



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS  
AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD ZACATENCO**

**PROGRAMA DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA LA SOCIEDAD**

## **“Análisis de la robustez de las comunidades científicas mexicanas mediante sus redes de colaboración”**

### **Resumen:**

La ciencia en México y su colaboración científica es una práctica que ha ayudado a fomentar la investigación entre científicos, instituciones académicas e industria. En donde para poder acrecentarla es necesario muchas veces crear vínculos para descentralizarla y crear robustez (tolerancia a eventos intencionados o no intencionados) entre las comunidades científicas.

Hay mecanismos que nos permiten analizar esto, uno de estos mecanismos es la aplicación de la teoría de redes, la cual nos apoya para trazar rutas, comunidades, regiones, etc y así poder visualizar la investigación desde varios ámbitos.

En la actualidad el análisis de redes nos puede permitir medir la intensidad del estado de un nodo y como este puede afectar el comportamiento colectivo dentro de ella, como su estructura, ya que no es más que una medida de centralidad. El poder analizar algunas de estas dentro de una comunidad o red de colaboración científica nos dará la pauta para determinar la vulnerabilidad o fortaleza de sus nodos y así proponer o predecir alternativas que supliere en caso de interrupción con algunos de ellos o un reajuste de nodos dentro de la comunidad o red.

Por tal motivo en este trabajo de investigación se analizarán características y elementos que conforman la robustez de algunas redes de colaboración científica como lo son las redes temáticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), entre ellas la red de Física de altas energías (FAE), red de código de barras de la vida en México, red Latinoamericana en Tecnologías de la Educación (red LATE) y red para el tratamiento y prevención de la Obesidad (red TPO). Estas redes servirán de base para determinar bajo qué modelo o esquema de teoría de redes se desarrollan o desempeñan a través de los años, desde su creación a la fecha, y con ello se pueda crear un modelo que sirva para emular diferentes redes, creadas con diferentes supuestos y así determinar la robustez de esta, vista desde los diferentes componentes conexos en las que un grafo puede dividirse o verse vulnerable y que produzca un fallo desde sus números de vértices hasta a la comunidad parcial o completa pudiendo afectar el desempeño de la red.

### **PROTOCOLO**

Que presenta

**Marisol Vázquez Tzompantzi**

**Directores de Tesis:**

**Dr. Eduard de la Cruz Burelo**

Investigador CINVESTAV

**Dr. Ruy Fabila Monroy**

Investigador CINVESTAV

# Objetivos

## **General**

Desarrollar un escenario de interrupción (alterar la vulnerabilidad) a una red simulada bajo los esquemas que conforman e integran a algunas de las redes temáticas Conacyt y así poder detectar patrones de actores, grupos de colaboración científica y mecanismos de acción que puedan integrarse a la misma, para su restablecimiento a un estatus óptimo y con ello analizar la robustez de la red.

## **Específicos**

Analizar y detectar las características de algunas de las redes temáticas Conacyt como la red de Física de altas energías (FAE), red de código de barras de la vida en México, red Latinoamericana en Tecnologías de la Educación (red LATE) y red para el tratamiento y prevención de la Obesidad (red TPO), que permitan caracterizarla en un modelo de redes.

Crear un modelo que sirva para emular dichas características que conforma a estas redes temáticas Conacyt.

Detectar mecanismos que sirvan de soporte alternativo a los componentes de una red ante una interrupción simulada.

# Hipótesis

El modelo de teoría de redes que rige a una red temática Conacyt es independiente de sus características adquiridas a través del tiempo (nueva creación, media consolidada y consolidada) y por tal contiene elementos suficientes para sobrellevar propiamente cualquier interrupción o desarmonización dentro de ella con la detección de actores y/o comunidades que puedan ayudar a estas a favorecer el mantenimiento de la robustez de la red sin afectarla o a su interrelación.

# Relevancia

Formamos parte de diversas redes, fungiendo como grafo o como arista, independientes o colaborativos en diversas temáticas de la vida cotidiana [5], dada la necesidad de estructurar y modelar muchas de estas características la teoría de redes y el análisis de las redes sociales han creado modelos y mecanismos para la caracterización y exploración cuantitativa de elementos de información, centrándose en los parámetros de la conectividad dada de la iteración de actores sociales y sus implicaciones en ella. En este trabajo de tesis se pretende hacer un análisis exhaustivo de las estructuras cuantitativas de una red, para con ello ir

detectando su robustez al determinar mecanismos de acción en situaciones que puedan afectar la vulnerabilidad de la red. Se tiene por objeto caracterizar el tipo de red que conforma algunas de las redes de la ciencia actual según su tipo y tamaño, estableciendo en primer criterio la selección de algunas de las redes temáticas Conacyt y, en segundo lugar, un análisis de estas redes, a través de las teorías que estudian el comportamiento y la dinámica estructural a través del tiempo, y los factores que pueden afectar la vulnerabilidad de una red temática, así como implementar mecanismos de evaluación en redes.

