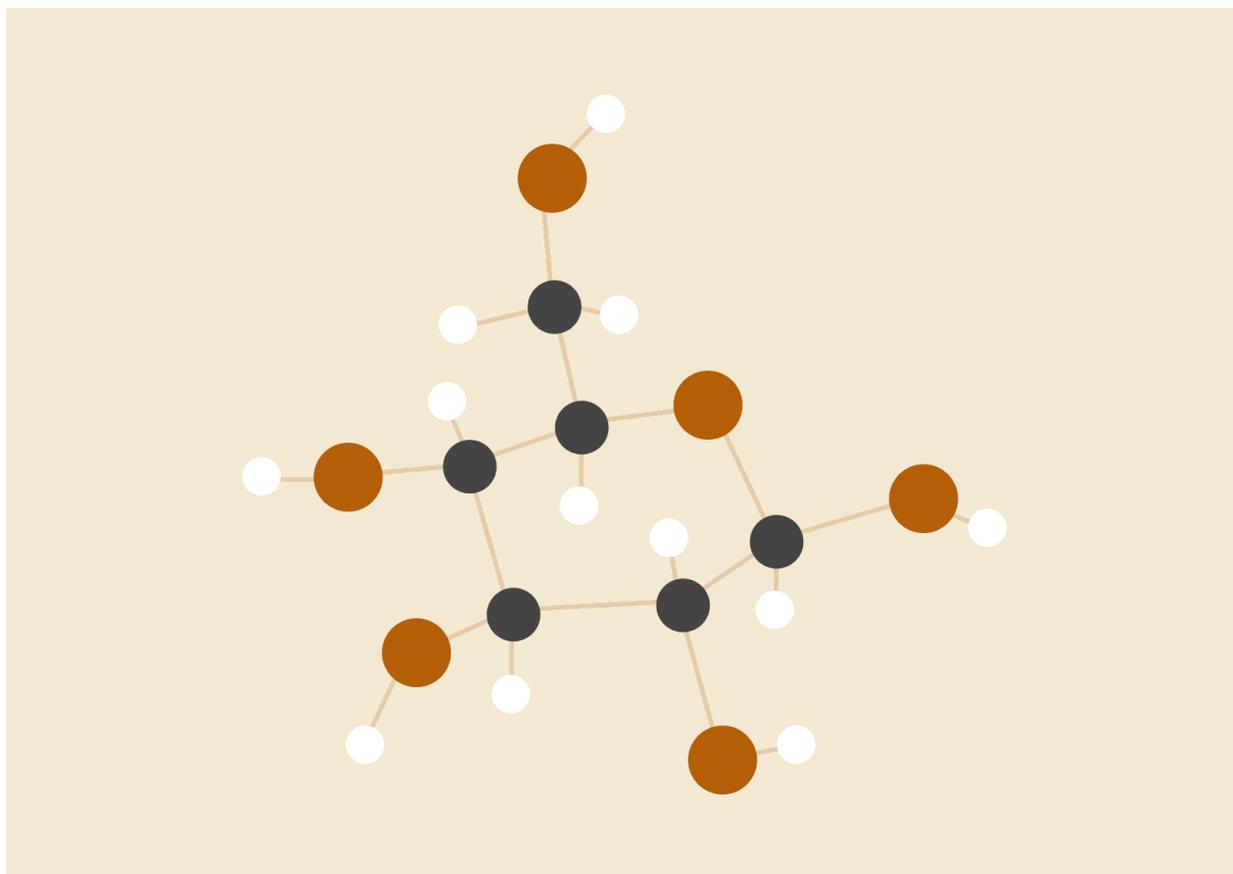


# Red de Posgrados en Economía

*Proyecto Final para Economía de Redes*

*Materia impartida por la Dra. Diana Terrazas Santamaría*



**Diego Garrido Escartín**

**Héctor J. Deschamps González**

Mayo 2024

Economía de Redes

Maestría en Economía

El Colegio de México

## INTRODUCCIÓN

### Motivación

Las universidades Colmex, Cide y Itam se encuentran entre las mejores para cursar una maestría en economía en México. Los programas de posgrado en economía de estas instituciones están estrechamente relacionados, con un total de 699 tesis defendidas entre 2005 y 2023, con un promedio de 38 graduados por año.<sup>1</sup> Esto sugiere una fuerte interconexión entre los economistas de estas instituciones, quienes a menudo colaboran en entornos profesionales y académicos, así como participan en colaboraciones de investigación interinstitucional.

