



## Internet como estructura de vida

### Descripción

Aún siendo tan conspicua, Internet no es la única red relevante. Estamos en relación constante con redes de artefactos físicos: la red de autopistas y carreteras, la red de ferrocarriles, las redes telefónica y de suministro eléctrico, por ejemplo. Pero también hablamos de redes en otros contextos. Por ejemplo, cuando utilizamos nuestra red de contactos para impulsar un proyecto, o si sabemos que una buena red comercial facilita el éxito de una empresa, y cuando somos conscientes de la batalla contra las redes de narcotraficantes. En todos estos casos, las redes son espacios, físicos o virtuales, en los que se tejen relaciones, se articulan comunidades, se sustentan proyectos; y también espacios desde los que se ejerce y se transmite el poder.

Por eso, redes de todo tipo, y no sólo Internet, son cada vez más el sustrato sobre el que se van tejiendo nuestras vidas. En este sentido, los científicos intuyen que la organización en red es un patrón característico de muchas formas de vida. «Dondequiera que encontremos sistemas vivos —organismos, partes de organismos o comunidades de organismos— podremos observar que sus componentes están dispuestos en forma de red. Si vemos vida, vemos redes», ha escrito por ejemplo F. Capra<sup>1</sup>. Los estudios sobre organizaciones en red aparecen así no sólo en el ámbito de la Ingeniería, sino también en campos tan dispersos como las Ciencias sociales o la Fisiología, y por supuesto la Matemática<sup>2</sup>.

De hecho, cabe que la explicación última de la rápida aceptación de Internet sea justamente su capacidad de dar soporte a la tendencia *universal* hacia organizaciones en red. Manuel Castells, por ejemplo, apunta que «la revolución de la tecnología de la información ha sido útil para llevar a cabo un proceso fundamental de reestructuración del sistema capitalista a partir de la década de los ochenta»<sup>3</sup>. Lo que significa que no es Internet quien impulsa la nueva economía, sino que Internet es un instrumento, ciertamente imprescindible, para quienes impulsan la nueva economía. Lo mismo sucede en muchos otros ámbitos de nuestra sociedad, lo que lleva al propio Castells a proponer el término *sociedad-red* como el que mejor describiría las sociedades actuales.

### PROPIEDADES DE LAS REDES

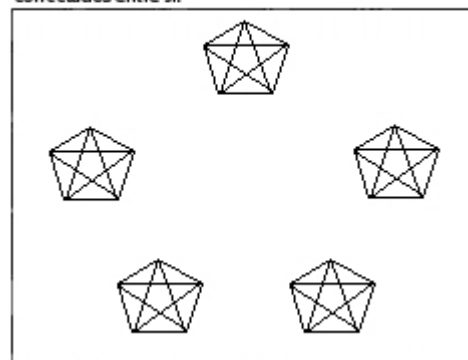
Una de las características destacadas de las redes es que manifiestan los denominados comportamientos *no lineales*, lo que significa que la respuesta de una red a una modificación determinada puede ser absolutamente desproporcionada en relación con la magnitud de esa modificación. Acostumbrados a que exista una relación proporcionada entre causa y efecto, los resultados de los fenómenos no lineales pueden resultar altamente contraintuitivos.

Las dificultades inherentes a realizar predicciones meteorológicas precisas, por ejemplo, resultan directamente de la no-linealidad de las ecuaciones utilizadas. La propagación de fallos locales en redes extensas, como las de telefonía y distribución de energía eléctrica<sup>4</sup>, han causado en ocasiones paradas masivas de esas redes. Desde luego, se producen también situaciones de esta naturaleza en el dominio de Internet. Vemos con demasiada frecuencia cómo la introducción de un virus en un ordenador conectado a Internet puede producir una epidemia global, llegando a paralizar los sistemas informáticos de gobiernos y grandes empresas en todo el mundo. Mediante un fenómeno en el fondo similar, la posibilidad de grabación y distribución de música en el formato digital MP3 creó en pocos meses un movimiento con decenas de millones de clientes que ha llegado a poner en cuestión la estrategia y prácticas de negocio de las grandes compañías discográficas<sup>5</sup>.

De este modo, los formalismos de la teoría de las redes, cuyo estudio los matemáticos iniciaron hace varias décadas, tienen hoy un evidente interés práctico. Uno de los resultados recientes de esta actividad es el descubrimiento de una categoría de redes, denominadas «redes de pequeño mundo» (*small world networks*), cuyas propiedades parecen ser a la vez universales y relativamente fáciles de estudiar<sup>6</sup>.