## Pertinencia

Para apoyar y fomentar la ciencia y su colaboración en México, así como con otros países, el gobierno federal ha concentrado los principales organismos para la formulación de políticas públicas, así como la coordinación de los recursos destinados al fomento de la ciencia y tecnología. Entre ellos los más importantes son el Conacyt, este último está apoyando la creación de redes temáticas; una de ellas es la Red de Física de Altas Energías (FAE) es una red creada a partir de seis propuestas seleccionadas en segunda fase de la Convocatoria de Conacyt, promoviendo la cooperación científica multidisciplinaria, en torno a problemas de frontera relacionados con la producción y detección de radiación y partículas [2].

Sin embargo, hasta ahora no se ha analizado la robustez de redes de colaboración científica en México como las redes temáticas Conacyt y así detectar su influencia en procesos grupales e interaccionales, como la eficiencia del grupo o comunidad a la hora de resolver problemas, con la percepción del liderazgo [1].

## Antecedentes

La teoría de grafos o teoría de redes tuvo su inicio con el matemático Leonhard Euler en 1736, el cual planteó el problema de los siete puentes Königsberg, la cual consistía en encontrar una ruta que cruzara la ciudad, pasando una sola vez por cada uno de los puentes y regresando al punto de partida, fue representado con puntos las colindancias y los puentes por una línea cada una [5].

Los fenómenos de internacionalización también se han modelado con el concepto de redes sociales (rama de teoría de redes), como es el caso donde se describe el concepto de ciencia del mundo, la considera colectivizada por la centralidad de una red transnacional estratificada por las redes de otros continentes (M. Leclerc, J. Gagni, 1994).

El análisis de redes sociales surgió como parte de los estudios sociométricos implementados por Jacob Moreno en 1934, el cual consistía en un diagrama bidimensional en el que los protagonistas o actores se representaban con puntos y sus relaciones entre ellos con líneas para indicar si tenían alguna conexión directa. Fue con ello que se pretendía identificar líderes, cadenas de interconectividad y otros mecanismos de relación dentro de un grupo. De aquí parte algunas teorías de redes en donde se identifica al actor que tiene más popularidad por tener más líneas de conexión con otros actores y por consiguiente destaca del resto

(Sánchez, 1995).

En el trasfondo de las redes sociales se han caracterizado y creado modelos matemáticos para su optimización, análisis, estudio y aplicaciones, como es el caso en el que ha participado el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) el cual ha desarrollado una metodología que permite clasificar los elementos de una red en función de su importancia para así detectar la raíz y el movimiento de pandemias y epidemias bacteriológicas (Konstantin Klemm, M. Ángeles Serrano, et. al, 2012).

En el análisis de investigación de comunidades científicas se puede mencionar al análisis de la Biodiversidad en la Web of Science (WoS) (Lima, Liberman, Russell, 2005), así también como las publicaciones de (Marruecos, Argelia, Túnez y Egipto), sus patentes, transformación en la estructura y composición de las colaboraciones científicas del 2003-2013 en el WoS (Claudia N. González Brambila, 2014).

Para la optimización de la esquematización de las red se han creado modelos como es el caso de la comparación con modelos tradicionales por Pu Han para determinar la efectividad de esta (Pu Han, Jin Shi, Xiaoyan Li, Dongbo Wang, Si Shen, Xinning Su, 2014), en otros casos se han tratado de crear formulación de políticas basadas en la predicción de los sistemas sociales (simulación basada en agentes con SKIN (Simulating knowledge dynamics in innovation networks) (Fabio Landini, Franco Malerba, Roberto Mavilia, 2015).

Como tal no solo se han analizado publicaciones de la WoS, sino que también se han realizado análisis de colaboración y publicaciones del 2000 al 2011 de LIS (library and information science) (Carlo Caputo, Jaime Requena, Domingo Vargas, 2012).

