Capítulo quinto

El ciberespacio y el control de las redes

Alberto Calero

Resumen

La complejidad del mundo actual ha crecido de forma acelerada en los últimos quince años. Las tecnologías de la información y comunicaciones están en el origen de esta transformación. Internet móvil, *smartphones*, «servicios en la Nube», «Internet de las cosas», *Big Data*, «redes sociales»... son manifestaciones de esta realidad. Los cambios asociados a esta nueva complejidad son disruptivos. No suponen una simple evolución de los fenómenos vistos en el siglo XX. Las estructuras de poder y de influencia, el concepto de cercanía o lejanía, de fronteras, los tiempos de evolución de los acontecimientos, la duración de los efectos, la vulnerabilidad y resistencia de los sistemas a cambios del entorno, cambian de una forma muy significativa en este contexto. Diversas tecnologías están apareciendo en los últimos años bajo el paraguas de *Big Data Analytics* y «Ciencia de las Redes» que son la llave para entender los mecanismos de esta nueva situación.

Abstract

Complexity in the present world has increased in the last 15 years faster than ever. The information and telecommunications technologies are the source of this transformation. Mobile Internet, smartphones, Cloud Com-

puting, Internet of things, Big Data, Social networks... are examples of this reality. The changes associated to this reality are disruptive. It is not just an evolution of what we have seen in the XX century. The power structures and influence, the concepts of distance, boundaries, the evolution time of the events, the length and duration of the associated effects, the vulnerability and the resilience of the systems to environment changes, are very different in this new context. Several technologies are appearing under the concepts of big data analytics and network science that are key to understand the mechanisms of this new situation.

Palabras clave

Geopolítica, ciberespacio, redes, «Ciencia de las Redes», *Big Data*, computación en la Nube, NSA, ciberseguridad, ciberpoder, reputación en red, ciberguerra, infraestructuras de Internet, redes sociales, visualización de redes, Internet de las cosas, fusión de datos, nueva Guerra Fría.

Key words

Geopolitics, cyber space, networks, network science, Big Data, cloud computing, NSA, cyber security, cyber power, reputation on line, cyber war, internet infrastructures, social networks, network visualization, internet of things, data fusion, new cold war.

Contexto

La década de los 40 del siglo XX supuso uno de los momentos más complejos de transformación de la sociedad humana moderna cristalizando en la Segunda Guerra Mundial. La tecnología nuclear fue clave en la resolución del conflicto, sobre todo teniendo en cuenta que si Alemania hubiese conseguido la bomba atómica antes que Estados Unidos el resultado hubiese sido muy distinto. Esta tecnología cambió definitivamente el balance de poder posterior, dando lugar al concepto de destrucción mutua asegurada con el que hemos vivido prácticamente todos los miembros de la sociedad actual.

La complejidad de nuestro mundo en la segunda década del siglo XXI es equiparable a la de la mitad del siglo XX. El ciberespacio en el que estamos inmersos crea una nueva forma de riqueza y de capacidades que extienden el mundo real más allá de lo conocido tan solo hace veinte años. ¿Existe una tecnología disruptiva con un impacto potencial en este nuevo mundo análogo al de la bomba atómica en el planeta del pasado siglo? ¿En qué consiste? ¿Quién dispone de ella? ¿Pueden ser sus consecuencias potencialmente tan devastadoras? ¿Es su génesis algo tan secreto como lo fue el proyecto Manhattan que gestó la primera bomba atómica? ¿Qué papel juegan las potencias tradicionales y las emergentes?

¿Podría pararse el mundo el día después de usarla? ¿Se está usando ya?

Acompáñenme en este capítulo explorando las claves para comprender el nuevo momento de nuestra civilización.

Resumen ejecutivo

> *«La comprensión, el uso y aplicación de una nueva generación de tecnologías en el campo de la «Ciencia de las Redes» es clave para comprender, gestionar y anticipar los retos políticos, sociales y económicos del mundo actual».*

La complejidad del mundo actual ha crecido de forma acelerada en los últimos quince años. La complejidad de algo depende del número de componentes así como de las relaciones entre ellos.

Las tecnologías de la información y comunicaciones están en el origen de esta transformación. Su evolución ha facilitado el incremento de conexiones y de elementos interconectados (personas, ordenadores, sensores...). Estas tecnologías han facilitado la comunicación entre los diferentes agentes capaces de procesar información, humanos y sintéticos, siendo estas nuevas conexiones las responsables en gran medida de los mayores niveles de complejidad que vivimos. Internet móvil, *smartphones*, «Servicios en la Nube», «Internet de las cosas», *Big Data*, «redes sociales»... son manifestaciones de esta realidad.

Los cambios asociados a esta nueva complejidad son disruptivos. No suponen una simple evolución de los fenómenos vistos en el siglo XX. Se producen discontinuidades y sorpresas no anticipadas con los métodos de análisis tradicionales. Política y socialmente el impacto es muy grande.

Las estructuras de poder y de influencia, el concepto de cercanía o lejanía, de fronteras, los tiempos de evolución de los acontecimientos, la duración de los efectos, la vulnerabilidad y resistencia de los sistemas a cambios del entorno cambian de una forma muy significativa en este contexto.

Detrás de esta complejidad subyacen las redes de relaciones y conexiones entre personas, maquinas, células... y es el estudio de las mismas la llave para entender los mecanismos de esta nueva situación. Diversas tecnologías basadas en ellas están apareciendo en los últimos años bajo el paraguas de *Big Data Analytics* y «Ciencia de las Redes» y están disponibles para su uso práctico como resultado de las investigaciones desarrolladas en los últimos quince años.

Las redes están en el corazón de las tecnologías más revolucionarias que han aparecido en los últimos años de la mano de Google, Facebook, Cisco, Twitter... Las redes y la complejidad que llevan consigo asociada forman parte de la vida actual, de la economía, de las relaciones en nuestra sociedad y son clave para entender el futuro. Es imposible afrontar el estudio de la nueva complejidad sin entender el comportamiento de estas redes. En los últimos años se han producido avances importantes en la comprensión de las mismas, las leyes comunes que tienen y en el desarrollo de tecnologías asociadas para su control, análisis y comprensión.

Es importante recordar que muchas de estas redes clave actuales han evolucionado y evolucionan de una forma natural, no predefinida, por lo que la mayoría de ellas tienen estas leyes genéricas de red.

En este capítulo del libro se describen los aspectos más relevantes de la nueva «Ciencia de las Redes» y *Big Data Analytics,* así como su conexión con herramientas actuales que las organizaciones públicas y privadas están empezando a usar de una forma activa para anticipar e intentar controlar sus destinos en el entorno de gran complejidad en el que estamos inmersos.

Es fundamental para cualquier organización, incluso para los individuos a nivel personal, tener acceso a estas tecnologías que cada vez más son fundamentales para intervenir, influir y anticipar la evolución de los acontecimientos.

El reto de la nueva complejidad se matiza con las nuevas tecnologías disponibles para afrontarla.

La nueva complejidad. El nuevo concepto de frontera

> *«La complejidad ha adquirido una nueva escala. Las fronteras se identifican en base a un nuevo concepto de distancia. Las fronteras son dinámicas y se entrelazan entre diferentes geografías, sociedades, culturas y organizaciones. Muchos de los acontecimientos inesperados sucedidos en los últimos años obedecen a esta nueva complejidad».*

Hay una gran cantidad de fenómenos que han emergido en el mundo actual de una forma súbita e inesperada que reflejan un nuevo nivel de complejidad y relaciones de influencia desconocidos hasta la fecha. La base de los mismos es Internet y las nuevas formas de comunicación que sustenta, así como las infraestructuras de comunicaciones de datos generales y en concreto «La Nube» o *Cloud Computing* que supone la conversión de la tecnología de la información en una *utility* más como es la red eléctrica. Son fenómenos rápidos e inesperados con una difusión amplia y difícilmente predecibles con los métodos de análisis clásicos.