Para acercarnos de un modo accesible a las *redes de pequeño mundo*, consideremos por ejemplo una comunidad de individuos (representados por puntos en las figuras sucesivas) que instrumentan sus relaciones conectándose a través de Internet. La estructura de las conexiones puede adoptar dos formas extremas. En una de ellas la red se utilizaría sólo para conectar individuos próximos entre sí, que posiblemente ya se conocen o mantienen también una relación fuera de la red (*Figura 1*)<sup>7</sup>. En el otro extremo, cada individuo se aprovecharía de la ubicuidad y flexibilidad de la red para conectarse con interlocutores seleccionados prácticamente al azar, independientemente de su ubicación (*Figura 2*). La cuestión que se plantea es la caracterización de las estructuras sociales resultantes.

Figura 1. Conexión en red local. Los nodos tienden a conectarse únicamente con nodos que también están conectados entre sí.



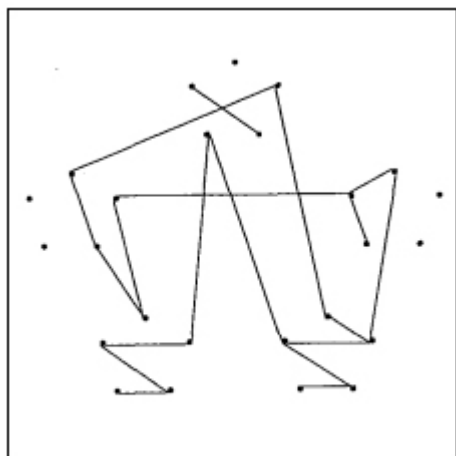


Figura 2. Red aleatoria

La estructura estática de una red de este tipo puede describirse esencialmente por dos parámetros: El *diámetro* de la red ( $L$ ) y su *cohesión local* ( $K$ ). El diámetro está relacionado con el número medio de tramos de la red que separan dos nodos cualesquiera. El índice de cohesión local refleja la probabilidad de que si  $A$  está conectado directamente con  $B$ , y  $B$  con  $C$ ,  $A$  esté también directamente conectado con  $C$ . Resulta intuitivamente obvio que las redes aleatorias (*Figura 2*) tienen un diámetro relativamente pequeño<sup>8</sup>, pero también una cohesión local pequeña. Por el contrario, las redes regulares mantienen una cohesión local alta, pero también un mayor diámetro.

Utilizando un lenguaje social, cada uno de estos modelos extremos de red tiene sus atractivos y sus inconvenientes. En primera instancia, cabe pensar que el modelo de conexión aleatoria reproduciría más aproximadamente las características de una sociedad que se reestructura bajo el impulso de la globalización económica. En la medida en que los circuitos superiores del capital se globalizan<sup>9</sup>, los nodos que responden primordialmente a motivaciones económicas tenderían a conectarse con aquellos que les resulten más atractivos, estén donde estén. En el extremo de máxima aleatoriedad, esa estrategia de interconexión llevaría a que elementos vecinos acabaran integrados en subredes disconexas y dejaran de interactuar entre ellos; al mismo tiempo, los nodos que, por el motivo que sea, no pudieran establecer conexiones de largo alcance quedarían aislados de la dinámica global de la red. La configuración resultante expresaría de ese modo la *fractura local*, que es repetidamente denunciada por los críticos de la globalización<sup>10</sup>.

Si analizamos la estrategia de conexión opuesta, que, llevada al límite, primaría siempre las conexiones globales frente a las locales, la situación es obviamente muy distinta. Un grupo de nodos que se resistiese a la conexión global mantendría evidentemente su cohesión; sin embargo, correría el riesgo de quedarse totalmente aislado si otros grupos de nodos adoptaran la estrategia de conexión global (*Figura 3*). Si se identifica globalización con progreso, ese grupo de nodos podría perder oportunidades significativas de progreso.