Otros estudios se han involucrado con la situación en México con respecto a las publicaciones con otros países categorizada por escuelas empleando técnicas de detección de comunidades como el caso de la Universidad Nacional de México en donde se analizaron tres grupos de trabajo en el área de Biotecnología, física y matemáticas para detectar el consenso y cohesión entre estos grupos (Jane M. Russell, 1995).

Así también se ha realizado un análisis de las publicaciones en México por parte de la UNAM, I.P.N., CINVESTAV y otras escuelas a nivel nacional (M. Russell, Yoscelina Hernández, Mina Kleiche-Dray, 2016).

# Metodología

## **Caso de estudio**

Para este trabajo de tesis se analizarán alguna de las redes temáticas de Conacyt como la red de Física de altas energías (FAE), red de código de barras de la vida en México, red Latinoamericana en Tecnologías de la Educación (red LATE) y red para el tratamiento y prevención de la Obesidad (red TPO).

Estas redes fueron seleccionadas con base a criterios de accesibilidad para recopilar la información de los integrantes de la red, así como su modalidad temporal como red consolidada, media consolidada y reciente creación.

## **Recolección de datos**

Para la obtención de la información que caracterizará las redes se hará uso del Software Pyscholar, es una librería de código abierto realizado en Python, el cual tiene implementado

varias funciones que ayudaran en el proceso de extracción de la información directamente con Scopus (base de datos bibliográfica), así también apoyara en la caracterización de las redes en formato graphml, que no es más que una extensión vinculada al Software Gephi.

Una vez recolectado la información necesaria para graficar las redes, se procederá a (ver figura 1):

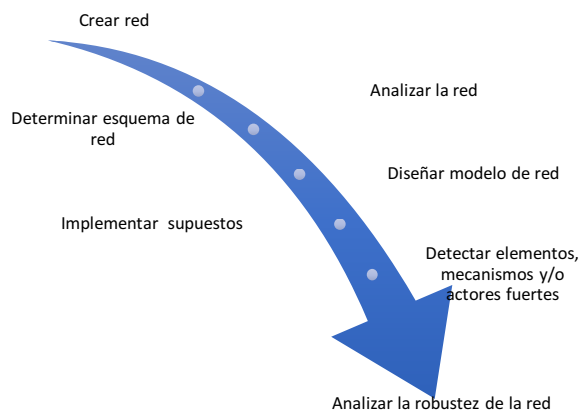


Figura 1. Metodología para el análisis de la robustez de una red temática.

**Crear** las redes para poder visualizarlas en gephi,

**Analizar** las características básicas de las redes, así como los elementos mas dominantes en las redes,

**Determinar** modelo de las redes,

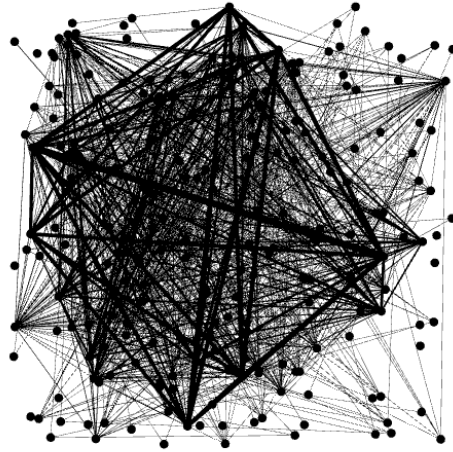
**Diseñar** modelo en el software R para simularlas con base al modelo en el que estan caracterizadas,

**Implementar** diferentes supuestos que puedan afectar la vulnerabilidad de la red y/o grupos de trabajo o colaboración,

**Detectar** elementos, mecanismos y/o actores que den soporte a la red y/o grupos de trabajo.

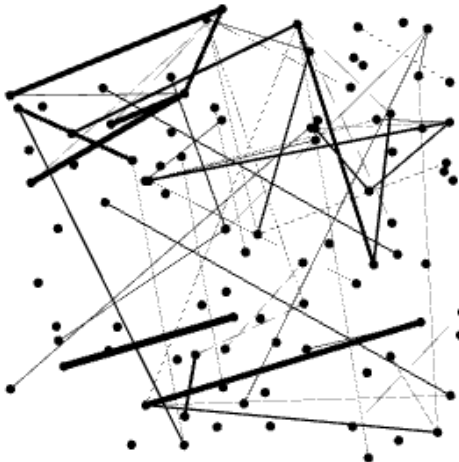
### Creación de redes

1.-**Red FAE**, esta red se ha creado con los integrantes que pertenecen a la red temática de Física de altas energías de Conacyt (ver grafo 1).