Octubre de 1987. La caída de la bolsa

El 19 de octubre de 1987 cuando Wall Street perdió un 22,6 por ciento en un único día, el recuerdo de la crisis del 29 planeó sobre la mente de la sociedad (Figuras 1 y 2). Diversas razones económicas y de mercado estaban detrás de esta caída, pero la increíble velocidad a la que se produjo sorprendió a todos. Este efecto estaba relacionado de forma directa con una importante actualización tecnológica que se había incorporado recientemente a las plataformas de mercado continuo: la conexión del mercado de contado de Wall Street y el de derivados de Chicago que originó que

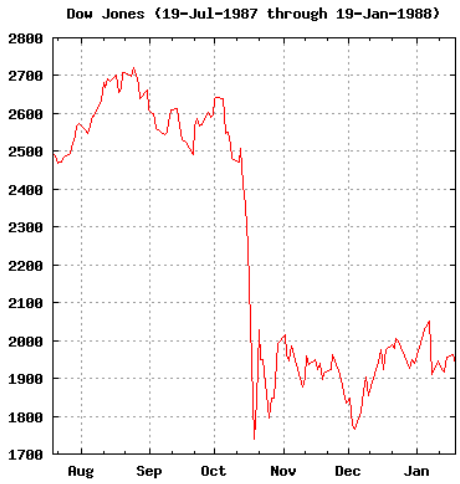

Figura 1. ***Black Monday. Dow Jones.*** **Wikipedia (Lunes Negro, 1987).**

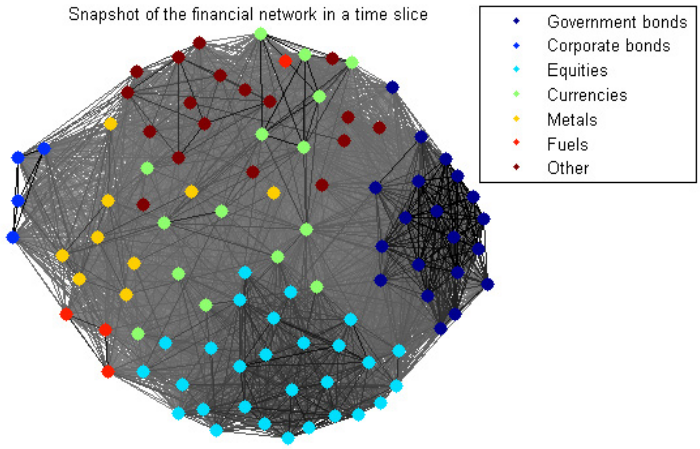

Figura 2. ***Financial Network Snapshot.*** **Networks, Mathematical Institute. Oxford Centre for industrial and Applied mathematics. University of Oxford.**

cuando empezaron los descensos los sistemas de ventas saltaron en una reacción en cadena y produjeron una situación de pánico tras una realimentación positiva. «Los programas automáticos de *trading* eran la causa principal». En estos programas, las computadoras realizan las ejecuciones bursátiles en base a las entradas externas, tales como el precio de *securities* relacionados. En una primera aproximación no se pudo anticipar el efecto que tendría el acercamiento de los eventos de mercado que antes de la conexión tenían un comportamiento predecible y con influencias más retardadas en el tiempo. Una conexión simple entre dos redes complejas como eran las dos plataformas mencionadas añadía un nuevo nivel de complejidad no esperado. Era un efecto cascada en este caso de la «red financiera» donde diversos acontecimientos en principio independientes se convertían en cercanos y fuertemente ligados.

Atentados de Madrid del 11M al 14M de 2004

En 2004, cuando se produjeron los trágicos atentados de Madrid en la estación de ferrocarril de Atocha, se produjo uno de los primeros fenómenos de realimentación de información social, antes de que *Twitter*, creado en 2006 apareciese o existiesen otros medios de mensajería instantánea en el móvil como *WhatsApp*, o el mismo *Facebook* que veía la luz en esos años. El vehículo fueron los mensajes cortos (SMS). Entre los días 11 y 14 de marzo de 2004 se produjo un pulso entre el poder político y la reacción espontánea de una parte de los ciudadanos, indignados por cómo el Gobierno gestionaba la información tras los atentados de Madrid. Las redes de intercomunicación por Internet y mensajes SMS que funciona-

ron aquellos días como altavoces de la irritación popular se concretaron en convocatorias y tuvieron repercusiones electorales. La velocidad de difusión, la aparición de sincronías y de grupos, así como la importancia de determinadas relaciones en la red fueron manifestaciones de la misma que en realidad forman parte de las características generales de la mayoría de las redes.

El apagón eléctrico de 2003 en Estados Unidos

Una de las redes más extensa y ubicua en nuestra sociedad es la red eléctrica desarrollada a lo largo del siglo XX. El aumento de la población y de la actividad económica con el aumento correspondiente de la demanda eléctrica ha hecho que esta red de distribución de energía se haya vuelto mucho más compleja de lo que originalmente era. Las interconexiones entre centros de consumo y de generación se han sofisticado de una forma notable. En el apagón de Estados Unidos de 2003, se produjo un efecto cascada que dejó sin luz a todo el noreste de Estados Unidos. La distancia en términos eléctricos entre una ciudad como Chicago con Nueva York era muy pequeña aunque geográficamente estuviesen a miles de kilómetros ya que la configuración de la red eléctrica hacía que ambos centros estuviesen de hecho juntos en su comportamiento y evolución en caso de un problema en la red. La vulnerabilidad debida a una alta interconectividad es otro de los aspectos característicos de las redes en la actualidad. Las redes son tremendamente robustas frente a determinado tipo de incidencias y al mismo tiempo tremendamente frágiles respecto a otros. En estos momentos se puede ya entender el comportamiento de las mismas en ambas situaciones para su planificación y control a través de las nuevas herramientas de análisis de «Ciencia de las Redes» y gran parte del concepto de *Smart Grid* tiene este tipo de tecnologías.

La primavera árabe 2011

Seis años después, el año 2010 vio la consagración de las redes sociales y del papel de la *web* como instrumento de movilización y de difusión de información. 250 millones de usuarios se unieron a *Facebook* en 2010. Al final del año, la red social contaba con 600 millones de miembros. 175 millones de personas utilizaban *Twitter* en septiembre de 2010, es decir, 100 millones más que el año anterior.

En la primavera de 2011 estallaron una serie de revueltas en varios países árabes y provocaron la caída de regímenes que llevaban décadas en el poder, en algunos casos de una forma increíblemente rápida. Las primeras movilizaciones se produjeron en Túnez y pronto se extendieron a Egipto y Libia.

El aislamiento tradicional al que estaban sometidos los países árabes se acaba cuando la globalización tecnológica deja inservibles las fronteras geográficas oficiales. Entonces las relaciones virtuales empezaron a ser algo habitual, al poder contactar con cualquier lugar del mundo sin necesidad de realizar un desplazamiento físico. Internet y las redes sociales transformaron los sistemas de comunicación y generaron un intercambio continuo y masivo de información con el exterior. En este nuevo escenario, los ciudadanos, tenían por primera vez a su alcance unos medios que permitían sortear la censura.

