

La paradoja de la amistad

Carlos A. Velázquez O.

Carlos Alberto Velázquez Olivera es Físico por la Universidad Nacional Autónoma del Estado de Morelos y prolífico autor de **Cienciorama**, portal del Taller de Escritura Creativa en Ciencia de la DGDC (<http://www.cienciorama.unam.mx/>). La ACMOR agradece a Cienciorama que nos comparta este texto.

deporte o a cualquier otro tipo de entretenimiento. Además utilizamos redes de personas que nos prestan sus servicios, y pueden ir desde tiendas donde nos abastecemos hasta médicos, entrenadores... y claro que no hay que olvidar las redes vía internet. Los humanos vivimos tejiendo redes que se complican con facilidad.

tes--y-carteros).

Algunos de los problemas clásicos en la teoría matemática de grafos era encontrar la manera de asignar un color a cada nodo de modo que dos relacionados no tuvieran el mismo color (figura 2). Pero en el caso de las redes sociales los problemas que plantean son distintos. Por ejemplo ¿la forma en la que

Hasta hace no mucho el análisis de las redes sociales no resultaba de mucha relevancia, pero con el surgimiento de la red de redes, el internet, y con el acceso masivo a computadoras personales, por primera vez se dieron las condiciones para hacer análisis completamente confiables con una gran cantidad de datos en una red automatizada. Esto ha permitido un avance considerable en la comprensión del funcionamiento de las redes sociales, pero curiosamente uno de los resultados más sorprendentes de este tipo de análisis se obtuvo antes de la difusión masiva del internet y es conocido como la paradoja de la amistad (*friendship paradox*). Las paradojas son enunciados que contradicen nuestro sentido común y que pueden o no encerrar una verdad.

De tus amigos los más populares

Desde un punto de vista razonable podríamos argumentar que los humanos tendemos a relacionarnos con quienes nos sentimos identificados, y por lo tanto con los que compartimos ciertas características. Esto nos llevaría a pensar que nuestros amigos deberían tener en promedio el mismo número de amigos que nosotros tenemos, o al menos eso es lo que esperaríamos. Sin embargo en 1991 el sociólogo Scott L. Feld tras varios análisis de redes sociales llegó a la sorprendente conclusión de que en promedio nuestros amigos tienen más amigos que nosotros mismos. La razón detrás de este hecho puede ser fácilmente comprendida, al menos en una primera aproximación: en toda red debe haber un nodo que acapara un mayor número de conexiones: una persona o un pequeño grupo de personas que está especialmente conectado a otros individuos. Podríamos pensar, por ejemplo, en un grupo de 60 personas con relaciones de amistad. Suponiendo que el promedio de amista-

des de cada individuo es de ocho amigos, no serían raros los individuos con 20 amigos, e incluso podría haber alguno que tenga hasta 30 o un poco más. Lo que quiere decir esto es que una sola persona puede hacerle sentir a 30 personas –lo que representa la mitad del grupo– que no son tan populares como él, y entre ellas seguramente estarán también incluidos algunos de los que tienen más amistades. Por otra parte, las personas que tienen una cantidad de amigos menor al promedio siempre estarán expuestas a encontrar fácilmente amistades que tiene más amigos que ellos.

Una comprobación rigurosa de que la paradoja de la amistad se cumple en un grupo, consistiría en medir el número de amigos de cada individuo y compararlo con el promedio de amigos que tienen los amigos de cada individuo. Si este último número es mayor, significaría que al compararnos con nuestro grupo de amistades nos sentiremos matemáticamente menos populares. En la figura 3 se muestra el cálculo de estos dos números para un pequeño grupo ideal. Como puedes ver en realidad también hay que tomar en cuenta lo que los individuos piensan de sí mismos, y para ser más precisos deberíamos decir que en un grupo la mayoría de las personas tiene al menos algún amigo que es más popular que ellas mismas.