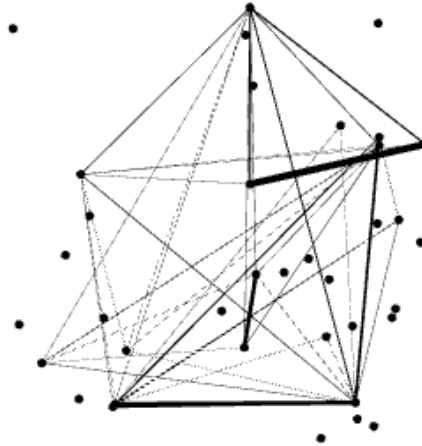
*Grafo 1. Red FAE.*

2.- **Red Código de Barras de la Vida** en México, es una analogía con el código de barras del supermercado, donde se marca el ADN de los seres vivos como un código de barras, y está integrada por científicos especializados en temas de genomas y genética molecular.



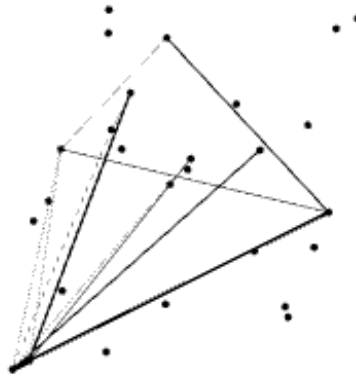
*Grafo 2. Red código de barras.*

3.- **Red TPO**, está integrada por grupos de trabajo dedicados a la investigación y el desarrollo de mecanismos estratégicos para la prevención y el tratamiento de la obesidad y sus comorbilidades cuyo objetivo es fomentar la colaboración y la vinculación de la ciencia en México [7] (ver grafo 4).



*Grafo 3. Red TPO.*

4.- **Red LATE**, es una red conformada por investigadores, líderes académicos y la industria con el fin de incentivar la investigación, innovación y desarrollo tecnológico especializado o en la formulación de iniciativas legislativas asociados a temas de informática educativa, cómputo educativo, robótica pedagógica y en áreas afines a la tecnología educativa [6] (ver grafo 4).



*Grafo 4. Red LATE.*

## Análisis de las redes

Una vez que ya se tienen creadas las redes, toca ahora analizar la estructura de la red en general, estos factores de análisis son los siguientes (ver tabla 1):

- *Grado medio* es el número medio de conexiones de los nodos de la red.
- *Diámetro* de la red es la distancia más corta entre los nodos más lejanos
- *Densidad del grafo* muestra que tanto la red está cerca de ser una red completa, la cual debe acercarse a 1.
- *Distancia media del grafo* entre todos los pares de nodos.
- *Componentes conexos*, es el número de componentes conectados en una red.
- *Triadas* incluyen el equilibrio, la transitividad, la homofilia y los círculos o lugares de encuentro.
- *Intermediación* mide la frecuencia con la que un nodo aparece en el camino más corto entre nodos de la red.
- *Cercanía*, mide la distancia media desde un nodo inicial a todos los demás nodos de la red.
- *Excentricidad*, es la distancia desde un nodo a el nodo más alejado de el en la red.
- *Coefficiente de clustering*, indica como los nodos están incrustados entre sus nodos vecinos.
- *Centralidad de vector propio* es la medida de la importancia de un nodo en la red, basada en sus conexiones.

Red Código de Barras de la vida	2009 creándose	2017
Distancia de la Red	0	0
Número de Nodos	35	104
Número de Aristas	15	69
Grado promedio con pesos	<b>2.686</b>	<b>2.75</b>
Grado promedio	0.857	1.327
Densidad	0.025	0.013
Diámetro	4	12
Radio	<b>0</b>	<b>0</b>
Distancia media del grafo	1.5	4.791196388
Modularidad	<b>0.791</b>	<b>0.776</b>
Número de Comunidades	22 (7)	55
Componentes débilmente conectados	22	55
Coefficiente promedio de agrupación	0.6	0.374
Número de triadas	2	13

Tabla 1. Elementos básicos de análisis (red de Código de barras de la vida).