Las continuas llamadas a la revolución a través de la red consiguieron congregar a miles de ciudadanos en las calles. Las concentraciones multitudinarias en ellas fueron un ejemplo de ese poder de convocatoria. Internet y las redes sociales fueron útiles al inicio de las revueltas y también durante el desarrollo de los conflictos porque permitieron hacer un seguimiento de la evolución de los hechos.

Es importante caer en la cuenta de que la velocidad de difusión de la información y la percepción de la realidad de los miembros de las comunidades que estaban usando las redes sociales seguían una serie de patrones especiales típicos de las redes que no son comprensibles si no se analizan desde una perspectiva diferente a la tradicional. También es de destacar que el concepto de frontera como tal se desvanece cambiando a su vez el concepto en sí de distancia, cercanía o lejanía dando lugar a una nueva geografía/topología en el mundo actual. La Figura 3 muestra en otro ejemplo el aspecto que tienen las conexiones en red relacionadas con conflictos de opiniones. Todas las personas pertenecen a un mismo país y sin embargo las distancias entre los grupos son muy relevantes y perfectamente definidas. Normalmente, en las redes sociales se pueden ver las agrupaciones de las personas soportando los diversos puntos de vista, (tres agrupaciones separadas en la Figura 3), así como los puntos

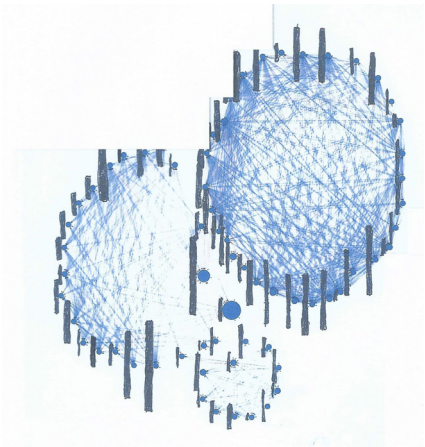

Figura 3. Opiniones enfrentadas en la red. Cortesía: Maven7/A&J Engineering.

de unión entre ambas agrupaciones, ya que suponen el principal elemento de interconexión entre puntos de vista diferentes. Normalmente cada uno de los grupos se realimenta con su propia información, por lo que no evolucionan al carecer de información nueva que venga del exterior. El flujo de cambio de opinión se produce a través de estos puntos de conexión que son normalmente personas que de hecho son vistas como pertenecientes a su grupo desde el punto de vista de cada lado. En este caso real, la existencia de los nodos de conexión intermedios y del clúster pequeño son fundamentales para encontrar un entendimiento entre los dos grupos grandes separados en su opinión.

Mapa de riesgos mundiales

El *World Economic Forum* realiza cada año una evaluación de los diferentes riesgos a los que se enfrenta el mundo en opinión de una serie de expertos mundiales en la materia. Los riesgos se solían identificar de una forma aislada, aunque se era consciente de que la mayoría de ellos estaban relacionados con los demás.

En el año 2012 se hizo un estudio con tecnología de redes para analizar la complejidad añadida al hecho de que muchos de esos riesgos estaban de hecho interconectados entre sí, ofreciéndose una nueva visión para el análisis de los planificadores y políticos. Por primera vez se podría establecer una jerarquía de prioridades para el tratamiento, de tal forma que se identificaban aquellas partes de la red que tenían un impacto mayor en el resto y por lo tanto su control significaría una mayor estabilidad de todo el sistema global. En la Figura 4 se puede ver un esquema de relaciones entre riesgos y en la Figura 5 el subconjunto que si permanece

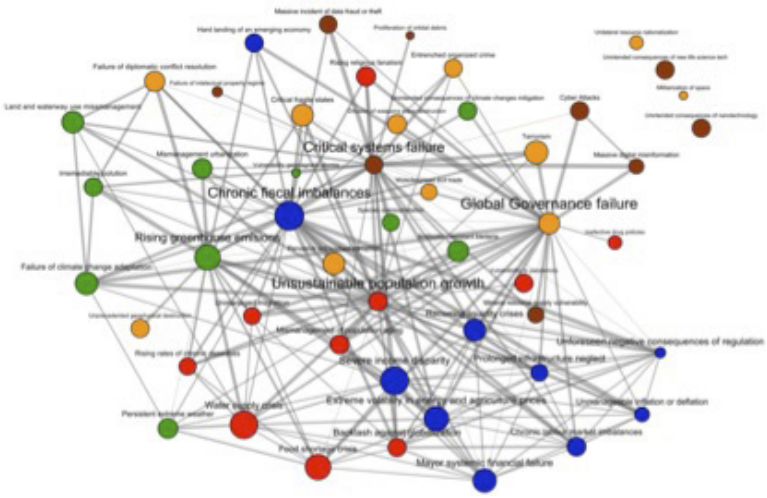

Figura 4. Cortesía de Maven7/A&J Engineering.

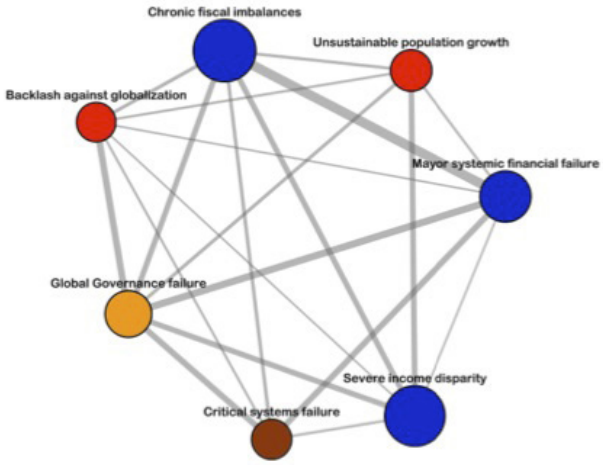

Figura 5. Cortesía de Maven7/A&J Engineering.

estable permite el nivel mayor de estabilidad en toda la red, de tal forma que la gestión de la complejidad se aborda de una manera más efectiva y sencilla. Es por lo tanto mucho más efectivo tratar la complejidad a través de clústeres o agrupaciones en forma de «subredes».

Gripe aviar

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha avisado de un riesgo substancial de epidemia mundial de gripe en un futuro cercano, con la máxima probabilidad de que derive del tipo de gripe aviar H5N1. El riesgo toma la forma de recombinación entre el virus de la gripe aviaria y alguno de los virus que circulan por la población humana. En el período entre 2004 y 2006 se produjeron una serie de brotes que alertaron a toda la población mundial. A medida que la población urbana aumenta en el mundo, la constante movilidad de las personas hace que el riesgo de pandemia aumente constantemente. Las organizaciones de salud públicas, en su preocupación por anticipar y controlar la evolución temporal y espacial de las enfermedades infecciosas altamente contagiosas, cuentan en estos momentos con tecnologías de nueva generación basadas en redes para visualizar y simular las epidemias. En las Figuras 6, 7 y 8 se pueden ver las pantallas que generan de forma automática sistemas como GLEaMviz, desarrollado por el equipo de Alessandro Vespignani en Boston. GLEaMviz es uno de los simuladores de epidemias más avanzados para la simulación de la evolución de epidemias basado en principios y leyes de la Ciencia de las redes.