Nuestra investigación se centra en el análisis de la interconexión entre los graduados de tesis y los profesores de estas instituciones, con el objetivo de comprender su evolución e implicaciones. Específicamente exploramos el concepto de economía de redes, que examina las relaciones económicas a través de una lente de ciencia de redes.

### Sobre nuestra red

Una de las subramas de la ciencia económica es la economía de redes, donde se analizan relaciones económicas desde la ciencia de redes. Dentro del jerga se utiliza el concepto de árbol para definir una red que empieza por un nodo “raíz” y se expande a través de aristas/conexiones “rama” hacia varios nodos “hoja”. Este preámbulo es importante pues la red que exploramos justamente es parecida al tipo bosque que es un conjunto de árboles. Sin embargo, también usaremos de analogía el concepto de las conexiones rama o para árboles pequeños arbustos.

### Antecedentes

Previamente ya se habían estudiado las redes de colaboraciones de cita entre investigadores (Dorantes-Gilardi, Ramírez-Álvarez & Terrazas-Santamaría 2022; Goyal & Moraga-González 2006).

Además Dorantes-Gilardi, Ramírez-Álvarez & Terrazas-Santamaría (2022) encuentran que el impacto del investigador está relacionado con su  $k$ -max y que a mayor  $k$ -max hay más citas entre colaboradores y menos externos.

Goyal & Moraga-González (2006) encuentran que las citas en economía han tendido a una red de tipo mundo pequeño. Y que las “estrellas” han permitido que se reduzca la distancia promedio entre los nodos.

En general, en la academia los profesores investigadores suelen durar mucho en una plaza y es difícil que se vayan a otro tipo de trabajo.

Puede haber movimientos entre instituciones, ya sea porque un profesor trabaja en más de una institución o porque trabaja en una y egresó de otra.

---

<sup>1</sup> Datos obtenidos de los repositorios abiertos de las instituciones mencionadas.

Dado que solo existe una relación con un asesor para cada nodo, esta red es de tipo bosque (forest).

## HIPÓTESIS

Con base en lo anterior, nos interesa responder las siguientes preguntas: ¿Qué tan concentrada está la red de posgrados? ¿Existen diferencias entre las subredes institucionales? ¿Cómo han evolucionado las medidas de centralidad de la red y las subredes? ¿Se cumplen las hipótesis de mundo pequeño?

Nuestras posibles respuestas son: Es una red poco concentrada, ya que hay muchos enlaces de única ocasión (ramas); sin embargo, sí existe un componente gigante que conecta a muchos nodos (Carlos Urzúa, Gerardo Esquivel, Raymundo Campos...) de asesores "estrella" que al mismo tiempo fueron alumnos de alguna institución estudiada. Sin embargo, creemos que no se cumplen las hipótesis de mundo pequeño debido a la existencia de "ramas" solitarias en nuestro bosque.

## MATERIAL Y DATOS

La información la obtuvimos a partir de los datos abiertos de los repositorios de tesis institucionales del Colmex, el CIDE y el ITAM. Se construyó una base de datos con el nombre completo del asesor y el asesorado, además del año de titulación, la institución de egreso y el grado obtenido (licenciatura, maestría o doctorado).

En el caso del Colmex existe información para todas las generaciones de egresados titulados por tesis se incluye información para licenciaturas y maestrías.

En el caso del CIDE solo existe información a partir de 2002 aunque sólo se incluye análisis para maestrías.

En el ITAM, aunque existe información desde 1983, no hay información pública del asesor para muchas tesis. En total, había 219 titulados por tesis, de los cuales solo 129 tenían la información completa. Además, se incluyen las tesis de la maestría en economía, maestría en teoría económica y maestría en economía aplicada.