Nombre	Descripción	Artículos similares
<b>Scientometrics</b>	<p>se ocupa de las características cuantitativas y las características de la ciencia y la investigación científica. Se hace hincapié en las investigaciones en las que el desarrollo y el mecanismo de la ciencia se estudian mediante métodos matemáticos estadísticos.</p> <p>Impact Factor 2.147</p>	<p><b>Fabio Landini, Franco Malerba, Roberto Mavilia.</b> (2015). The structure and dynamics of networks of scientific collaborations in Northern Africa. <i>Scientometrics</i>. 1787–1807</p> <p><b>Jane M. Russell.</b> (1995). The Increasing Role of International Cooperation in Science and Technology Research in Mexico. <i>Scientometrics</i>. 45–61.</p> <p><b>Mariana Lima, Sofía Liberman, Jane M. Russell.</b> (2005) Scientific Group Cohesiveness at the National University of México. <i>Scientometrics</i>. 55–66.</p>
Social Networks	<p>Es una publicación interdisciplinaria e internacional trimestral. Proporciona un foro común para representantes de la antropología, la sociología, la historia, la psicología social, la ciencia política, la geografía humana, la biología, la economía, las ciencias de la comunicación y otras disciplinas que comparten un interés en el estudio de la estructura empírica de relaciones sociales y asociaciones que pueden expresarse en forma de red.</p> <p><b>Factor de impacto:</b> 2.931 (2011)  <b>Abreviatura:</b> Soc. Networks</p>	<p><b>Peter Kardos, Bernhard Leidner, Csaba Pléh, Péter Soltész, Zsolt Unoka</b> (2017). Empathic people have more friends: Empathic abilities predict social network size and position in social network predicts empathic efforts. <i>Social Networks</i>. 1 – 5.</p> <p><b>David Schoch, Thomas W. Valente, Ulrik Brandes</b> (2017). Correlations among centrality indices and a class of uniquely ranked graphs. <i>Social Networks</i>. 46-54.</p> <p><b>XiaohangZhang, JiZhu, Qi Wang, Han Zhao</b> (2013). Identifying influential nodes in complex networks with community structure. <i>Social Networks</i>. 74-84.</p>

<p><b>Journal of Informetrics (JOI) en Elsevier</b></p>	<p>Publica una rigurosa investigación de alta calidad sobre aspectos cuantitativos de la ciencia de la información. El foco principal de la revista está en temas de bibliometría, scientometrics, webometrics y altmetrics. Se alientan especialmente las contribuciones que estudian los problemas informáticos utilizando métodos procedentes de otros campos cuantitativos, como las matemáticas, las estadísticas, la informática, la economía y la econometría, la investigación operativa y la ciencia en red. JOI publica trabajos tanto teóricos como empíricos.</p> <p>En general, los estudios de caso, por ejemplo un análisis bibliométrico centrado en un campo específico de investigación o en un país específico, no se consideran adecuados para su publicación en JOI, a menos que contengan elementos metodológicos innovadores.</p> <p>Impact Factor: <b>2.920</b></p>	<p><b>Tanya Araujo, Elsa Fontainha (2017).</b> The specific shapes of gender imbalance in scientific authorships: A network approach. Journal of informetrics, 88-102.</p> <p><b>Filippo Radicchi, Alexander Weissman, Johan Bollen (2017).</b> Quantifying perceived impact of scientific publications. Journal of Informetrics, 704-712.</p> <p><b>Tahereh Dehdarirad, Stefano Nasini (2017).</b> Research impact in co-authorship networks: a two-mode analysis. Journal of Informetrics, 371-388.</p> <p>Michele Bellingeri, Davide Cassi. (2017). Robustness of weighted networks. Physica A.</p>
---	---	--