Las redes de movilidad humana están en estos momentos definidas, estudiadas y modeladas sobre todo alrededor de los datos que parten de

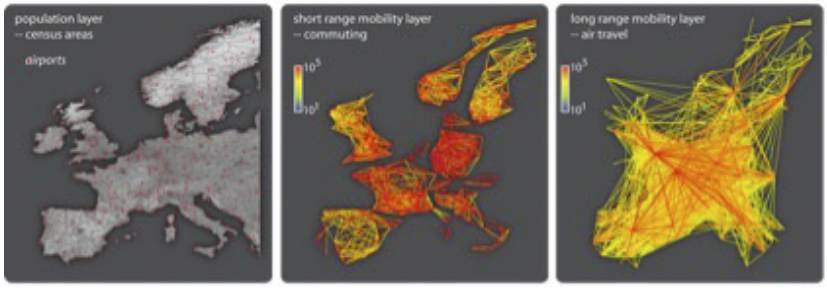

Figura 6. Simulador GLEaMviz (Alessandro Vespignani).

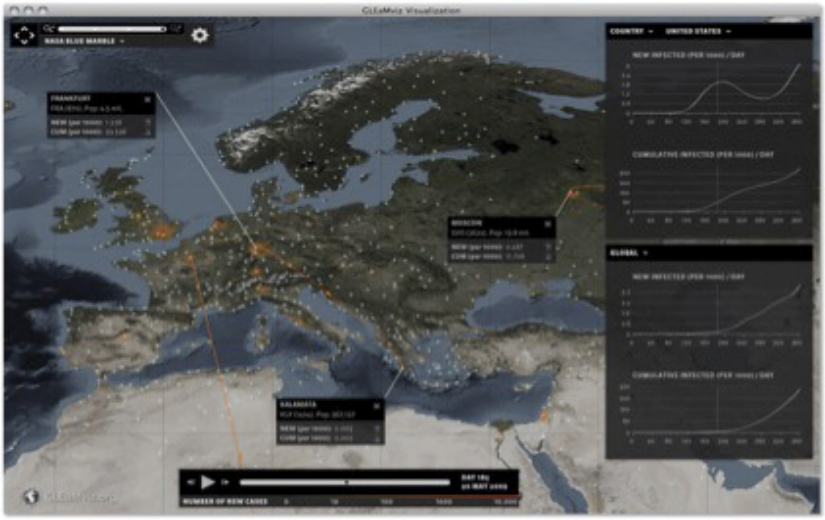

Figura 7. Simulador GLEaMviz (Alessandro Vespignani).

Figura 8. Simulador GLEaMviz (Alessandro Vespignani).

los dispositivos móviles que en su mayoría disponen de GPS y proporcionan de una forma constante datos de posición de las personas.

Todos estos casos son ejemplos de la emergencia de una nueva categoría de sistemas complejos donde es difícil deducir su comportamiento a partir del análisis del comportamiento de sus componentes individuales. Pero estos sistemas forman parte de la vida actual y su proliferación va en aumento en áreas como la economía, la seguridad y, en general, en el día a día, por lo que es necesario comprender sus bases matemáticas y tecnológicas, y desarrollar las formas de predicción y control, siendo uno de los retos principales del siglo XXI.

El nuevo concepto de frontera. Una nueva forma de medir la cercanía y la lejanía

En el concepto global de la geopolítica, las fronteras y la soberanía son conceptos básicos que son objeto de cambio en el nuevo nivel de complejidad del mundo. Se trata a continuación las bases de dicho cambio.

Una descripción de la frontera tradicional aparece así en la versión en castellano de *Wikipedia*:

«La "frontera" es un tránsito social entre dos culturas. Restringido al ámbito político, este término se refiere a una región o franja, mientras que el término "límite" está ligado a una concepción imaginaria.

Los Estados tienen una característica esencial: la soberanía, esto es, la facultad de implantar y ejercer su autoridad de la manera en la que lo crean conveniente. Para que el ejercicio de la soberanía por parte de los Estados no perjudique a otras naciones, se crean límites definidos en porciones de tierra, agua y aire. En el punto preciso y exacto en que estos límites llegan a su fin es cuando se habla de fronteras.

Las fronteras al contrario de lo que muchas veces se cree, no se demarcan únicamente cuando hay tierra de por medio, pues existen diferentes tipos de fronteras: aéreas, territoriales, fluviales, marítimas y lacustres.

Esto quiere decir que, en muchos casos, la frontera de un país con otro no se encuentra definida solamente donde hay tierra, pues en algunos casos esa división se efectúa utilizando ríos, mares, etcétera.

Las fronteras se caracterizan por el alto grado de vigilancia, para evitar entradas en masa de inmigrantes, de drogas, de mercaderías, etcétera.

El caso de la frontera aérea es utilizada para poder controlar el cielo del país (un avión que desee pasar por el espacio aéreo de un Estado ajeno a aquel de donde proviene debe pedir autorización, de lo contrario el Gobierno de dicho Estado puede considerar que su espacio aéreo está sien-

do invadido, lo que puede conducir a que se tomen decisiones extremas que pueden llegar hasta el derribo de la aeronave).

Lo importante es saber que las fronteras son las que demarcan la soberanía y el territorio de un país, y que dicho territorio no es solo terrestre, sino también aéreo, lacustre, marítimo y fluvial».

Sin embargo, como hemos dicho, las tecnologías de la información han transformado de una manera relevante el alcance del significado actual del término frontera. Son las nuevas fronteras del ciberespacio, diferentes a las geográficas, las que marcan y permiten entender las claves geopolíticas actuales, nuevas formas de poder, nuevos conceptos de soberanía, de defensa, de afinidad, de cercanía o lejanía de hecho entre personas y sociedades transformando las claves de la geopolítica del siglo XXI.

¿En qué consisten las nuevas fronteras? El concepto de distancia está unido al concepto de frontera. La historia de la humanidad siempre ha estado marcada por el concepto de cercanía y lejanía. Las grandes transformaciones de la sociedad en los últimos siglos han estado directamente relacionadas con los avances en la energía y consecuentemente el transporte y las telecomunicaciones con su impacto en la cercanía o lejanía de personas y cosas. Es el intercambio de información a lo largo del tiempo, siempre limitado por las distancias físicas, lo que establece elementos comunes culturales. La evolución de las diferentes culturas ha partido de una fase original donde se partía de una relación con el exterior limitada por los condicionamientos geográficos y de distancia y la capacidad de transporte. Así el siglo XX comenzó a acercar las diferentes culturas y geografías con los medios de transporte, el teléfono, la radio, la televisión y finalmente Internet y la telefonía móvil.

Pero en los últimos diez años, esta transformación de la sociedad ha dado un paso más allá. La tecnología de la información ha superado una serie de umbrales críticos evolucionando de tal forma que ha creado una «hiperconectividad» entre las personas y cosas donde el concepto de lejanía física o geográfica desaparece, encontrándose la mitad de la población mundial interconectada a través de Internet, la telefonía móvil y los sistemas de mensajería o las redes sociales, estando cerca independientemente de las distancias geográficas.

Nos encontramos así en un profundo proceso de transformación cultural, donde los comportamientos de la sociedad empiezan a no regirse tanto por el concepto tradicional de pertenencia a un país o a una ciudad, entidades cercanas bajo el concepto de distancia y tiempo tradicional, sino que dicha pertenencia se comprende desde el punto de vista de la empatía con aquellas personas o grupos con los que cada uno mantiene un flujo de información o sencillamente conoce a través de la gran red de información mundial actual. Las personas y cosas en el mundo están

cerca o lejos no en función de la distancia física sino de otro tipo de distancia virtual basada en interacciones a través de las redes de comunicaciones con diferentes dimensiones de referencia más allá del espacio o del tiempo.

