

Redes de conocimiento históricas desplazadas a México del Ex-bloque Soviético¹.

Cristina Pizzonia²
Ángel José Martínez Salinas³

Introducción

La formación académica de los científicos y artistas de la ex URSS estuvo fuertemente influenciada por una estrategia de desarrollo de las ciencias y artes llevadas a cabo de manera coordinada para los quince países que formaba el Bloque Soviético y que tuvieron por objetivo el progreso económico a partir del desarrollo de conocimiento científico tecnológico. En ese sentido se privilegiaron las ciencias duras con una

¹ Investigación en el marco del proyecto 334333 directoras del estudio; Profesoras Cristina Pizzonia Barrionuevo (UAM X), Susana Masseroni (IIGG UBA).

² Profesora investigadora del Departamento de Relaciones Sociales. División de Ciencias Sociales y Humanidades Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. pizzonia@correo.xoc.uam.mx.

³ Asistente de investigación en Departamento de Relaciones Sociales. División de Ciencias Sociales y Humanidades Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Alumno de la Maestría en el Posgrado de Ciencias de la Complejidad de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. angel.martinez.salinas@estudiante.uacm.edu.mx

formación de alto nivel expresada en los numerosos premios internacionales obtenidos como el Nobel o el Fields para el área de matemáticas.

Esta formación superior no se constituyó de inicio como de élite, sino que abrevó de los talentos que el propio Estado, a través de las instancias educativas, de los jóvenes que demostraban poseer capacidades para la investigación, la ciencia y las artes, a quienes se les ofrecían las condiciones para su desarrollo. En cualquier país, el poder de la ciencia radica en el poder que le otorgue el sistema en el que se desarrolla (Sanchez Ron J. 2011 [2007], Tortella, R. 1993), y ese poder fue incuestionablemente importante, de un alto nivel científico y abierto a toda la población que demostrara la suficiente capacidad para su desarrollo.

En este contexto, se crearon nuevas universidades y se fortalecieron las existentes, generando un *ethos* de reconocimiento de los hombres de ciencia señeros en sus respectivas disciplinas y de reconocimiento de las *alma mater* de su formación.

En este trabajo, rescatamos las entrevistas a científicos y artistas del ex Bloque Soviético radicados en México, en relación a las menciones que estos realizan de sus instituciones de formación, así como de quienes son considerados los grandes maestros históricos en sus disciplinas. Con estas menciones, proponemos reconstruir posibles redes de reconocimiento hacia sus ancestros científicos o artísticos y sus instituciones de formación: que son indicadores de un conjunto de dimensiones, tales como la reconstrucción de un pasado común en la ciencia, su nivel científico y una formación, en términos institucionales, que los ha unido. Esto permite reconstruir las conexiones entre los entrevistados, utilizando herramientas de la teoría de grafos que nos permiten establecer redes de menciones comunes en esas variables. Lo interesante de este ejercicio es que, a partir de las entrevistas, se ha podido recuperar estas consideraciones comunes, expresarlas numéricamente y modelar el comportamiento de los entrevistados, utilizando el análisis de redes a través de la teoría de grafos, que nos permite visualizar gráficamente la red de los entrevistados.

Objetivo

El objetivo del trabajo es la realización de un ejercicio de reconstrucción de las posibles relaciones entre entrevistados que no tienen relaciones directas entre sí, en las variables consideradas –mención de fundadores y de *alma mater*-, a través del desarrollo de una técnica de complejidad que nos permite localizar dichas conexiones por medio de la Teoría de Grafos, misma que posibilita la representación gráfica de las relaciones mencionadas, y la explicación de cada elemento revisando su importancia en las redes construidas.

Análisis de redes y teoría de grafos

Para la teoría de grafos una red es un conjunto compuesto de nodos y enlaces que tienen una distribución espacial específica, lo que nos permite trazar grafos con puntos y líneas, en otras palabras, las redes son "*grafos que consisten en nodos, enlaces, y una función de mapeo que define cómo los nodos se conectan entre sí*" (Lewis, 2011: 23). La distribución espacial establece el mapeo de nodos ordenados en pares, visualmente es la unión por una línea de puntos distribuidos en un espacio.

La exploración de redes básicamente explica las uniones entre dos puntos, los caminos entre ellos, los puntos que se conectan entre sí y los que no lo hacen; además de cómo la agregación de puntos a la red, enlazados o no a todos los puntos, muestran una estructura posible a partir de las interacciones del conjunto constituido por líneas (enlaces) y puntos (nodos).

En el caso de las personas es posible interpretar cruces, semejanzas, conjunciones o nexos sobre un tema o procesos sociales específicos, con el apoyo de líneas y puntos. Para este propósito la teoría de redes estudia y explica las propiedades de la red, que consisten en medidas locales, que indican la importancia de ciertos nodos (Intermediación), puntualizan la relación entre nodos (Coeficiente de agrupamiento), así como medidas globales o de estructura que nos describen el camino más largo (Diámetro) y el más corto (Radio) de la red. Estos son los conceptos básicos que nos permiten analizar y construir distintos tipos de redes a partir de la teoría de grafos.