### Construcción de la Red

Una persona con nombre "i" es un nodo. El conjunto de nodos se define como  $N = \{1, \dots, n\}$  donde  $n = 1,650$ . Un link  $(i,j)$  se forma cuando el nodo i es asesor/asesorado por el nodo j (Red no dirigida). La matriz de adyacencia es el conjunto de links y además hacemos un subredes por  $N_k = \{1, \dots, n_k\}$  donde  $k = \{Colmex, Cide, Itam\}$

## METODOLOGÍA

Todos los cálculos se realizan en Python a través de Jupyter Notebooks utilizando la biblioteca networkx. Con estos paquetes, calculamos las medidas de centralidad de grado (degree centrality), autovector (eigenvector centrality) e intermediación (betweenness centrality) en un grafo no dirigido. Por otro lado, buscamos probar si la red de posgrados exhibe propiedades de mundo pequeño.

### Grafo no dirigido

Elegimos que las conexiones fueran no dirigidas por dos razones principales. La primera fue para hacer un análisis más parecido al de "Small World" y la segunda, porque una red dirigida, aunque parezca tener sentido, es mucho más factible pensar en la relación como bidireccional.

### Grados

Elegimos esta medida pues nos dice que tan importante es un nodo para los asesorados. A mayor grado, más conexiones tiene, lo que puede interpretarse como la frecuencia con la que los estudiantes buscan a alguien para que sea su asesor. Es importante aclarar que no todos los estudiantes regresan a enseñar en estas instituciones, pero si lo hicieran, podría estar relacionado con la persona que fue su asesor.

### Eigenvector

Luego, elegimos la medida de centralidad de autovector para identificar los nodos conectados a otros nodos con muchas conexiones. Esto nos ayuda a responder la pregunta de "¿Qué personas asesoraron a estudiantes que luego se convirtieron en asesores con muchos estudiantes asesorados?" y así identificar quiénes fortalecen la red a través de su apoyo a estudiantes. Además, significa que el nodo ha perdurado en la red.

### Betweenness

Finalmente, elegimos la medida de centralidad de intermediación para identificar a las personas clave que conectan la red. En términos del estudio, buscamos responder a la pregunta de quiénes son esas personas que conectan la red.

### Mundo pequeño

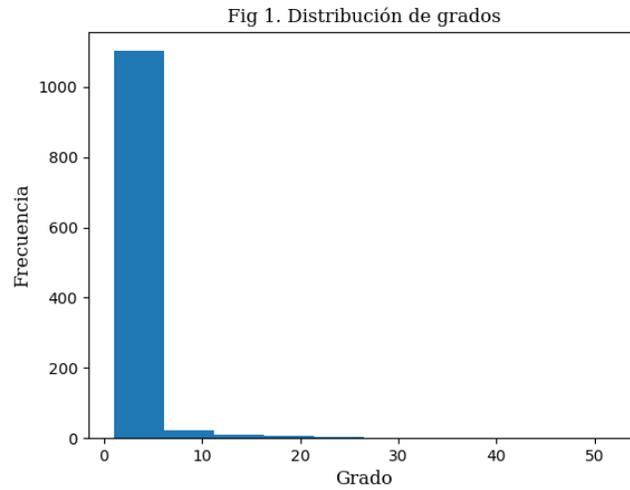
Según Watts (1999) y Goyal (2006) una red exhibe propiedades de mundo pequeño si: El número de nodos es mayor al número de aristas; La red es integrada; La distancia promedio entre nodos en el componente gigante es pequeño y; El coeficiente de clustering es elevado.

## RESULTADOS

### Resultados de Grado

Para nuestros primeros resultados presentamos la distribución de grados de los nodos en la Figura 1.

Observamos que para la gran mayoría de los nodos son cercanos a 1. Esto quiere decir que son links solitarios o siguiendo la analogía del bosque son ‘ramas’ que se cayeron del árbol.



Además en la tabla 1 se presentan los resultados para el top 10 nodos con más grados. Observamos que el Dr. Gerardo Esquivel es quién más asesorados ha tenido, seguido por el Dr. Antonio Yúñez y en tercer lugar se encuentran en empate el Dr. Carlos Urúza y el Dr. Eneas Caldiño. Una nota interesante es que no hay (todavía) Dras en el top 10, al menos para el nivel de grados.