# Referencias bibliográficas

- Carlo Caputo, Jaime Requena, Domingo Vargas.** (2012). Life sciences research in Venezuela. *Scientometrics*. 781–805.
- Claudia N. González Brambila.** (2014). Social capital in academia. *Scientometrics*. 1609–1625.
- David Schoch, Thomas W. Valente, Ulrik Brandes** (2017). Correlations among centrality indices and a class of uniquely ranked graphs. *Social Networks*. 46-54.
- Fabio Landini, Franco Malerba, Roberto Mavilia.** (2015). The structure and dynamics of networks of scientific collaborations in Northern Africa. *Scientometrics*. 1787–1807
- Iván Hurtado, Josefina Toro.** (1998). Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio. *Episteme Consultores Asociados C. A.* 55.
- Jane M. Russell.** (1995). The Increasing Role of International Cooperation in Science and Technology Research in Mexico. *Scientometrics*. 45–61.
- J. Moreno.** (1953) *Who Shall Survive? Foundations of Sociometry, Group Psychotherapy and Sociodrama.* Beacon, NY. 763.
- Kadushin, Charles** (2013), *Comprender las redes sociales: Teorías, conceptos y hallazgos.* Centro de Investigaciones Sociológicas: Clásicos contemporáneos, 305.
- Konstantin Klemm, M. Ángeles Serrano, et. al** (2012). A measure of individual role in collective dynamics. *Scientific reports*, 2-292.
- LC. Freeman.** (1979) Centrality in Social Networks. *Soc. Netw.* 215-239.
- Linton C. Freeinan** (2000). University of California at Irvine. *Política y Sociedad.* Madrid. 131-148.
- Maria Isabel Sanchez Balmaseda** (1995). *Análisis de redes sociales e historia: Una metodología para el estudio de redes clientelares.* Facultad de Filosofía, Departamento de lógica y filosofía de la ciencia. 12.
- Mariana Lima, Sofía Liberman, Jane M. Russell.** (2005) Scientific Group Cohesiveness at the National University of México. *Scientometrics*. 55–66.
- M.E.J Newman** (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Reviews*. 45:167–228.
- M. Leclerc, J. Gagni.** (1994). International Scientific Cooperation: the Continentalization of Science. *Scientometrics*. 261–292.
- M. Russell, Yoscelina Hernández, Mina Kleiche-Dray.** (2016). Collaboration dynamics of Mexican research in Chemistry. *Scientometrics*. 283–316.
- Michele Bellingeri, Davide Cassi.** (2017). Robustness of weighted networks. *Physica A*.
- Peter Kardos, Bernhard Leidner, Csaba Pléh, Péter Soltész, Zsolt Unoka** (2017). Empathic people have more friends: Empathic abilities predict social network size and position in social network predicts empathic efforts. *Social*

Networks. 1 – 5.

**Petra Ahrweiler.** (2017). Agent-based simulation for science, technology, and innovation policy. *Scientometrics*. 391–415.

**Phillip Bonacich** (1987), Power and Centrality: A Family of Measures. *American Journal of Sociology*. 1170-1182.

**Pilar Marqués, Marta E. González, et. al** (2013). El análisis de las redes sociales. Un método para la mejora de la seguridad en las organizaciones sanitarias. *Revista Especializada en Salud Pública*. 209-219.

**Filippo Radicchi, Alexander Weissman, Johan Bollen** (2017). Quantifying perceived impact of scientific publications. *Journal of Informetrics*, 704-712.

**Pu Han, Jin Shi, Xiaoyan Li, Dongbo Wang, Si Shen, Xinning Su.** (2014). International Collaboration in LIS: Global trends and networks at the country and institution level. *Scientometrics*. 53–72.

**Stanley Wasserman, Katherine Faust.** (2008) *Social Network Analysis. Methods and Applications*. Cambridge University Press; 825(pp35).

**Tanya Araujo, Elsa Fontainha** (2017). The specific shapes of gender imbalance in scientific authorships: A network approach. *Journal of informetrics*. 88-

102.**Tahereh Dehdarirad, Stefano Nasini** (2017). Research impact in co-authorship networks: a two-mode analysis. *Journal of Informetrics*, 371-388.

**T. Opsahl, F. Agneessens, J. Skvoretz.** (2010) Node centrality in weighted networks: generalizing degree and shortest paths. *Soc. Networks* 245–251.

**XiaohangZhang, JiZhu, Qi Wang, Han Zhao** (2013). Identifying influential nodes in complex networks with community structure. *Social Networks*. 74-84.

## Lista de referencias

[1] Iván Hurtado, Josefina Toro (1998). *Paradigmas y Métodos de investigación en tiempos de cambio*. Episteme Consultores Asociados C. A., Venezuela, 55.

[2] <http://www.matem.unam.mx/actividades/congresos/2017/xxxi-coloquio-victor-neumann-lara-de-teoria-de-las-graficas-combinatoria-y-sus-aplicaciones>

[3] <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/presentaciones/12887-red-fisica-altas-energias-dr-de-la-cruz/file>

[4] Pilar Marqués, Marta E. González, et. al (2013). El análisis de las redes sociales. Un método para la mejora de la seguridad en las organizaciones sanitarias. *Revista Especializada en Salud Pública*. 209-219.

[5][https://www.researchgate.net/publication/49216029\\_Introduccion\\_al\\_analisis\\_de\\_redes](https://www.researchgate.net/publication/49216029_Introduccion_al_analisis_de_redes).

[6] <http://redlate.net/>

[7] <https://redtpo.com/>