Veamos a continuación un ejemplo real de esta nueva forma de considerar una distancia:

Las Figuras 9 y 10 muestran la cercanía entre una serie de componentes de una red de cientos de miles de nodos en este caso, basada no en su situación geográfica sino en la simultaneidad de sus acciones. Es decir, las líneas de unión significan que hay actividad simultánea de los nodos,

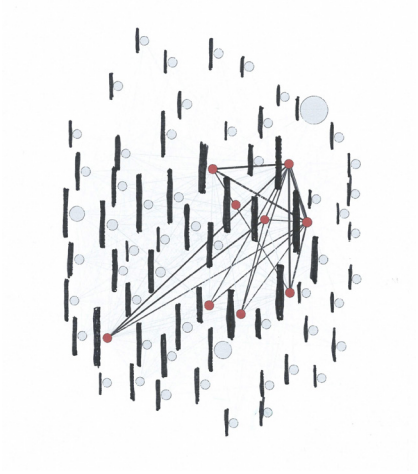

Figura 9. Cortesía de Maven7/S21sec/A&J Engineering.

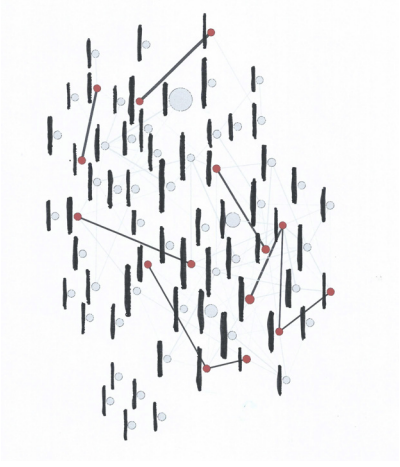

Figura 10. Cortesía de Maven7/S21sec/A&J Engineering.

lo que denota de hecho la cercanía de estos nodos dentro del mar de datos en que se encuentran sencillamente porque realizan cosas a la vez. Estas gráficas muestran en realidad un «ciberataque» y los nodos rojos son los computadores de los agresores que pudieron ser identificados gracias a las tecnologías nuevas de red que permiten la identificación rápida de este tipo de «cercanía». La primera imagen muestra la sincronía en intervalos de 10 segundos y la segunda en intervalos de 0 segundos, correspondiéndose a los jefes y los subordinados de la organización criminal en un sofisticado proceso usado para pasar inadvertidos. Estos grupos que parece que no tienen relación en un análisis tradicional, con las nuevas formas de medir distancias, aparecen claramente definidos, delimitándose de hecho sus fronteras o separaciones con el resto del universo en el que operan.

Este nuevo tipo de comportamiento es normal en el mundo hiperconectado y adquiere unos niveles de complejidad muy elevados dificultando la comprensión del entorno actual, ya sea político, social de seguridad... así como la consecuente planificación de acciones cuando se utilizan los métodos de análisis clásicos, siendo necesarias nuevas formas, métodos y tecnologías para gestionar este fenómeno asociado a la «hiperinteracción» entre unos y otros.

Podríamos resumir la génesis y el impacto de la complejidad en el mundo actual de la siguiente forma:

La complejidad de cualquier hecho tiene que ver con el número de elementos que están relacionados, así como con el número de relaciones que existen entre dichos elementos. Una representación genérica se muestra en la Figura 11.

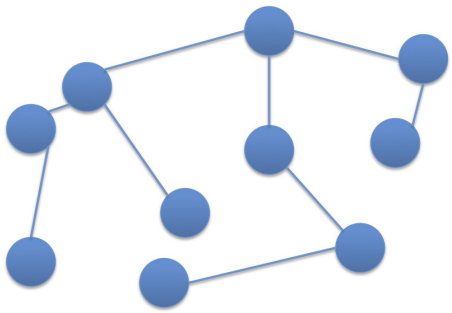

Figura 11

Si hablamos de personas, en el pasado, el número de habitantes en el planeta era menor, pero lo más importante es que en el pasado el número de interacciones entre ellas se veía limitado. Comparemos lo que era el mundo antes de la imprenta y después con la aparición de la radio o la te-

levisión junto con el transporte aéreo, por no hablar de la transformación que Internet ha tenido sobre la intercomunicación de todos los habitantes del mundo.

Pero el hecho no acaba en la comunicación entre los seres humanos, sino que en los últimos cincuenta años la sociedad se ve proyectada por la información relativa a sus individuos y su actividad que a su vez es gestionada por computadores que se interconectan entre ellos, apareciendo otro nuevo elemento que es el comportamiento de dichas redes, que unen cosas y su impacto en la sociedad. Piénsese lo que significaría la interrupción de los computadores que gestionan los sistemas financieros mundiales, la interrupción de los servicios de correo electrónico o la telefonía móvil por poner unos cuantos ejemplos... Esas interacciones máquina a máquina añaden un nuevo nivel de complejidad en el mundo actual que hace tambalear muchos de los principios políticos y sociales tradicionales donde los tiempos y el impacto de la información eran muy diferentes.

Es por esto por lo que hoy en día es inconcebible pensar en el mundo actual de una forma distinta a una red de agentes, personas y computadores, interconectados en contraposición al individuo con un nivel de autonomía e independencia tradicional.

El concepto de frontera tradicional geográfica se sustituye por el concepto de lejanía o cercanía asociada a un nuevo concepto de distancia basado en múltiples factores o dimensiones no geográficas.

Muchos de los acontecimientos notables experimentados por nuestra sociedad en las últimas décadas tienen un denominador común basado en redes que unen elementos que aparentemente son lejanos e independientes.

Una de las características de esta nueva complejidad y del comportamiento de las redes que la sustentan es la rapidez con la que fluye la información y el alcance de su difusión. En horas pueden aparecer estados de opinión sencillamente por su velocidad, además de por otro tipo de fenómenos inesperados genuinos y comunes a dichas redes.

En este nuevo mundo complejo, cualquier acontecimiento, persona o entorno está tremendamente cercano. La múltiple conexión entre los diferentes elementos forma una red tupida que hace que existan caminos muy cortos entre un nodo y otro aunque geográficamente o conceptualmente pudiesen suponerse muy separados.

Asimismo, en este mundo interconectado el concepto de «frontera» adquiere un significado diferente. Las nuevas fronteras marcan la separación entre colectivos que tienen una mayor o menor comunicación alrededor de todos los medios que están disponibles a través de las tecnologías de la información.

La «Ciencia de las Redes»

> *«La "Ciencia de las Redes" estudia las propiedades comunes que tiene cualquier red con evolución natural. Su desarrollo ha sido muy rápido en los últimos quince años debido al estudio experimental de Internet y de las redes de telecomunicaciones móviles. Las tecnologías de Big Data Analytics en muchos casos se basan en principios de esta ciencia. La "Ciencia de las Redes" es muy útil en la identificación de información relevante en el área de Big Data».*

En los últimos veinte años la ciencia que estudia la complejidad ha tenido en las redes un área de especial interés y crecimiento. En las dos últimas décadas, de forma experimental, se han comprobado una serie de leyes físicas y matemáticas que toda red tiene independientemente de la red de que se trate. Da lo mismo que estemos hablando de personas, células, ordenadores, energía, el mercado continuo de la bolsa, en todas ellas se encuentran siempre una serie de leyes que permiten entender la evolución de su comportamiento y, lo que es más importante, predecir su evolución, así como las maneras de atacarlas y defenderlas.