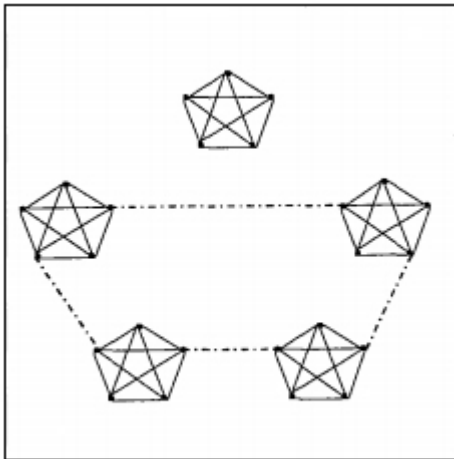
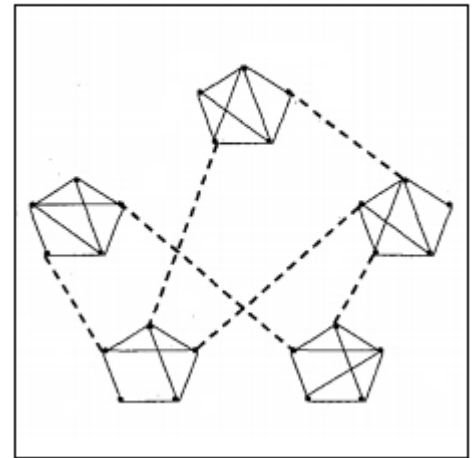


Figura 3.

Figura 4. la adición de un número relativamente reducido de enlaces de largo alcance transforma una red localmente conectada en una red global.



Si las consideraciones anteriores son sugerentes, resulta también interesante conocer que los matemáticos han conseguido recientemente construir una familia de modelos de red que interpolan de modo continuo entre ambos extremos anteriores. En líneas generales, el procedimiento que se sigue es muy sencillo: partiendo del modelo cohesionado, se recorre la red sustituyendo los vínculos originales por otros de largo alcance con una probabilidad  $p$  (Figura 4) En el límite en que  $p=0$ , se tiene el modelo local, y en el límite  $p=1$  el modelo aleatorio. El resultado es espectacular (y altamente no lineal) (Figura 5); incluso a valores muy pequeños de  $p$ , el diámetro de la red disminuye muy rápidamente, pero la cohesión local lo hace de modo mucho más lento. Existe por tanto un amplio rango de redes (correspondientes a la zona comprendida entre las dos líneas de la gráfica) que exhiben un diámetro pequeño (comportamiento global) manteniendo la cohesión local. La existencia de estas redes, denominadas en la literatura como *redes de pequeño mundo*, ha sido verificada tanto con argumentos teóricos como en simulaciones de ordenador.

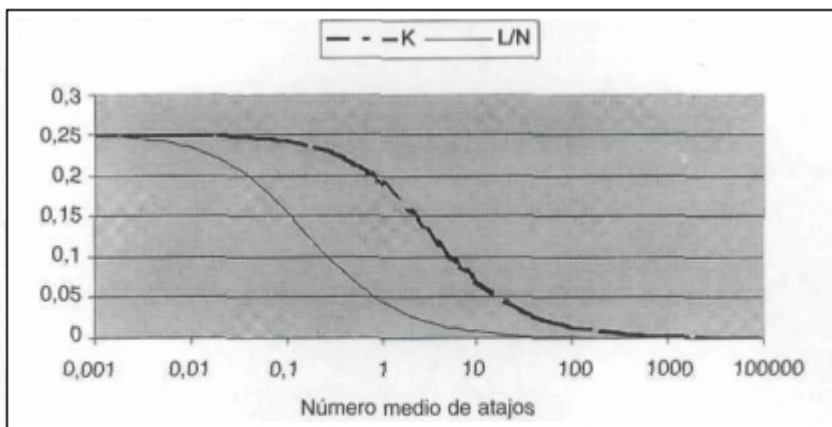


Figura 5. Diámetro e índice de cohesión (normalizados) de una red de pequeño mundo en función del número medio de vínculos aleatorios. La parte izquierda de la gráfica corresponde a una red local y la derecha a una red totalmente aleatoria. Se observa que el diámetro cae mucho más rápidamente que el índice de cohesión a medida que se sumen la aleatoriedad de la red. En consecuencia, existe un amplio rango de redes que, manteniendo la cohesión local, son tan globales como las redes aleatorias.

Este descubrimiento ha propiciado un renovado interés en la investigación de la dinámica de los sucesos que se desarrollan sobre la red, como la propagación de epidemias, modas o fallos, y también los resultados de simulaciones de juegos de rol. Aunque los resultados matemáticamente

rigurosos son todavía escasos, las características básicas de la situación son fácilmente accesibles.