La primera forma de trazar el grafo a la que haremos referencia, es la red dirigida, en la que se traza un origen (nodo de origen) y un destino (nodo de destino), dibujando el enlace por medio de una línea con punta de flecha. Este grafo es utilizado para trayectorias de conexión causal

El segundo tipo de red es la no dirigida, en la que los nodos se unen con una línea que representa el enlace, con el objetivo de establecer conexiones. En ambas redes los componentes son un pares de nodos unidos por enlaces.

La utilización de redes no dirigidas es más frecuente en la medida en que en muchas situaciones reales no existe o es difícil establecer conexiones causales o antecedentes.

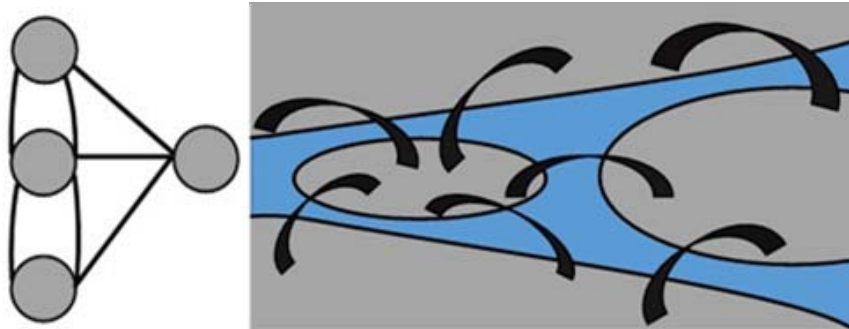
"Las redes son gráficos que representan algo real" (Lewis, 2011: 6). Las redes no dirigidas se ajustan a muchas condiciones de construcción, como la que especificamos en este trabajo.

Definir un conjunto de nodos y enlaces es muy abstracto, requiere no solo delimitar un grupo con determinadas características, sino considerar proposiciones moleculares que proporcionen *"énfasis al análisis de las relaciones como interfaces, como sinapsis, como interacciones, interconexiones e interdefiniciones de unidades"* (Gonzalez Casanova, 2005: 379). Es decir se consideran conglomerados en que se puedan definir parejas ordenadas, ya que en *"el análisis de redes, se describen y estudian las estructuras relacionales que surgen cuando diferentes organizaciones o individuos interactúan, se comunican, coinciden, colaboran, etc., por medio de diversos procesos o acuerdos, que pueden ser bilaterales o multilaterales."* (Cárdenas, 2016: 63).

Los orígenes de la teoría de grafos se encuentran en Leonhard Euler, quien en 1736 escribe «Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis», reflexionando en torno a un problema de 7 puentes (conectores, enlaces) localizados en el río Prege de la ciudad de Königsberg *"(el antiguo nombre que recibía la actual ciudad rusa de Kaliningrado), que durante el siglo XVIII formaba parte de Prusia Oriental"* (Lucas, 2013: 234). El río dividía la ciudad en 4 regiones (puntos, nodos). La solución del problema consistía en encontrar un recorrido que tomara todos los caminos, comenzando desde cualquier región, que pasara por todos los puentes una sola vez por cada uno de ellos y

regresando al mismo punto de partida. La respuesta es que no hay camino que cumpla las condiciones pero para probarlo había que hacer varios recorridos.

Figura 1. Grafo conjunto de nodos y enlaces. Problema de los 7 puentes de Königsber



Fuente: Elaboración propia en base a Lucas (2013: 235)

Euler usó una abstracción para generalizar la solución al problema por medio de una representación lógica de los caminos para llegar de un punto a otro, que representó en una figura parecida a la que encontramos en la Figura. 1 en la que hay una estructura de puntos y enlaces, que es una solución matemática para espacios con acceso limitado. Esta cumple con las condiciones del problema, especifica que los caminos intermedios tienen que ser pares, en la lógica en que si hay una entrada a un punto tiene que existir una salida. Como vemos en el grafo representado en Figura 1, todos los puntos cuentan con caminos impares, de cada punto salen 3 caminos como mínimo; así demostró con un grafo que no hay solución que cumpla las condiciones del problema, esto no sólo evitó caminatas, sino que logró formalizar un conjunto de nodos y enlaces, mostró una nueva forma de sistematizar información, y fue un antecedente de la teoría de grafos, con consecuencias matemáticas importantes *"la generalización del resultado de Euler en poliedros convexos dio lugar de la mano de Cauchy a la topología"* (Lucas, 2013: 234). Esta teoría posibilita usar información ordenada en pares en un espacio, y con un grafo construir los caminos posibles en esa estructura. En nuestro ejercicio recurrimos a la teoría de grafos para reconstruir posibles redes de reconocimiento a instituciones de formación de científicos y artistas destacados en sus disciplinas, así como el reconocimiento de los personajes que consideraron importantes en su formación. Para construir la red definimos a los entrevistados como nodos y los enlaces son las

menciones de los centros de formación que compartieron y de los científicos o artistas que consideraron señeros en sus disciplinas.

De este modo, se cumplen las condiciones para indagar en los caminos de la red, si bien contamos sólo con 31 nodos, es posible un análisis práctico, utilizando dos medidas locales

- Intermediación; muestra el nodo más transitado de la red, por medio de los caminos, que pasan por dicho nodo, y conectan a otros nodos
- Coeficiente de agrupamiento; indica cómo se conectan entre los vecinos de un nodo, especifica que tan fuerte es la conectividad de la red

Ambas medidas nos dan información sobre la conexión fuerte o débil de los elementos de la red porque la relación de los nodos nos va dar un grafo que *"puede producir patrones, funcionalidades y propiedades que no pueden existir en el nivel micro"* (Page Scott, 2015: 32).