Utilizando la paradoja

Desde hace algunos años muchos directivos de ventas han utilizado los resultados de la teoría de redes sociales para poder colocar sus productos de una manera más eficiente y focalizada. Pero la teoría de redes no funciona sólo para intereses mezquinos, y algunos científicos como el médico y sociólogo Nicholas Christakis, de la Universidad de Pensilvania, y su colaborador James Fowler de la Universidad de



Figura 1. Vivimos inmersos en una sociedad que crea una gran cantidad de redes sociales, que se pueden representar mediante puntos y líneas que las unen.

¿Alguna vez has tenido la sensación de que tus amigos son más populares que tú? Pues no te preocupes, porque la disciplina llamada teoría de redes ha demostrado que esto es cierto. Te invito a conocer éste y otros aspectos de la teoría de redes y algunas propuestas para su aplicación, como la detección temprana de epidemias.

Redes, redes... y más redes

Los humanos vivimos en sociedades intrincadas. Tenemos un grupo cercano de crianza y de confianza conocido como "familia", la cual se puede extender a algunas decenas e incluso a cientos de personas, con las que tejemos complicadas relaciones de alianza, amistad e inclusive de enfrentamiento. También pertenecemos a grupos en los que tenemos interacciones orientadas a algún fin socialmente rentable, que puede ser el estudio, un trabajo productivo o de relaciones públicas, donde tejemos relaciones profesionales y también de amistad, de liderazgo, de conflicto, y de asociación. Pero esto no es todo, fuera de la familia y del trabajo, o muchas veces mezclados con ellos, tejemos redes de amistades con las que compartimos intereses comunes, como pueden ser la música, la práctica o la afición a algún

En los últimos años, gracias al desarrollo de más y mejores computadoras, el reto antes impensable de analizar las redes que tendemos en las sociedades, modelarlas y obtener conclusiones a partir de ellas incluso en tiempo real, se está volviendo una posibilidad, y por ello ha surgido una nueva disciplina dirigida a su estudio: el análisis de redes sociales. En realidad lo que estamos viendo es cómo una gran cantidad de científicos están analizando las redes sociales a partir de una teoría matemática que nació en el siglo XVII conocida como teoría de grafos.

La red se teje nodo a nodo

En el análisis de redes sociales, al igual que en la teoría de grafos, el objeto a estudiar es una representación abstracta de las relaciones de algún tipo que tejen los individuos de un grupo. No te sorprenderá que en estas redes los individuos suelen representarse como un punto, que en el lenguaje de esta teoría se llama nodo, y las líneas que los unen y que representan las relaciones entre los individuos, se les llama aristas, como podemos ver en las figuras 1 y 2 (ver en Cienciorama "Redes, puentes y carteros", [http://www.cienciorama.unam.mx/#/titulo/431/?redes--puen-](http://www.cienciorama.unam.mx/#/titulo/431/?redes--puen)

está conectada la red influye en la toma de decisiones de una población? ¿Podemos predecir la manera en la que algún comportamiento o fenómeno, como una moda, una ideología o una epidemia, se difundirá si conocemos la red de relaciones entre los individuos de un grupo? ¿Podemos decir algo sobre un individuo en particular por sus conexiones en una red? Todas estas preguntas tienen relevancia a muy distintos niveles y todos nos las hemos hecho de una u otra manera.

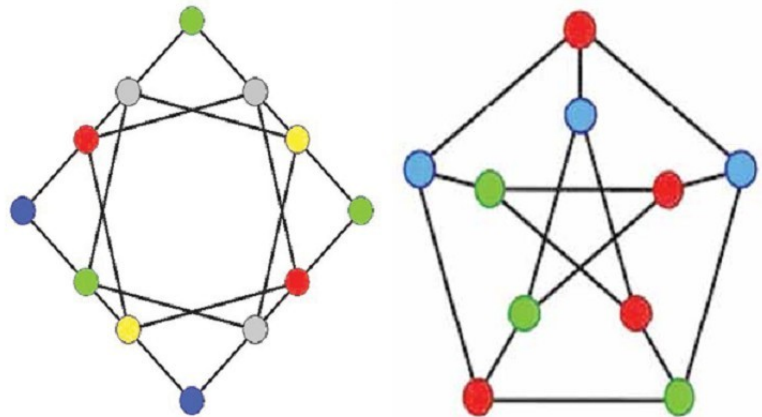


Figura 2. Ejemplo de coloración de grafos.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: editorial@acmor.org.mx

