2003). Las políticas de asignación de recursos del Conacyt y del IPN favorecen a los investigadores con mayores niveles de SNI por lo cual se vuelven influyentes en la red. Son los investigadores que controlan la red del CICIMAR, son los que cuentan con los recursos suficientes para realizar sus investigaciones.



Fuente: Elaboración propia con base en las coautorías analizadas con el software CYTOSCAPE (2013).

Figura 10. CICIMAR analizado por la variable comunicación

La variable cohesión reportó valores bajos en la mayor parte de los investigadores, lo cual indica que no se fomenta el trabajo colaborativo; como señala (Rivas, 2007) 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.

Los resultados generales de la red del CICIMAR se presentan en la Tabla II, el índice de cohesión es de 0,336, significa que del 100% de todas las posibles conexiones entre los investigadores se relacionaron 34%; es una red conexa porque tiene solo un componente, cada uno de los nodos es alcanzable desde cualquier otro nodo; el índice de centralización de la red, es de 0,179, indica que casi el 18% de los investigadores trabajan en estructura de estrella, en promedio los

investigadores trabajan con 4 investigadores internos o externos al centro. El número de nodos es de 462 porque se consideraron a los investigadores externos al centro, con los cuales trabajaron en coautoría.

5. Conclusiones

Al identificar la existencia de algunos grupos consolidados al interior del CICIMAR, aunque no existe relación entre ellos, y una estructura de red con muchas estrellas, lo cual tiene el problema de que si el nodo central desaparece se disuelve la estrella, se puede concluir que el CICIMAR necesita crear políticas que incentiven el trabajo colaborativo, para obtener mayor generación de conocimiento que contribuya a la solución a problemas del medio ambiente, fortaleciendo su posición como centro del IPN con mayor producción científica.

Tabla II
Índices del CICIMAR

Factores	Índices	Interpretación
Coefficiente de agrupamiento	0,336	El grado de cohesión de la red es de 34%
Número de componentes	1	1 componente
Diámetro de la red	9	9 es la distancia más grande entre dos nodos
Centralización de la red	0,179	La centralización del CICIMAR es de 17%
Distancia entre nodos	3,761	Los nodos están separados en promedio a 3 enlaces
Vecinos	3,926	En promedio cada nodo tiene 4 colaboraciones en coautoría
Número de nodos	462	Investigadores participantes internos y externos al CICIMAR

Fuente: Elaboración propia con base en las coautorías analizadas con el software CYTOSCAPE (2013).

Con respecto al análisis de la variable liderazgo productivo, un escenario para explicar que la mayor parte de los investigadores reportan un liderazgo productivo bajo se podría relacionar con las políticas institucionales de asignación de recursos, las cuales favorecen a aquellos con niveles altos de SNI, a quienes se les asigna mayor cantidad de recursos para realizar sus investigaciones, dejando a los investigadores menos productivos con menor presupuesto.

La variable comunicación permitió identificar a los nueve investigadores del CICIMAR con mayor influencia en la red, los cuales coinciden con niveles altos de liderazgo productivo y del SNI. Ellos son los investigadores que controlan la red del centro, ya que reciben mayor presupuesto para realizar sus investigaciones, por lo que se vuelven influyentes en la misma.

Con respecto a la variable cohesión, se puede concluir que dado que el 72% de los investigadores tienen índices de cohesión bajos, es claro que las actuales políticas de la creación de redes no han dado los resultados esperados, porque no existe trabajo en red. Las actuales políticas de investigación del IPN así como las de Conacyt incentivan el trabajo individual, por lo que los investigadores con mayor experiencia tienen grupos muy cerrados.

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, así como incluir investigadores jóvenes en los grupos de investigación consolidados para su formación; 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 promuevan la adhesión de investigadores jóvenes a los grupos más consolidados para fortalecer los cuadros de investigadores, que repercute en la generación de conocimiento para la solución a problemas del medio ambiente.

Notas

1. El SNI fue creado en México en 1984, para reconocer la labor de los investigadores dedicados a producir conocimiento científico y tecnológico. En paralelo al nombramiento se otorgan estímulos

económicos de acuerdo al nivel asignado en el sistema: candidato; nivel I; nivel II; nivel III y emérito, estos niveles se asignan de acuerdo a la productividad del investigador. El nivel de SNI de los investigadores, se consideró como una variable en el estudio por su relación directa con las variables de centralidad analizadas.