Formalmente podemos definir el grafo o red representado como G de la siguiente forma:

$$G = (N, E, f)$$

donde

$N = \{no_1, no_2, no_3, \dots, no_n\}$ son nodos; $n = |N|$ número total nodos en N

$E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_m\}$ son los enlaces; $m = |E|$ número total de enlaces en E

$f = E \rightarrow N \times N$ mapea enlaces en pares de nodos

Sistematización y análisis de la información

La fuente de información de este trabajo son 31 entrevistas realizadas a científicos y artistas del ex Bloque Soviético radicados en México. las instituciones en las que estudiaron son similares en sus niveles de excelencia, se mencionan la Universidad Estatal de Moscú Lomonósov, Universidad Estatal de Kazajstan Facultad de Matemáticas Aplicadas, Academia de Ciencias de Moscú, Instituto de Ciencias de Control de la

Academia de Ciencias Rusa y Academia de Música F. Chopin de Varsovia. Estos centros de formación se clasificaron en Universidades, Institutos y Academias.

Asimismo coincidieron en la mención de personajes importantes en sus disciplinas. Cuya mención compartida nos permite reconstruir posibles redes de reconocimiento enlazadas por esas coincidencias.

Para construir la red usamos el programa Cytoscape. Los datos se ingresan en pares ordenados y el *query* muestra el conjunto de nodos y enlaces, las medidas locales sobre los caminos de los nodos, así como una forma de ver las conexiones en una distribución.

El primer paso fue considerar a los 31 entrevistados como nodos y numerarlos en orden ascendente, considerando la fecha de entrevista, el enlace lo identificamos en las coincidencias en los centros de formación, Universidad, Instituto o Academia y los científicos o artistas señeros en sus disciplinas.

En la Tabla 1 podemos apreciar los nodos ordenados por centro de formación, las menciones fueron confirmadas en sus Curriculum Vitae:

Tabla 1. Menciones de centro de formación e identificación de entrevistados

<i>Centros de formación</i>	<i>No. Menciones en los 31 entrevistados</i>	<i>Entrevistados</i>
Universidad	12	1, 2, 4, 5, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 27 y 28
Instituto	10	2, 12, 14, 20, 22, 24, 26, 29, 30 y 31
Academia	7	6, 7, 8, 9, 10, 11 y 13

Fuente: Elaboración propia en base a 31 entrevistas

Respecto de los científicos y artistas reconocidos por los entrevistados, en las 31 entrevistas realizadas hay un total de 126 menciones. Siete personajes fueron nombrados más de una vez sumando 15 menciones en total que mostramos en la Tabla 2:

Tabla 2. Menciones de personajes señeros e identificación de entrevistados

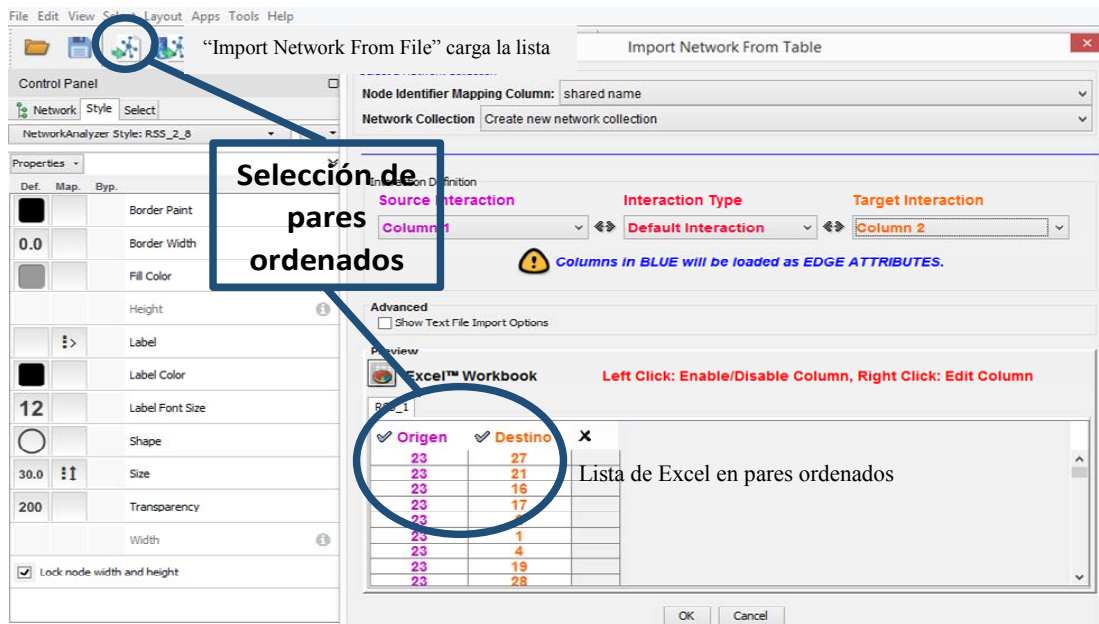
<i>Personaje</i>	<i>Disciplina</i>	<i>No. Menciones en los 31 entrevistados</i>	<i>Entrevistados</i>
Leonhard Paul Euler	Matemático	3	4, 20 y 24
Grigori Perelmán	Matemático	2	2 y 20
Serguéi Mijáilovich Eisenstein	Cinematográfico	2	4 y 13
Vladimir Teodórovich Spivakov	Violinista	2	9 y 13
Lev Davidovich Landau	Físico	2	12 y 14
Stefan Banach	Matemático	2	17 y 30
Serguéi Pávlovich Koroliov	Ingeniero	2	21 y 25