Table 1: Red: Nodos con más grado

Nombre	Institución	Grado
Gerardo Esquivel	Colmex	52
Antonio Yúñez Naude	Colmex	37
Carlos Manuel Urzúa Macías	Colmex	28
Eneas Arturo Caldiño García	Colmex	28
Raymundo Miguel Campos Vázquez	Colmex	25
Rodolfo Cermeño Bazán	Cide	25
Víctor Gerardo Carreón Rodríguez	Cide	22
Ángel Calderón Madrid	Colmex	21
Jaime Sempere	Colmex	21
David Cantala	Colmex	20

Resultados de

Eigenvector<sup>2</sup>

En la tabla 2 se presentan los resultados para nuestra segunda medida. Aquí observamos que el Dr. Esquivel mantiene su posición esto se debe a que al ser ex-asesorado por el Dr. Urzúa se conecta a él y sus hermanos. Además ha sido asesor de tres estudiantes que han regresado a ser profesores: La Dra.

<sup>2</sup> Es importante señalar que nos interesa más que nada la clasificación más que la magnitud.

Arceo, Dr. Moreno y el Dr. Herrera.

También es importante mencionar como el Dr. Urzúa sube en el ranking a la segunda posición pues también ha sido un nodo de gran relevancia en la red. Y observamos que varios profesores desaparecen en favor de otros.

Así, podemos concluir que los nodos con más grado no necesariamente son más fuertes. Un nivel de eigenvector mayor les da importancia al estar conectados a nodos con mayor número de grado. El Dr. Urzúa fue asesor del Dr. Esquivel

Table 2: Red: Nodos con más Eigenvector

Nombre	Institución	Eigenvector
Gerardo Esquivel	Colmex	0.68961
Carlos Manuel Urzúa Macías	Colmex	0.20001
Eva Olimpia Arceo Gómez	Cide	0.10873
Jorge Omar Moreno Treviño	Colmex	0.09626
Arturo Herrera Gutiérrez	Colmex	0.09626
Jerry's offspring	Colmex	0.09445
Raymundo Miguel Campos Vázquez	Colmex	0.04991
José Miguel Torres González	Itam—Colmex	0.03537
Adrián Jiménez Gómez	Colmex	0.02792

### Resultados Betweenness

De esta forma presentamos la tabla 3 donde observamos nuestro último ranking pero clasificados por magnitud de la medida de centralidad betweenness. Aquí observamos nuevamente un reacomodo donde el Dr. Urzúa aparece ahora en primer lugar presagiado por nuestros resultados anteriores. Además, aparecen nodos de alumnos como el Mto. Cristian Gudiño y la Mta. Josselyn Barranco quién al ser estudiantes tanto de la licenciatura como de maestría vinculan a dos profesores importantes de la institución.

Otro apunte importante es observar cómo predomina la institución Colmex en el análisis pues tal cómo se dijo en la introducción parece ser que esta es una institución donde regresan ex-alumnos a enseñar.

Table 3: Red: Nodos con más *betweenness*

Nombre	Institución	Betweenness
Carlos Manuel Urzúa Macías	Colmex	0.01603
Raymundo Miguel Campos Vázquez	Colmex	0.01405
Gerardo Esquivel	Colmex	0.01310
Diana Terrazas Santamaría	Colmex	0.00733
Cristian Eduardo Gudiño García	Colmex	0.00727
Eneas Arturo Caldiño García	Colmex	0.00660
Claudia Josselyn Barranco Santamaría	Colmex	0.00342
José Miguel Torres González	Colmex	0.00331
Laura Juárez González	Itam—Colmex	0.00331
Antonio Yúñez Naude	Colmex	0.00232