Como menciona el conocido investigador en Ciencia de las Redes Laszlo Barabasi en una de sus últimas publicaciones:

> *«... A key discovery of network science is that the architecture of networks emerging in various domains of science, nature, and technology are similar to each other, a consequence of being governed by the same organizing principles. Consequently we can use a common set of mathematical tools to explore these systems...».*

La nueva Ciencia de las Redes estudia la física y las matemáticas que subyacen en cualquier red humana, tecnológica o biológica por el hecho de ser una red. En los últimos quince años ha habido un desarrollo importante de esta disciplina por la disponibilidad de grandes *data sets de red*, dando lugar a tecnologías que permiten el análisis, planificación, simulación y monitorización de las redes basándose en propiedades generales de las mismas. Estas tecnologías por primera vez empiezan a estar industrializadas con herramientas automatizadas que limitan la cantidad de horas hombre de alta cualificación para ofrecer resultados y permiten una oferta de servicios muy amplia a diferentes compañías e instituciones privadas que la aplican en diversas áreas de la economía y de la sociedad. Esta tecnología es complementaria a las técnicas actuales de *Big Data* y *computational modelling* que suponen una disciplina de gran actualidad para la gestión de la complejidad del mundo actual.

Las tecnologías de la información y comunicaciones están en el origen de esta transformación, facilitando el incremento de conexiones y del número de agentes interconectados (personas, ordenadores, sensores...). En el primer caso, han facilitado la comunicación entre los diferentes agentes

capaces de procesar información, humanos y artificiales, siendo estas conexiones las responsables en gran medida de los nuevos niveles de complejidad que vivimos. Internet móvil, *smartphones*, «Servicios en la Nube», «Internet de las cosas» son manifestaciones de esta realidad.

En el segundo caso, la obtención de cantidades masivas de datos a través de la informatización de la sociedad, Internet, Internet móvil y las nuevas generaciones de sensores de bajo coste y la capacidad de añadir inteligencia a cualquier dispositivo han provocado una segunda dimensión de crecimiento en la complejidad de las interacciones hasta niveles que son difícilmente tratables con las técnicas tradicionales de proceso de datos. En la Figura 12 se muestran las principales fuentes de datos que alimentan los sistemas de información mundiales.

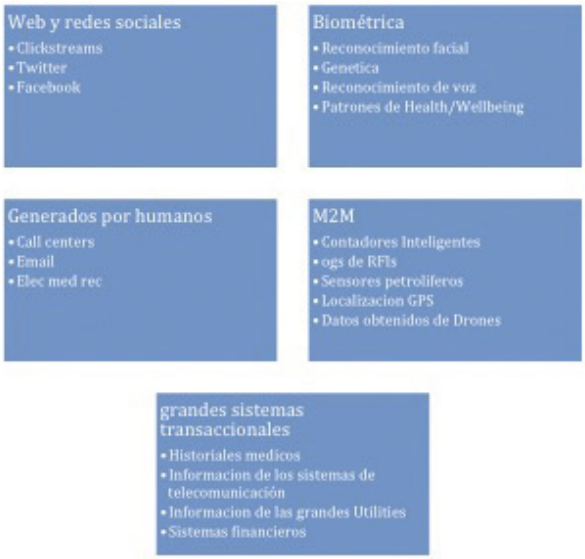

Figura 12. Principales fuentes de datos digitales.

Web y redes sociales

– Incluye contenido web e información que es obtenida de las Redes Sociales como *Facebook*, *Twitter*, *LinkedIn*, etcétera, blogs.

Biométrica

– Información biométrica en la que se incluye huellas digitales, escaneo de la retina, reconocimiento facial, genética, etcétera en el área de seguridad e inteligencia, los datos biométricos han sido información importante para las agencias de investigación.

M2M

– Se refiere a las tecnologías que permiten conectarse a otros dispositivos. M2M utiliza dispositivos como sensores o medidores que capturan algún evento en particular (velocidad, temperatura, presión, variables meteorológicas, variables químicas como la salinidad, etcétera), los cuales transmiten a través de redes alámbricas, inalámbricas o híbridas a otras aplicaciones que traducen estos eventos en información significativa. De especial importancia son las plataformas de obtención de datos a través de Drones que permiten una nueva relación precio prestaciones en la captura de información de seguridad, agrícola, gestión de catástrofes, revisión de grandes instalaciones...

Generados por humanos

– Las personas generamos diversas cantidades de datos como la información que guarda un *call center* al establecer una llamada telefónica, notas de voz, correos electrónicos, documentos electrónicos, estudios médicos, etcétera.

Grandes sistemas transaccionales

– Incluye registros de facturación, en telecomunicaciones registros detallados de las llamadas (CDR), etcétera. Estos datos transaccionales están disponibles en formatos tanto semiestructurados como no estructurados.

La denominación que predomina en la actualidad asociada a la problemática de gestionar estas grandes cantidades de datos que no se pueden tratar con medios tradicionales es *Big Data* y bajo este paraguas se suelen integrar una serie de tecnologías diversas como (en su denominación anglosajona):

«A/B testing, Association rule learning, Classification, Cluster analysis, Crowdsourcing, Data fusión/integration, Ensemble learning, Genetic algorithms, Machine learning, Natural language processing, Neural networks, Pattern recognition, Anomaly detection, Predictive modelling, Regression, Sentiment analysis, Signal processing, Supervised / unsupervised learning, Simulation, Time series analysis / visualization», entre otras.

La nueva Ciencia de las Redes

Una nueva disciplina ha emergido en la última década denominada «Nueva Ciencia de las Redes» con importantes implicaciones en la gestión de la complejidad asociada a *Big Data* y en una categoría diferente al *Computational Modelling* (Figura 13).

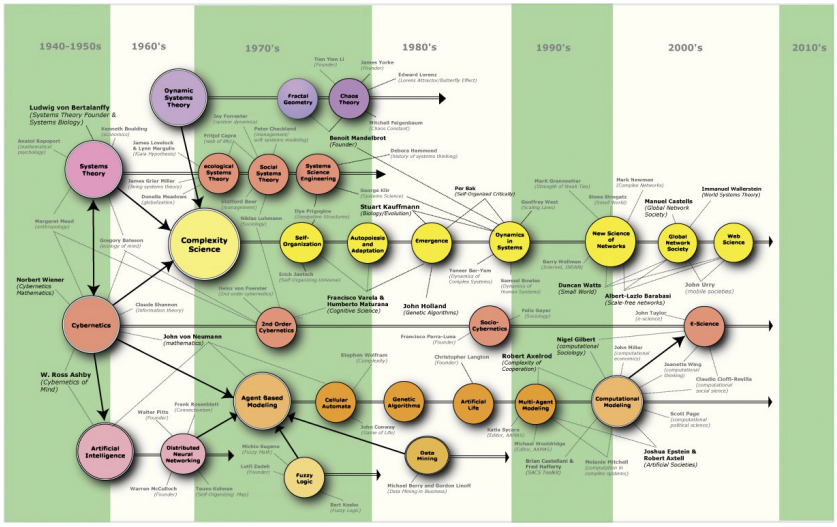

Figura 13. Map of many of the leading scholars and areas of research in the complexity science. Wikipedia/Complexity.

Desde 1995, se han acumulado evidencias de que las redes, sean del tipo que sean, tienen una serie de propiedades comunes. La investigación sobre redes masivas como Internet o las redes de telecomunicaciones móviles ha permitido inferir y modelar dichas propiedades experimentalmente, emergiendo así una nueva disciplina científica y tecnológica. Son relevantes los estudios de Laszlo Barabasi, Duncan Watts, Mark Granovetter, Nicholas Christakis o Steve Strogatz entre otros al respecto.

La «Nueva Ciencia de las Redes» es una disciplina científica que estudia como las redes emergen en la naturaleza, la tecnología y la sociedad usando un conjunto unificado de herramientas y principios. A pesar de las diferencias aparentes, muchas redes emergen y evolucionan dirigidas por el mismo conjunto fundamental de leyes y mecanismos y es en este punto donde está lo nuevo.