Fuente: Elaboración propia en base a 31 entrevistas

Asimismo, hubo 111 menciones de importantes escritores entre los que destacan Stanislaw Lem, Nikolái Gógol, Lev Tolstói, Antón Chéjov y Fiódor Dostoyevski, que no se corresponden con los pares construídos y que pueden ser nombrados en futuras entrevistas con lo que se convertirían en posibles enlaces de los nuevos nodos.

Con los datos de la Tabla 1 y 2 se construyeron pares ordenados en una hoja de cálculo de Excel, en este caso de 175 filas, que se ingresaron en el Programa Cytoscape. En la Ilustración 1 se puede ver el inicio de la base de datos de Excel.

Ilustración 1. Importando la tabla de datos al programa Cytoscape



Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

Construyendo la red

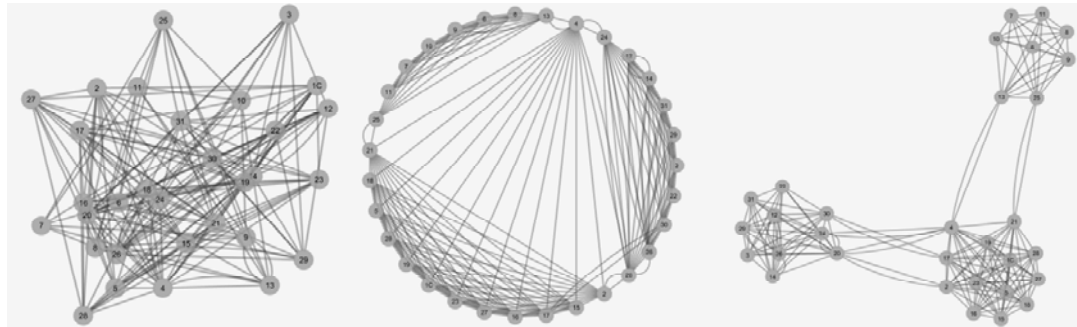
Con la información construida, el programa Cytoscape realiza los grafos o redes que se visualizan en diferentes figuras que muestran los nodos y enlaces, sin que se modifiquen las medidas locales o globales. La red es no dirigida, pero se puede graficar de tres maneras diferentes que podemos ver en la Figura 2 que explicaremos a continuación.

La primera es aleatoria, nos presenta los nodos en el espacio distribuidos al azar, esta representación exhibe el conjunto de nodos y enlaces, sin un criterio específico de organización, sin embargo hay un orden debido a los enlaces.

En la segunda red, la representación circular es utilizada por, Duncan Watts y Steven Strogatz para explicar la red de mundo pequeño. Su trabajo explica una red teórica "a medio camino entre el orden y el desorden, la denominaron red small-world, un tipo de red compleja." (Lucas, 2013: 244) "Watts comparaba la estructura, de redes muy escasas, con diámetro pequeño" (Lewis, 2011: 4), con diversos comportamientos de redes que se reconstruyen con elementos del mundo real Esta representación es útil al

agregar nodos a la red e indagar con que probabilidad se escogen dos nodos al azar y se conectan.

Figura 2. Organización del



Grafo 1. Forma aleatoria

Grafo 2. En forma de círculo

Grafo 3. Forma orgánica u organizado en grupos

Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

La tercera red, de forma orgánica, muestra los nodos en grupos, la distribución en el espacio de los enlaces con los nodos y la fortaleza de las conexiones. Para el propósito de nuestro ejercicio resulta la más eficaz por la facilidad con la que permite ver los agrupamientos.

Con la información de los enlaces distribuidos en el espacio orgánicamente, se ven los tres centros de formación. En la parte inferior del lado derecho se encuentra el grupo de la universidad, con 12 menciones, que conforma la mayor cantidad de enlaces. En la parte superior se encuentra el grupo de la academia, con 7 menciones que lo enlazan. El grupo que menciona institutos está en la parte inferior del lado izquierdo; con 10 menciones que lo enlazan. Los grupos están unidos por las menciones de los personajes señeros.