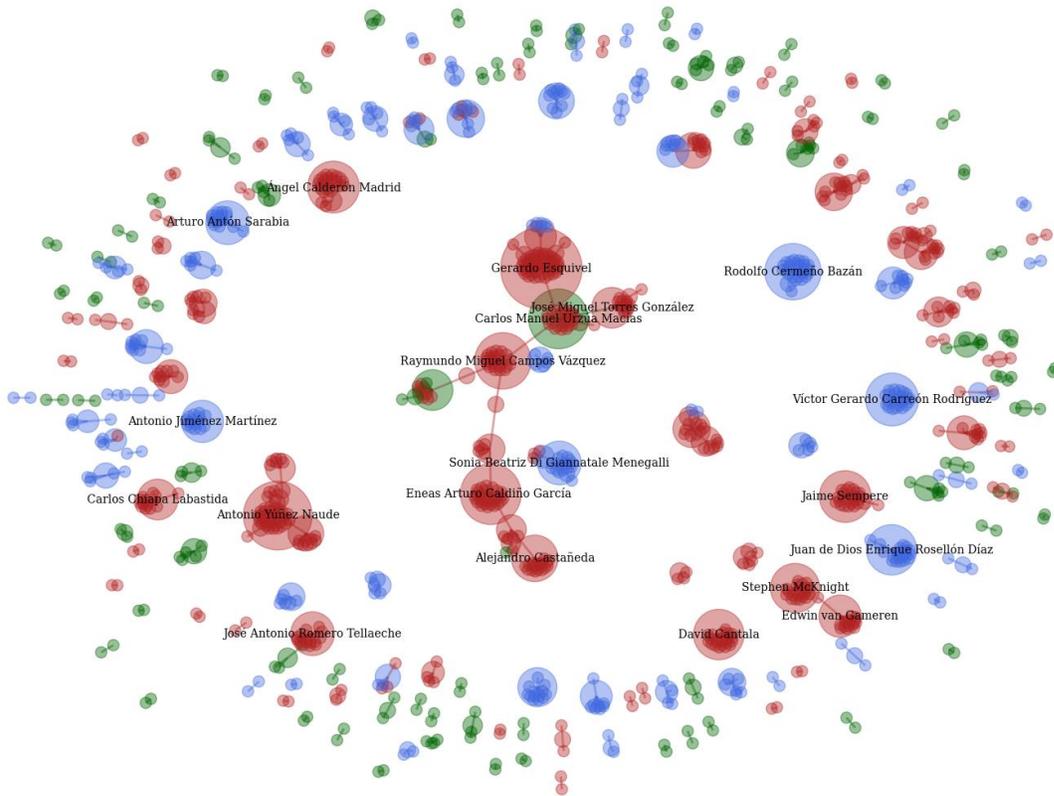
### Grafo de la Red

Una vez mencionadas estas tres medidas de centralidad presentamos la red a través de la Fig 2 donde el color indica la institución de procedencia siendo rojo: Colmex; verde: Itam; y azul: Cide. Además se grafica el tamaño del nodo según su magnitud de grado y se etiquetan los 20 nodos con mayor grado.

Si seguimos nuestra analogía podemos ver que existen muchas ramas (nodos de un sólo link) en la red. Además, tal como presagiaban nuestras tablas anteriores, el mayor árbol que aparece en el centro es mayoritariamente colmea, sin embargo, también aparecen “tintes” de otras instituciones.

De esta forma comenzamos a entender las razones por las cuales algunos nodos cobran importancia según la medida de centralidad.

Fig 2. The Network



### ¿Mundo Pequeño?

Por último presentamos en la tabla 4 los resultados en la evolución de la red completa. En esta elegimos tres cortes de año para el análisis: Previo a 2005 ya que a partir de este año en el Colmex se volvió obligatoria la titulación por tesis para estudiantes de maestría, entre 2005 y 2016 para tener un corte congruente de años con los cortes anteriores y siguientes.

Table 4: Non-directed Network statistics

	Before 2005	Inter 05-16	After 16
Total nodes	309	533	365
Total links	241	428	270
Degree:			
Average	1.56	1.60	1.48
Standard deviation	2.22	2.57	1.59
Giant Component:			
Size	35	37	30
Percentage	0.11	0.07	0.08
Second-largest component	29	23	11
Isolated Links:			
Number	36	43	53
Network Density	0.005	0.003	0.004
Distance in giant component:			
Average	2.30	1.94	3.34

Podemos observar que para cada corte se ha cumplido que la cantidad de nodos es mayor a las aristas, además vemos que el grado ha tenido una evolución constante pero con menor desviación estándar. El componente gigante ha disminuido de tamaño así como el segundo componente más grande. Además han aumentado las aristas solitarias y, por último, la distancia promedio dentro del componente gigante ha aumentado. O sea, nuestra red no cumple con las características de mundo pequeño.