El estudio de grandes cantidades de datos tomando como referencia estas propiedades permite la identificación rápida de patrones que ayudan a centrar el estudio sobre *Big Data,* así como a obtener consecuencias de una forma más ágil.

Estudio experimental de la complejidad

Un factor que ha impulsado de forma muy relevante la nueva «Ciencia de las Redes» es la disponibilidad de datos de redes de gran magnitud que permitiesen el estudio experimental de las mismas, así como la comprobación de la validez de determinadas leyes comunes.

Desde la década de los 90 se empiezan a tener a disposición de la comunidad científica grandes *data sets* de Internet destinados a la investigación de la Ciencia de las Redes. A finales de esta década se tiene acceso también a dimensiones de red todavía mayores como el *World Wide Web* y en la primera mitad de la década de los 2000 se tiene también acceso a modelos de comportamiento de las redes móviles que suponen un orden de magnitud superior en términos de nodos y relaciones. Estos *data sets* aceleraron la investigación y el desarrollo de la nueva Ciencia de las Redes y de las tecnologías asociadas.

La investigación sobre estos *data sets* hizo necesario el desarrollo de nuevas tecnologías de visualización para el estudio científico de los mismos, dando lugar a una serie de herramientas clave para la identificación de patrones, visualización, simulación, cálculo de parámetros de centralidad que en la actualidad se están empezando a usar no solo para la investigación sino para la solución práctica de problemas en la empresa y la sociedad.

Las leyes de las redes

Como resultado de la investigación experimental, sobre estos *data sets* se descubren una serie de propiedades que son comunes a las redes que forman los sistemas complejos independientemente de la naturaleza de sus nodos o componentes o de sus conexiones, siempre que estas existan en un nivel suficientemente elevado. Estas leyes son la clave para interpretar y analizar la complejidad del mundo actual de una forma radicalmente nueva.

1. Libres de escala

Básicamente las redes no siguen un patrón aleatorio (Figuras 14 y 15). No se describen las conexiones entre sus nodos a través de distribuciones normales sino por distribuciones de potencia. Existen muchos nodos pequeños unidos a una serie limitada de nodos grandes o *hubs*.

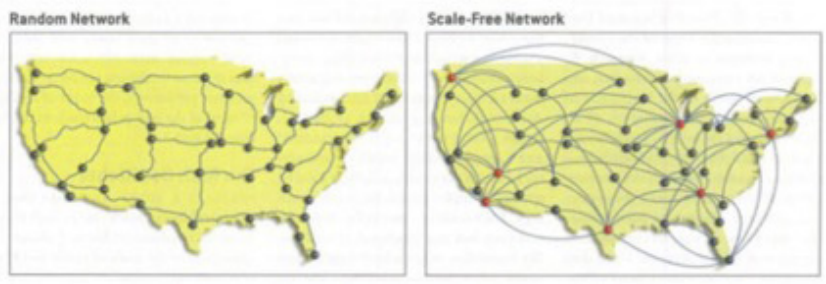

Figura 14. Cortesía Laszlo Barabasi Linked.

En términos prácticos esto significa que los elementos de una red en términos de su número de conexiones pueden variar mucho. La famosa regla de Pareto 20/80 es un ejemplo de una distribución libre de escala. Es decir, en una red puede haber nodos con un grandísimo número de conexiones que son los que tienen una influencia dramática en el comportamiento del resto de la red.

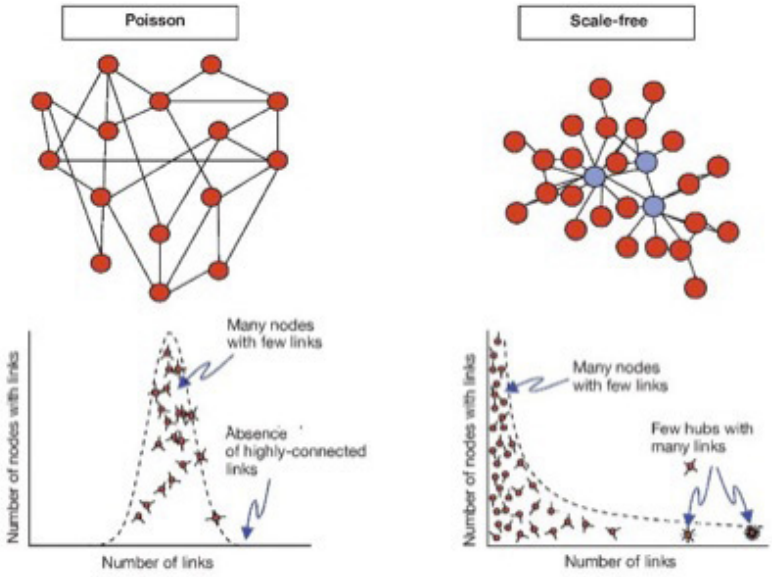

Figura 15. Cortesía Laszlo Barabasi (Barabasilab).

Las redes libres de escala más importantes y su formación:

- Internet.
- *WWW.*
- Llamadas telefónicas.
- Metabolismo.
- Circuitos electrónicos.
- Lingüística.
- Contactos sexuales.
- Coautores investigadores.
- Proteínas.
- Llamadas móviles.
- *Twitter*.
- *Facebook*.
- ...

Fijémonos en las redes que han emergido recientemente y que permiten la comunicación entre humanos: *email*, mensajería instantánea, sms, *twitter*, *Facebook*, Internet móvil... Todas estas redes son libres de escala. Esto significa que la influencia de los individuos en el resto de la red tendrá grandes diferencias, habiendo una serie de ellos que tendrán mucha más influencia que otros. ¿Cuáles son los *hubs* de la primavera árabe, o del 15M o de los atentados de Madrid?

Por otro lado, estas redes tienen asociada otra propiedad que es la del cambio de fase y que supone la segunda Ley de las redes.

2. Comunidades/Cambio de fase

Se trata de un proceso conocido en la física tan familiar como el paso de líquido a sólido cuando el agua se convierte en hielo a 0 ºC (Figura 16). Una estructura sin orden se convierte de forma súbita en otra estructura con orden. Las redes sin escala, en su evolución, forman comunidades y grupos con características definidas en los grupos respecto a la difusión de información y gestión de la complejidad del resto de la red externa a través de mecanismos de cambio de fase o percolación. Es decir, que los nodos pierden su independencia y se alinean con otros nodos cercanos dando lugar a comunidades o grupos de mayor entidad. Esta es una característica típica del paso del desorden al orden en la naturaleza y en ese paso siempre se encuentran las redes libres de escala.

Es decir, hay un proceso de transformación colectivo llegado a determinados umbrales de comunicación e interactividad que hace que el sistema pierda diversidad y se mueva a un estado homogéneo con mucha menos dispersión. Imaginemos el impacto sobre las percepciones de los electores de una nación.

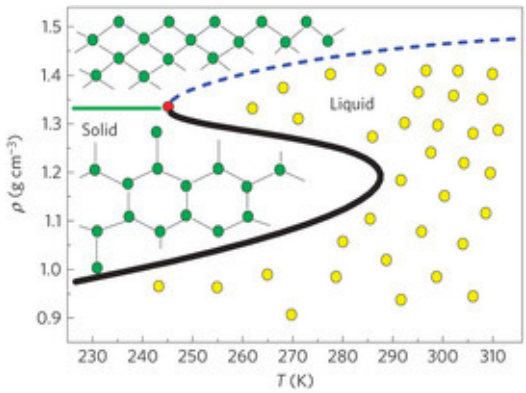

Figura 16. Cambio de fase *(Nature Physics),* Phase transitions in confined water nanofilms. 4 de julio de 2010.