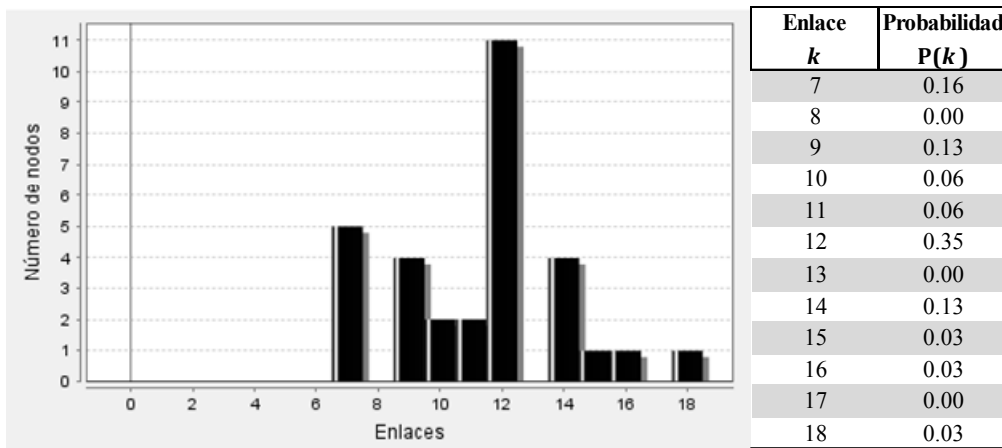
La forma en que se organice el grafo, representa la estructura de la red y nos orienta sobre los caminos que al ser recorridos conectan los nodos. Este informe visual nos permite encontrar las medidas necesarias para explicar mejor nuestro conjunto de nodos y enlaces, que especificamos a continuación.

Distribución de grado

Al cargar los datos en Cytoscape, en la pestaña herramientas solicitamos el análisis de la red indicando que es no dirigida a partir de la cual construimos las medidas básicas para comprender la red.

La distribución de grado, $P(k)$ indica la probabilidad de escoger un nodo al azar, en la que hay k enlaces, ilustrados en la gráfica 1, en la que aparece el histograma y las probabilidades.

Gráfica 1. Distribución de probabilidades de tomar un nodo al azar de acuerdo con la cantidad de enlaces



Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

Para calcular las probabilidades contamos los enlaces que tiene cada nodo, con este dato evaluamos la cantidad de nodos con cero enlaces, un enlace, dos enlaces, (...), hasta k enlaces. En nuestro ejercicio iniciamos la cuenta en 7 enlaces ya que hay 5 nodos con esa cantidad; es decir, el límite inferior de enlaces en un nodo son 7: y el límite superior son 18 enlaces, hay 1 nodo con esa cantidad.

La probabilidad de tomar un nodo al azar y que tenga 12 enlaces es la más alta ya que de 31 nodos 11 nodos tienen 12 enlaces, cuya probabilidad es $11/31 = 0.35$.

Las redes que muestran la misma cantidad de enlaces en los nodos son homogéneas, construyendo un grafo k -regular. En nuestro ejercicio la distribución de nodos es asimétrica, la red es inhomogénea ya que al menos en dos puntos de la red hay diferente distribución de grado.

Los grupos detectados por instituciones de pertenencia detectados en el grafo, tienen una distribución asimétrica que nos muestra diferencias, que analizaremos por medio de las medidas de intermediación y coeficiente de agrupamiento que permite especificar con más detalle la estructura de los caminos del grafo.

Intermediación (Betweenness Centrality)

La intermediación $C_B(n_o)$ es una medida de centralidad de los nodos. En nuestro caso, especifica la centralidad o importancia de un entrevistado en la red. Acumula valores de los caminos de un nodo contabilizando el número de caminos sin contar al mismo nodo. El contenido de esta medida da explicación de los caminos que se dirigen a cada nodo, considerando cada camino que pasa por el nodo la formalización es la siguiente

$$C_B(n_o) = \sum_{n_{o_i}, n_{o_j} \neq n_o} \frac{\delta_{n_{o_i}, n_{o_j}}(n_o)}{\delta_{n_{o_i}, n_{o_j}}}$$

donde

n_{o_i}, n_{o_j} son nodos

$\delta_{n_{o_i}, n_{o_j}}$ denota el número de caminos más cortos de n_{o_i} a n_{o_j}

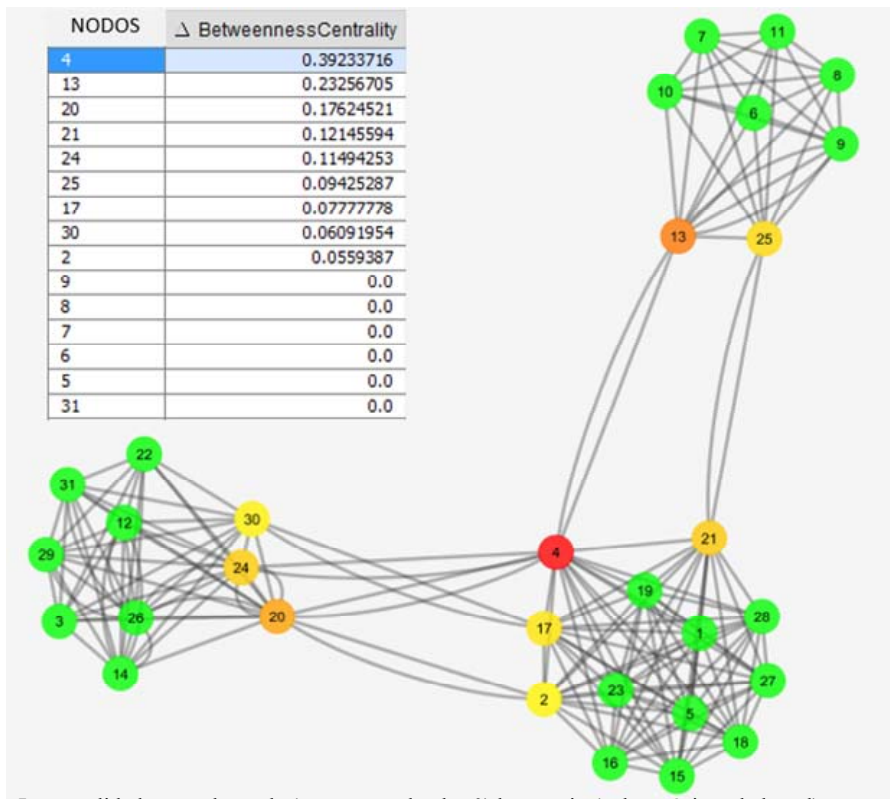
$\delta_{n_{o_i}, n_{o_j}}(n_o)$ denota el número de caminos más cortos de n_{o_i} a n_{o_j} que pasan por n_o