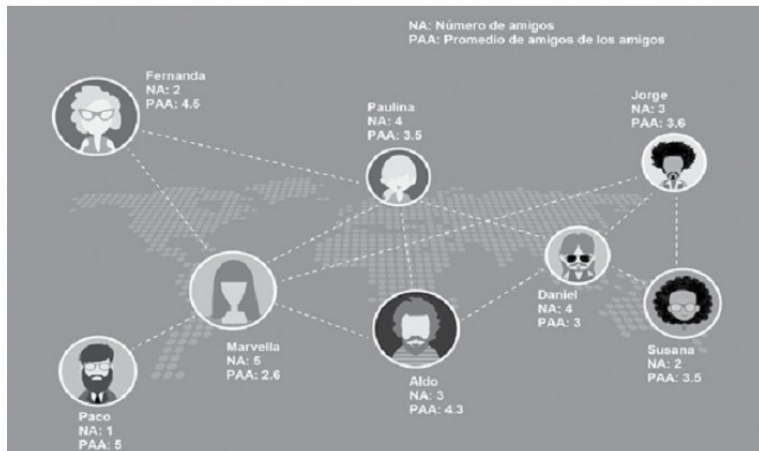


Figura 3. Un ejemplo de una red de amistades. NA es el número de amigos de cada persona, mientras que PAA es el promedio de amigos de los amigos. En este caso la paradoja de la amistad se cumple para Paco, Fernanda, Aldo, Jorge y Susana, que son más de la mitad de la población.

Carolina en California, también investigador social, han pensado en los beneficios que le podrían traer a la sociedad las recientes investigaciones sobre teoría de redes sociales. Uno de sus enfoques se basó en la pregunta de si es posible utilizar el conocimiento de las redes sociales para ayudar en la prevención de una epidemia. Hoy en día la forma usual de comprender la manera en que se expanden las epidemias tiene que ver con la recolección de una gran cantidad de datos por parte de un organismo centralizado que los ordena y después dice con cierta precisión cuál fue el estado de una epidemia en algún momento del pasado. Esta manera de proceder no proporciona en lo absoluto un método de detección temprana.

Para encontrar un método que permita la detección oportuna del brote de alguna enfermedad contagiosa, tenemos que revisar primero brevemente lo que se sabe sobre la difusión de las innovaciones de cualquier tipo en una sociedad. La teoría sobre cómo las sociedades las adoptan tiene mucho que ver con las redes sociales. Sin embargo, aun antes de que su estudio estuviera a la orden del día, se sabía que existían patrones más o menos constantes a la hora de considerar la difusión típica de cualquier cosa dentro de una sociedad, por ejemplo un nuevo tipo de ropa, una canción o incluso una epidemia. La curva típica de "adopción" es la que mostramos en la figura 4.

Éste es un resultado general pero la adopción siempre tendrá que pasar de una manera u otra por alguna de las redes sociales de los grupos humanos. Pensemos en una red social que podría ser de amigos, algunos de los cuales están en contacto con otros estableciendo una red como la que

ilustramos en la figura 4. En ella se señalan dos puntos cuyo número de conexiones son iguales, sin embargo el punto A está conectado con otros nodos con un mayor número de conexiones. Por lo tanto es natural pensar que si la epidemia surgió en un punto aleatorio de la red, entonces es más probable que llegue primero a A que a B. Matemáticamente decimos que A es más central que B.

En las redes existen nodos que están entre los grupos más conectados, y decimos que éstos son más centrales. En este caso el nodo A es más central que el nodo B.



Figura 4. En las redes existen nodos que están entre los grupos más conectados, y decimos que éstos son más centrales. En este caso el nodo A es más central que el nodo B.