Supongamos que cada nodo puede tener varios estados (p.e. está o no contaminado por un virus, adopta o no una determinada tendencia, etc.); y que la decisión sobre el estado que adopte está determinada por la de sus vecinos (p.e. se contagia con alta probabilidad si un número mínimo de sus vecinos está contagiado). Supongamos que, partiendo de una red inicialmente en estado de *no contagio*, se contamina un número reducido de nodos. La extensión y el ritmo de propagación del contagio dependerá claramente del resultado de dos interacciones opuestas. Por una parte, cuanto menor sea el diámetro de la red mayor será la rapidez con que la posibilidad de contagio se extienda globalmente. En sentido opuesto, si la red mantiene una cohesión global alta, es posible que la conexión entre nodos no contagiados permita repeler localmente el contagio. Así pues, una red puramente aleatoria sería altamente vulnerable, pero no así necesariamente una red de *pequeño mundo* apropiadamente cohesionada. Como es de esperar, en último término la extensión local del contagio depende muy críticamente de los detalles de la configuración de la red. En la práctica, el hecho de que los resultados no admitan generalizaciones evidentes significa que sea difícil anticipar las situaciones de un rápido contagio global.

## REDES Y GLOBALIZACIÓN

Este tipo de equilibrio entre tendencias tiene una traducción sugestiva en el terreno de los eslóganes relacionados con la globalización y que, en la práctica, tienen una correlación directa con las tendencias de organización en red.

En la actualidad, el eslogan «piensa globalmente, actúa localmente», correspondería a las prácticas de quienes impulsan los esquemas más liberales de globalización<sup>11</sup>. Los actores que pueden planificar a escala global tienen también la capacidad de implantar políticas de inversión, producción y fiscales diferenciadas en función de las condiciones locales, buscando siempre la ubicación parcialmente más favorable en cada caso, de modo que los compromisos con el entramado social local quedan siempre supeditados a condicionantes globales, como el momento financiero o la competitividad. Bajo esta óptica, la organización en red de estos actores globales no necesitaría ir más allá de un patrón de red aleatoria, primando las conexiones globales sobre la estructura local.

Sin embargo, es también posible una actuación basada en el eslogan complementario «piensa localmente, actúa globalmente». Desde esta óptica, la estrategia se definiría primordialmente en función de las condiciones locales, pero se ejecutaría, eso sí, desplegando un número suficiente de conexiones globales. Las propiedades del modelo de redes de *pequeño mundo* sugieren que el número de estas conexiones puede muy bien ser reducido. En la práctica, el modelo impulsado desde la ciudad de Porto Alegre y el Estado brasileño de Rio Grande du Sul es probablemente el más conocido a este respecto.

Es cualquier caso, parece obvio que no será suficiente a ningún nivel (empresarial, local, nacional) la determinación de avanzar hacia una *organización en red*; los detalles de la estructura de la red, incluyendo los que afectan al equilibrio local/global serán asimismo decisivos. Necesitaremos aún, sin embargo, avanzar de modo sustancial en los detalles de cómo elaborar estrategias en esta dirección.

### NOTA S

1 · F. Capra, *La trama de la vida*, Anagrama, Barcelona 1998, p. 99.

2 · Ver, por ejemplo, S.H. Strogatz, «Exploring complex networks», *Nature* 8.03.2001, p. 268.

- 
- 3 · M. Castells, *La era de la información*, vol. 1, Alianza Editorial, Madrid 2000, p. 43.
  - 4 · Ver, por ejemplo, <http://wwwxnn.eom/rECH/9608/l1/power.outage/> sobre el apagón masivo que tuvo lugar en 11 de Agosto de 1996 en el oeste de EE UU.
  - 5 · Ver, por ejemplo, «Download This», en Business Week 29.05.2000, p. 53.
  - 6 · Duncan Watts, *Small Worlds. The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Princeton 1999.
  - 7 · De hecho, los estudios de campo sugieren que muchos de los usuarios de Internet se conectan entre sí de este modo. Ver por ejemplo M. Castells, *La galaxia Internet*, Areté, Madrid 2001, capítulo 3 y referencias citadas en el mismo.
  - 8 · La distancia media entre dos nodos crece sólo como  $\ln(N)$ , siendo N el número de nodos.
  - 9 · Sassen, S., *Cities in a World Economy*, Pine Forge Press, 2000.
  - 10 · Ver, por ejemplo, Bauman, Z., *Globalization: The Human Consequences*, Polity Press, 1998, capítulo 4.
  - 11 · Ver, por ejemplo, U. Beck, *Qué es la globalización*, Paidós, Barcelona 1998.

**Fecha de creación**

29/07/2002

**Autor**

Ricard Ruiz de Querol

Nuevarevista.net