Pero, para profundizar en nuestro análisis buscamos observar esta evolución para las subredes instituciones para esto presentamos las siguientes Tablas donde se presenta la misma información pero únicamente para los nodos que permanecen en el Colmex, Cide e Itam.

### Colmex

La subred del Colmex se dividió en dos periodos para observar los cambios derivados de un cambio institucional: obligatoriedad de la tesis y el límite de dos estudiantes asesorados por cada investigador por año. Se puede observar que la desviación estándar aumentó. Un interesante resultado es que el componente gigante aumentó de manera significativa en términos absolutos y en términos relativos se mantuvo relativamente estable. Sin embargo, dichos valores dependen también de otros factores, como el distinto tamaño de los periodos considerados y los egresados en cada uno. Podemos considerar que el Colmex continúa siendo una institución que atrae a los mismos egresados después de obtener su doctorado en alguna otra institución.

Table 5: COLMEX: Non-directed Network statistics

	Before 2005	After 2005
Total nodes	243	387
Total links	202	339
Degree:		
Average	1.66	1.75
Standard deviation	2.43	3.49
Giant Component:		
Size	34	65
Percentage	0.14	0.16
Second-largest component	22	43
Isolated Links:		
Number	17	21
Network Density	0.007	0.004
Distance in giant component:		
Average	2.31	3.87

### CIDE

Se puede observar que el componente gigante del CIDE en términos relativos es menor al del Colmex. También resalta que el tamaño del segundo componente más grande es muy similar al del componente gigante en ambos periodos. En general, las características de la red se han mantenido relativamente constantes en los períodos considerados.

Table 6: CIDE: Non-directed Network statistics

	Before 2018	After 2018
Total nodes	247	123
Total links	205	88
Degree:		
Average	1.66	1.43
Standard deviation	2.48	1.34
Giant Component:		
Size	27	9
Percentage	0.11	0.07
Second-largest component	23	8
Isolated Links:		
Number	8	17
Network Density	0.006	0.011
Distance in giant component:		
Average	1.99	1.77

### ITAM

Para el caso de la subred del ITAM, podemos observar que se diferencia de las demás en cuanto a su bajo tamaño del componente gigante. Esto puede tener por lo menos dos explicaciones (dejando afuera la falta de datos), la primera es que esta institución no atrae a sus propios egresados de maestría y contrata a profesores fuera del círculo. La segunda es que existe un alto grado de rotación entre profesores y, por ende, tienen pocos asesorados históricos. En general, la red presenta características muy similares en ambos periodos.

Table 7: ITAM: Non-directed Network statistics

	Before 2005	After 2005
Total nodes	59	124
Total links	33	72
Degree:		
Average	1.12	1.16
Standard deviation	0.32	0.65
Giant Component:		
Size	3	7
Percentage	0.05	0.05
Second-largest component	3	5
Isolated Links:		
Number	19	42
Network Density	0.019	0.009
Distance in giant component:		
Average	1.33	1.71

## CONCLUSIÓN

Observamos que ha habido personas clave a lo largo de la historia de las tres instituciones analizadas. El Dr. Esquivel y el Dr. Urzúa han sido personas importantes para que la red continúe asesorando a estudiantes que después han regresado a las instituciones a seguir con la dinastía.

Por otro lado, un detalle también importante que podríamos resaltar es que existen redes por temas. Por ejemplo, el Dr. Yunes se ha dedicado a lo agrícola y parece ser que tiene un pequeño árbol que existe por él.

Además, podemos resaltar que El Colegio de México es una institución a la cuál regresan sus estudiantes o llegan de alguna de las otras dos instituciones.

## REFERENCIAS

Barabási, Albert-László, and Albert-Laszlo Barabasi. *Network Science*. Cambridge University Press, 2016.

Dorantes-Gillardi, Rodrigo, et al. "Is there a differentiated gender effect of collaboration with super-cited authors? Evidence from junior researchers in economics." *Scientometrics*, vol. 128, no. 4, 2023, pp. 2317-2336.

Goyal, Sanjeev, et al. "Economics: An Emerging Small World." *Journal of Political Economy*, vol. 114, no. 2, 2006, pp. 403-412.

Watts, D. J. "Networks, Dynamics, and the Small-World Phenomenon." *American Journal of Sociology*, vol. 105, 1999, pp. 1-10.