Esto nos sugiere que un monitoreo de ciertos individuos clave dentro del grupo nos podría dar información valiosa, por ejemplo una detección temprana de la propagación de una epidemia. Pero en la realidad no siempre es posible hacer el mapeo de una red social y las razones pueden ser múltiples, entre ellas que podría ser muy caro o no ser ético o haber restricciones legales para hacerlo, por ejemplo en el caso de las redes en internet, donde las empresas que proveen los servicios están obligadas a guardar secrecía sobre los datos de

sus usuarios. Aquí es donde la paradoja de la amistad nos puede proporcionar la clave de cómo llegar hasta los individuos centrales sin tener que conocer la red. La idea es muy sencilla: si empezamos en cualquier nodo de la red, bastará con que le pidamos al individuo que representa este nodo que nos indique uno de sus amigos populares y esto nos permitirá acercarnos rápidamente a los nodos centrales.

de uno de sus amigos, y estos amigos nombrados por los integrantes del grupo 1 constituyeron el grupo 2. El estudio consistió en monitorear al grupo 1 y 2 para comparar su evolución durante la epidemia. El comportamiento de estos grupos siguió de manera sorprendentemente precisa las predicciones del modelo de Christakis: los integrantes del grupo 2 (amigos del grupo 1) se contagiaron en promedio 16 días antes que los del grupo 1 (elegido al azar).

Otra de las aplicaciones de las ideas de Christakis es la siguiente: cuando se hace una campaña de inmunización la experiencia ha demostrado que si más del 95% de la población está vacunada, entonces no habrá epidemia. En un ejercicio de modelación Christakis notó que si se inmuniza al azar al 30% de la población, entonces no hay una protección efectiva contra la epidemia y es altamente probable que ocurra. Pero si aplicamos esta técnica a 30% de las personas seleccionadas al azar y les pedimos que nombren a algún amigo dentro de la comunidad e inmunizamos sólo a esos amigos que mencionen y que serán también aproximadamente un 30% de la población, entonces la comunidad quedará tan protegida del brote epidémico como si se hubiera

Esto no había sido realmente posible hasta hoy en día. Ahora, con la invención del internet y el acceso a computadoras personales a gran escala, la situación está cambiando de manera dramática. La cantidad de interacciones que se están automatizando es tremendamente grande, y esto ha abierto la posibilidad de la recolección de datos a gran escala. Esto abre también la puerta a serias discusiones sobre quién tiene derecho a tener esta información y qué es lo que se puede hacer con ella, aunque claramente debemos de saber diferenciar entre las redes sociales donde hay contacto físico y aquellas donde no lo hay, e incluso así, desde un punto de vista general, cosas como los puntos de vista o la moda se pueden propagar sin que haya contacto directo y se comportan de una manera parecida a una epidemia. Pero además debemos estar conscientes de que no todas las verdades a nuestro alrededor se encuentran en las redes sociales. Así como en la difusión de epidemias debemos guiarnos por el conocimiento previo sobre la difusión de las innovaciones, en cada aspecto de la vida en el que queramos aplicar las nuevas herramientas sobre las redes sociales debemos apoyarnos en los conocimientos previos de cada campo. Éste es apenas el comienzo de la aplicación en la sociedad de los conocimientos sobre las redes, y para que nos beneficie a todos valdrá la pena estar muy atentos a todo lo que nos depara esta disciplina en el futuro.

Bibliografía

- Feld, Scott L, "Why your friends have more friends than you do", *American Journal of Sociology*, 96 (6): 1464-1477, 1991.
- Nicholas Christakis, James Fowler, *Social Network Sensors for Early Detection of Contagious Outbreaks*, *PLOS One*, EU, 2010.
- Stanley Wasserman, Katherine Faust, *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, 1994.
- Mark Wilson, "Using the friendship paradox to sample a social network", *Physics Today*, 63: 15-16, 2010.
- Reuven Cohen, Shlomo Havlin, Daniel ben-Avraham, "Efficient immunization strategies for computer networks and populations", *Phys. Rev. Lett.*, 91, 247901, 2003.
- Créditos por imágenes
Figura inicial: https://image-free-pik.com/free-vector/social-network-connections_1010-422.jpg
Figura 1: <https://www.vexels.com/vectors/preview/124740/flat-social-network-illustration>
Figura 3: <https://www.vexels.com/vectors/preview/124740/flat-social-network-illustration>
Figura 4: <http://booleanstrings.com/page/4/>