2. Nos referimos al término estrella cuando un investigador se ubica al centro y se encuentra rodeado por muchos nodos y no existen colaboraciones entre sus vecinos.

Bibliografía citada

Albornoz, Mario y Alfarez, Claudio (2006).

Redes de Conocimiento: Construcción, dinámica y gestión. Buenos Aires, Argentina. Editado por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana (RICYT). Pp.314.

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (2011). **Anuario Estadístico de Educación Superior 2011.** México. Disponible en <http://www.anuies.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>. Consulta realizada el 9 de enero de 2012.

CICIMAR (2013). **Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.** Disponible en <http://www.cicimar.ipn.mx>. Consulta realizada el 10 de abril de 2013.

Conacyt (2013). **Informe general del estado de la ciencia y la tecnología y la innovación.** México. CONACYT. Disponible en <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-tecnologia-2002-2011/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2002-2011-b/2414-2013>

informe-2013/file. Consulta realizada el 10 de abril de 2013.

De la Rosa, Francisco; Martínez, Rafael; González, Luis y Velasco, Francisco (2005). "Análisis de redes sociales mediante diagramas estratégicos y diagramas estructurales". **Redes-Revista hispana para el análisis de redes sociales.** Vol. 8, Nº 2. Barcelona, España. Pp. 27-52.

Diestel, Reinhard (2010). **Graph theory.** Heidelberg, Alemania. Editorial Springer-Verlag. 4a. edición. Pp. 435.

Freeman, Linton (2000). "Visualizing social networks". **Journal of Social Structure.** Vol. 1, Nº 1. California, USA. Pp.15-31.

Lopera, Hernando (2004). **Integración de redes de conocimiento: una responsabilidad de la biblioteca universitaria.** Disponible en Scientific Electronic Library Online: http://64.233.187.104/search?q=cache:s_MVD1pOVNoJ:eprints.rclis.org/archive/00003636/01/lopera.pdf+0%22Integraci%C3%B3n+d. Consulta realizada el 5 de julio de 2013.

Luna, Matilde (2004). "Itinerarios del conocimiento formas dinámicas y contenido. Un enfoque de redes". **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Vol. 1, Nº 3. Buenos Aires, Argentina. Pp. 237-241.

Newman, Mark (2003). "The structure and function of complex networks". **Society for Industrial and Applied Mathematics.** Vol. 45, Nº 2. Michigan, USA. Pp. 167–256.

Pérez, Yudit (2009). "Redes de Conocimiento". **Revista Ciencias de la Información.** Vol. 40, Nº 1. La Habana, Cuba. Pp. 3-20.

Prada, Ennio (2005). "Las redes de conocimiento y las organizaciones". **Revista Bibliotecas y Tecnologías de la información.** Vol. 2, Nº 4. Bogotá, Colombia. Pp. 16-25.

- REMA (2013). **Red de Medio Ambiente del IPN**. Disponible en <http://www.rema.ipn.mx>. Consulta realizada el 10 de marzo de 2013.
- Rivas, Luis (2007). "Nuevas Formas de Organización". **Estudios Gerenciales**. Vol. 18, N° 82. Cali, Colombia. Pp. 13-45.
- Saito, Rintaro; Smoot, Michael; Ono, Keiichiro; Ruscheinski, Johanness; Wang, Peng-Liang; Lotia, Samad; Pico, Alexander; Bader, Gary; Ideker, Trey (2012). A travel guide to Cytoscape plugins. *Nature Methods*. Vol. 9 N° 11. California, USA. Pp. 1069-1076.
- Sanz, Luis (2003). "Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes". **Apuntes de Ciencia y Tecnología**. N° 7. Madrid, España. Pp. 21-29.
- Sebastián, Jesús (2000). "Las redes de cooperación como modelo organizativo y funcional para la I+D". **Redes**. Vol. 7, No 015. Bernal Este, Argentina. Pp. 97-111.
- Shannon, Paul; Markiel, Andrew; Ozier, Owen; Baliga, Nitin; Wang, Jonathan; Ramage, Daniel; Amin, Nada; Schwikowski, Benno; Ideker, Trey (2003). Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. **Genome Research**. Vol. 13, N° 11. California, USA. Pp. 2498-2504.
- Smoot, Michael; Ono, Keiichiro; Ruscheinski, Johannes; Wang, Peng-Liang & Ideker, Trey (2011). Cytoscape 2.8: new features for data integration and network visualization. **Bioinformatics**. Vol. 27, N° 3. California, USA. Pp. 431-432.