Es una medida local de la red, toma valores entre 0 y 1 y caracteriza los recorridos que pasan por un nodo. Esta manera de contabilizar los caminos en el grafo, indica la importancia de un nodo como intermediario. Un nodo *"con alta centralidad de intermediación puede tener una influencia considerable dentro de una red en virtud de su control sobre la información que pasa entre otros."* (Newman, 2010: 187).

Otra propiedad de intermediación es que su medida tiende a aumentar al agregar nodos. En teoría podríamos tener un nodo que sea intermediario de todos los nodos del grafo; sin embargo, en los estudios de redes conformadas con información real, el valor no llega a 1, que es el más alto posible: pero la característica de aumentar al agregar nodos si se cumple.

En nuestra red mostramos la intermediación en la figura 3, representando los valores con una degradación de colores, asociada a una tabla. En el grafo el rojo es el valor más alto y el verde el más bajo, la tabla muestra 9 nodos distintos de valor 0 que son los que predominan.

Figura 3. Grafo Intermediación de los nodos



Las tonalidades van de verde (representa el valor 0) hasta rojo (valor máximo de la red)
Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

Al relacionar el color con los valores el verde representa 0, lo que nos indica que 22 nodos carecen de un camino que pase por ellos para llegar a otro nodo. El rojo muestra la más alta intermediación en nuestra red con 0.39 que pertenece al nodo 4.

Podemos decir que 22 entrevistados, considerando sus menciones, están conectados a la red y, a pesar de no ser puente entre otros nodos, tienen acceso a los nodos que si pueden cumplir esta función, como pueden ser los entrevistados 4, 21, 17, 2, 24, 30, 13 y 25. El entrevistado 4 es el puente más fuerte o más transitado, cuenta con la mayor intermediación, porque mencionó a Leonhard Paul Euler y a Serguéi Mijáilovich Eisenstein, un miembro de la ciencia y otro de las artes visuales, que significa

conocimiento en ambas disciplinas. Lo anterior no significa que tenga influencia en ellas, pero si un conocimiento que comparte con otros integrantes de la red.

Hay 111 menciones no compartidas que pueden ser latentes en la red y generar enlaces al agregar otras entrevistas o nodos, por lo que los integrantes que ahora no son intermediación podrían tener la característica de puente al completar con nuevas entrevistas y dar una idea del nivel de formación de los entrevistados en la medida en que comparten el conocimiento o mención de personajes señeros en sus disciplinas (enlaces).

Coefficiente de agrupamiento (Clustering Coefficient)

El coeficiente de agrupamiento identifica los enlaces entre los vecinos de un nodo y permite definir la vecindad para realizar su conteo. Para que un nodo sea considerado vecino de otro nodo, su cercanía no es suficiente, es indispensable que el grafo muestre la unión por un enlace, si esto no se presenta, a pesar de estar juntos en un espacio de la red, no son vecinos. El coeficiente de agrupamiento C_c , indica la probabilidad de encontrar un triángulo en la red

El intervalo del coeficiente de agrupamiento es $[0, 1]$, donde 0 indica que los vecinos del nodo carecen de enlace, y 1 que todos los vecinos del nodo están conectados entre sí, Si los vecinos de un nodo están enlazados tendremos un triángulo o una triada

En redes no dirigidas el coeficiente de agrupamiento C_{no} de un nodo no se define formalmente como

$$C_{no} = \frac{2 e_{no}}{K_{no}(K_{no} - 1)}$$

donde

e_{no} es el número de enlaces entre los vecinos de no

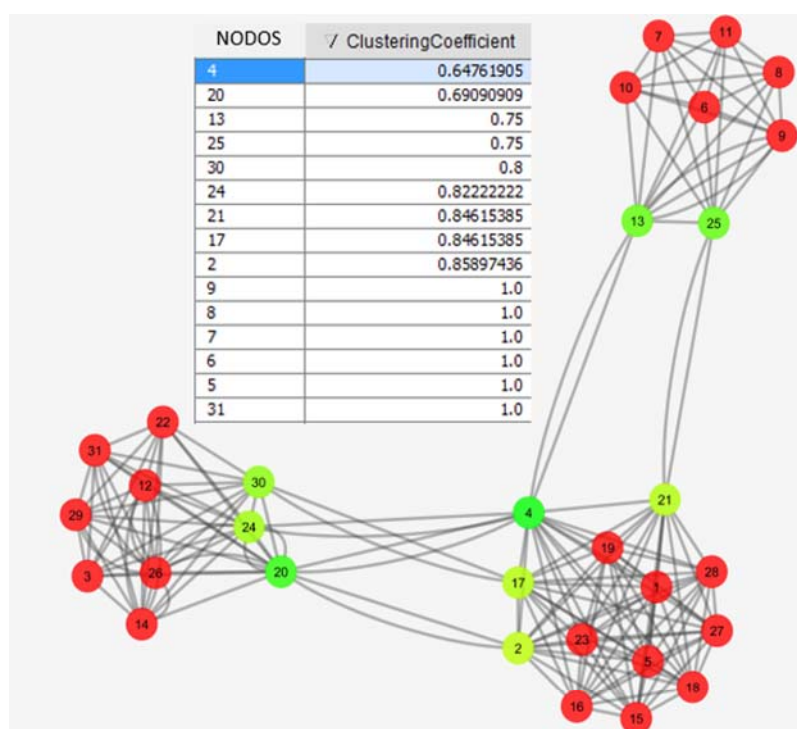
K_{no} es la conectividad

Esta medida es local ya que realiza el cálculo a partir de un nodo, pero también nos da una medida global sobre la fortaleza del conjunto definido en el grafo, "la cohesión en

una red se resume mejor mediante el cálculo del porcentaje de nodos que forman parte de los subgrupos identificados” (Wouter De Nooy, 2009: 8237).

En el grafo que mostramos en la Figura 4, usamos la variación de colores, de verde a rojo, donde el verde es el mínimo valor y el rojo es el máximo valor del coeficiente de agrupamiento, junto con la tabla que muestra esta medida organizada de menor a mayor.

Figura 4. Grafo Coeficiente de agrupamiento de los nodos



Las tonalidades van de verde (representa el mínimo con 0.64) hasta rojo (máximo con 1)
Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

Con 1 de conectividad tenemos 22 nodos, es decir los grupos de nodo en rojo nos apuntan que todos sus vecinos están conectados, a diferencia de los nodos verdes. Por ejemplo, el nodo 4 tiene como vecino al nodo 13 y al nodo 30, pero entre ellos no ha enlace, por tanto entre estos tres nodos (4, 13 y 30) no hay triángulo lo cual hace que baje su coeficiente de agrupamiento.

Los nodos 20 y 4 son los que cuentan con la menor conectividad entre sus vecinos, con 0.69 y 0.64 respectivamente, esto significa que el nodo 20 tiene 0.31 de sus vecinos sin

conexión, mientras que el nodo con menos enlaces entre sus vecinos es el 4 con 0.36, las menciones de los personajes en el nodo 4 enlaza los grupos, en que todos los vecinos están enlazados porque el coeficiente de agrupamiento es 1.

La conectividad entre los vecinos, tiende a describir la posible colaboración entre los nodos, recientes trabajos como *Cooperación Académica* (Scoconi, L., Fernandes P. D., M., Pesce, G., Schmidt, M. A., y Gzain, M., 2016) y *Colaboraciones entre miembros de una red científica* (Cárdenas T., M., Rivas T., L. A., Ramírez Alatriste, F., y Simón D., N. 2016), utilizan el coeficiente de agrupamiento para conocer si los nodos con alto valor conforman equipos de trabajo.

Por esta propiedad se considera una medida de cohesión entre los nodos de la red. En nuestro ejercicio identificamos una fuerte unión entre los entrevistados en relación a los centros de formación, y al un personaje señero nombrado. Lo anterior crea enlaces entre los grupos, generando nuevos caminos y una fuerte conectividad.

En este apartado consideramos las medidas locales, mientras que en el siguiente revisaremos las medidas globales, coeficiente de agrupamiento, radio y diámetro de la red.

Medidas globales, coeficiente de agrupamiento, diámetro y radio de la red.

Las medidas globales dan información de toda la red, a partir de las cuales se reconocen cualidades del conjunto de nodos y enlaces, es decir sobre la estructura del grafo, los caminos para acceder a los nodos y la conectividad que muestra el grafo son las propiedades que ahora abordamos.

Medidas globales del grafo

Clustering coefficient : 0.936
Connected components : 1
Network diameter : 4
Network radius : 2

Fuente: Elaboración propia en base a las 31 entrevistas ingresadas en el sistema Cytoscape

El coeficiente de agrupamiento local es una medida de cohesión entre los nodos de la red, en nuestro ejercicio identificamos una fuerte unión entre los entrevistados en relación a los centros de formación; a la vez que la mención de un personaje señoero crea enlaces entre los grupos, generando nuevos caminos y una fuerte conectividad, El coeficiente de agrupamiento global indica la conectividad de toda la red.

El Coeficiente de agrupamiento global del grafo, se obtiene promediando por el número de nodos, cuyo valor es 0.936, indicando una fuerte conectividad de la red,

Un camino es el enlace que une dos nodos de manera directa; para cada nodo se contabilizan los caminos. La excentricidad es una medida que se calcula considerando el número máximo de los caminos para cada nodo. A partir de la construcción de una matriz de caminos directos, se calcula el radio como el camino que pasa por menos enlaces -2 en este ejercicio-, y el diámetro que corresponde al camino que pasa por más enlaces -4 en ese ejercicio-.

En este grafo, todos los nodos están enlazados, lo que indica que la red es de un solo componente: asimismo, el diámetro con un valor pequeño de 4 muestra que con 4 saltos como máximo se puede llegar de un nodo a otro y considerando un coeficiente de agrupamiento de 0.93, vemos que la red tiene una fuerte conectividad. De modo que las instituciones de formación y los científicos considerados señoeros son elementos de cohesión de la red.

Reflexiones finales

En este trabajo realizamos un ejercicio utilizando la teoría de grafos con la intención de revisar la posibilidad reconstruir comunidades o grupos de científicos y artistas formados en la ex URSS a partir de algunas variables importantes en su formación, tales como las instituciones en las que estudiaron, y el reconocimiento de los científicos y artistas importantes en sus disciplinas.

Si bien este es un ejercicio con pocos entrevistados (nodos) y dos variables (enlaces) nos permiten evaluar las capacidades de la teoría de grafos en la identificación de las

dimensiones que conformarían las comunidades científicas, así como las que construyen las identidades de los científicos migrantes.

Las redes son posibles a partir de reconocer la existencia de pares ordenados, el trabajo de conjuntos y los nodos representan visualmente grupos, los caminos que enlazan a sus integrantes indican la relevancia de cada nodo; y en conjunto son caracterizaciones de conexiones que generan las redes. Esta forma de analizar grupos, nos permite una representación visual de coincidencias. Las medidas locales de intermediación y el coeficiente de agrupamiento, indican la importancia de cada nodo, aisladamente, pero en conjunto es posible explicar la distinción entre los caminos de la red y los circuitos de la misma.

Aunque el coeficiente de agrupamiento local es el máximo posible, indicando que su conectividad es alta, hay 22 nodos que carecen de intermediación, no hay caminos que pasen por ellos, rompiendo los circuitos; lo que indica la limitación de las menciones compartidas. Más aun, si consideramos que existen 111 menciones que no son coincidencias; sin embargo, es posible que con la agregación de nodos podríamos obtener nuevos circuitos. Con los 31 casos incluidos en la red, hay 9 nodos con intermediación que constituyen los puentes de la red, lo que explica que sea un grafo altamente conectado con un coeficiente de agrupación global de 0.93, y un diámetro de 4 que indica la facilidad de acceso entre los nodos.

Finalmente, como toda técnica es una herramienta cuya utilidad dependerá de la teoría y de la capacidad analítica que sus resultados permitan. Con todo, es un interesante ejercicio que permite transitar los múltiples caminos de ida y vuelta entre la teoría y la información.

FUENTES CONSULTADAS

CÁRDENAS TAPIA, M. M. I. (2016). *Sustentabilidad y Redes de Conocimiento: Análisis de la Teoría de Grafos*. México. UNAM FCA.

CÁRDENAS, TAPIA, M. M. I., RIVAS TOVAR, L. A., RAMÍREZ ALATRISTE, F., y SIMÓN DOMÍNGUEZ, N. (2016). "Análisis de una Red Científica en México" en *Innovar*, 26(61), 145-158. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v26n61/v26n61a10.pdf>

- CODD, E. F. (1990). *The Relational Model for Database Management* (2 ed.). Addison Wesley Publishing Company.
- GONZÁLES CASANOVA, P. (2005). *Las Nuevas Ciencias y las Humanidades: De la Academia a la Política*. Barcelona. Anthropos UNAM.
- LEWIS, J. K. (2016). *Using ATLAS. ti to facilitate data analysis for a systematic review of leadership competencies in the completion of a doctoral dissertation*. Salve Regina University United States. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=2850726>
- LEWIS, T. G. (2011). *Network science: Theory and applications*. Canada. John Wiley and Sons.
- LUCAS, L. (2013). "Redes, Interacciones, Emergencia" en *Fronteras de la Física en el siglo XXI*, MIRAMONTES, O. y VOLKE, K. (Eds.), CopIt-arXives UNAM Instituto de Física, México D. F. pp 233-251.
- MCKETHER, W. L. y FRIESE, S. (2016). *Qualitative social network analysis with ATLAS. ti*. Technische Universität Berlin. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-5152>
- NEWMAN, M. E. J. (2010). *Networks: An introduction*. New York. Oxford University Press.
- PAGE SCOTT, E. (2015): "What Sociologists Should Know About Complexity" en *Reviews of Sociology*, 41 (1): 21-41.
- SANCHEZ RON, J. M., 2011 [2007], *El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (Siglos XIX y XX)*, Crítica, Barcelona.
- SÁNCHEZ, J. (2004). *Principios sobre bases de datos relacionales*. Creative Commons (1ra Ed), Estados Unidos.
- SCOPONI, L., FERNANDES PACHECO D., M., PESCE, G., SCHMIDT, M. A., y GZAIN, M. (2016) "Cooperación Académica en Latinoamérica para la Innovación en los Agronegocios" en *Journal of technology management and innovation*, 11(2), 111-120. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/jotmi/v11n2/art11.pdf>
- TORTELLA, R. (1993) "Historia, ciencia, economía y poder" en *Revista de Occidente*, febrero, Fundación Ortega y Gasset, España, pp 147-155.
- WOUTER, N. (2009) "Social Network Analysis, Graph Theoretical Approaches to" en *Encyclopedia of complexity and systems science*. Springer. New York, NY, pp 8231-8245