El concepto de frontera se visualiza alrededor del concepto de comunidades en las redes.

3. Small World. Cercanía

Las redes en la naturaleza se organizan de tal forma que las distancias entre sus componentes son mucho menores de lo que pudiésemos imaginar. El número de saltos que tendríamos que dar para llegar de un nodo a otro cualquiera es muy bajo. Si suponemos que estamos hablando de una red de personas donde se plasmase si se conocen o no, veríamos que se forman grupos de amistades muy intensas entre los conocidos más íntimos. Algunos de ellos tendrán enlaces con otros grupos diferentes y a través de esos enlaces, denominados enlaces débiles, se reduce de forma drástica las distancias en la red universal.

Esto tiene una serie de implicaciones muy importantes en cómo se difunde la información en un colectivo. Es importante comprender que las fronteras en la sociedad actual son tremendamente cercanas. No hay lugares lejanos interconectados y podríamos decir que todas las fronteras están extraordinariamente cercanas.

4. Evolución

Las redes no son estáticas sino que crecen y las nuevas uniones entre nodos siguen patrones preferentes de conexión basados en el número de conexiones ya existentes en los nodos objeto de posible conexión. En esta evolución, las redes tienen preferencias por establecer nuevas conexiones con los nodos que a su vez tienen más, creándose un proceso de realimentación positiva. Esto es importante porque en una red hay nodos que aunque todavía no tienen muchas conexiones sí tienen un camino de evolución y en muchos casos pueden detectarse antes de que tengan la masa crítica para funcionar como atractores de conexiones de otros nodos en la red. Es decir, nodos significativos de la red pueden ser identificados con antelación cuando todavía no lo son y tienen posibilidades de serlo.

5. Robustez y vulnerabilidad (estabilidad y debilidad)

Las redes en la naturaleza tienen una gran resistencia y estabilidad frente a ataques aleatorios y sin embargo son vulnerables si el ataque es dirigido teniendo en cuenta las propiedades y características de las mismas. Esto es importante. Igual que Internet nació desde la óptica militar para asegurar que la red tendría una capacidad de supervivencia ante una serie de ataques premeditados, es importante conocer cuál es la estructura en este sentido de las redes que han emergido de forma natural

en la actualidad. Estas redes son muy estables en un entorno de agresión o evolución aleatorio, sin embargo, son muy frágiles si el ataque se produce con conocimiento de su topología y se intenta eliminar los nodos más relevantes. Esto hace que la nueva ciberguerra tenga como objetivo la caracterización constante de las redes y de los nodos principales, así como su distribución física diferente a la lógica donde el concepto de computación en la Nube juega un papel fundamental.

6. Patrones y centralidad

Existen patrones y parámetros de centralidad que se forman a diferentes niveles en las redes que permiten modelar la posible evolución de la misma. Estos patrones se pueden identificar topológicamente. Son el equivalente a comportamientos a primera vista invisibles pero que son la unidad de acción real en la red y por lo tanto su visualización, detección y comprensión es clave

7. Weak links o enlaces débiles

En una comunidad fuertemente interconectada, el tipo de información compartida hace que todo sea conocido casi por todos. Todos suelen tener acceso a las mismas fuentes de información. Este hecho implica que el valor de la información de un nodo se va haciendo genérica de tal forma que la comunidad o nodo necesita acceder a información nueva para seguir evolucionando. Este es el valor de las conexiones de individuos del grupo con otros grupos externos. Aunque dichas conexiones no son tan

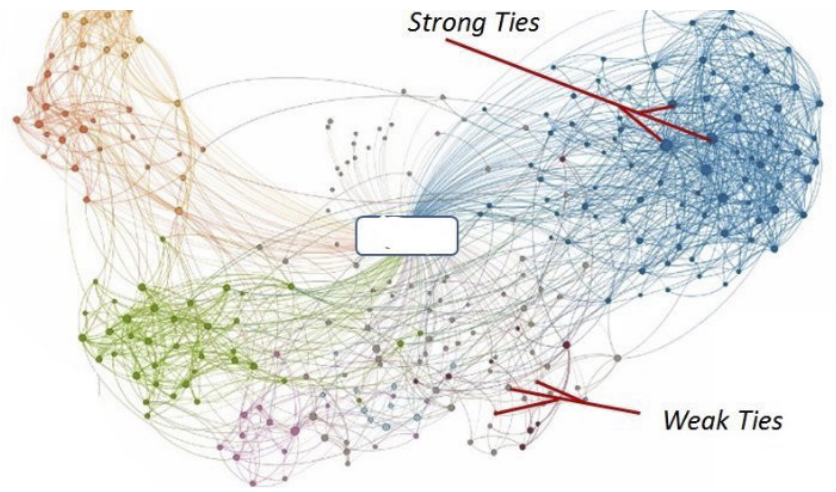

Figura 17. Enlaces débiles (Alan MacKelworth. Networking at the coal face - In B2B why are Weak Ties the first step?).

intensas como las que existen con el propio grupo son fundamentales a la hora de hacer evolucionar el sistema original donde se encuentran. A estas conexiones se les denomina *Weak Links*. La imagen representa un ejemplo de red donde en colores están los segmentos de la red fuertemente enlazados, mientras que la unión entre estos clústeres se realiza a través de puntos de interconexión muy sencillos. En la Figura 17 se ven en diferentes colores clústeres fuertemente interconectados, así como enlaces débiles que interconectan unos con otros.

Tecnología asociada a la Ciencia de las Redes

Podemos asemejar algunos atributos de la nueva generación de tecnologías alrededor de la Ciencia de las Redes con las tecnologías CAD/CAE/CAM surgidas en el último cuarto del siglo XX con gran impacto en todos los procesos de diseño, ingeniería y fabricación. En sus comienzos, estos sistemas proporcionaron la posibilidad de visualizar y simular el diseño de la industria aeronáutica y del automóvil, aunque luego de extendió a todas las áreas de la industria y del diseño, incluida la arquitectura.

Uno de los elementos muy importantes de estos sistemas era la capacidad de visualización de piezas durante el diseño de un producto complejo con las que se podía operar de forma interactiva por parte del diseñador. Dichas piezas tenían un modelo matemático que permitía su simulación y ensamblaje virtual en la construcción del producto final más complejo. Las librerías con información de dichas piezas básicas con sus características físicas y modelos de ensamblaje asociados eran un elemento fundamental de dichos sistemas que introdujeron un importante aumento de la productividad en la industria a partir de los años 80 del siglo XX.

El *software* asociado a la nueva «Ciencia de las Redes» permite una visualización automática e inteligente de las redes objeto de estudio. Mediante un proceso de interacción con el operador del sistema, es posible descubrir de una forma simple y ágil patrones con anomalías desde el punto de vista de red, simulaciones y alertas.

En la Figura 18 se puede ver un ejemplo de este tipo de visualizaciones donde se realzan patrones de interacciones en red de una forma dinámica e interactiva y con una gran componente intuitiva para el operador analista.

El *software* supone una capa superior especializada en la visualización y simulación de grandes conjuntos de datos desde el punto de vista de su estructura de red y es complementaria a las tecnologías tradicionales usadas en *Big Data* y en especial en *computational modelling*.

En la actualidad existen dos tipos de aproximaciones relacionadas con la Ciencia de las Redes que es importante diferenciar:

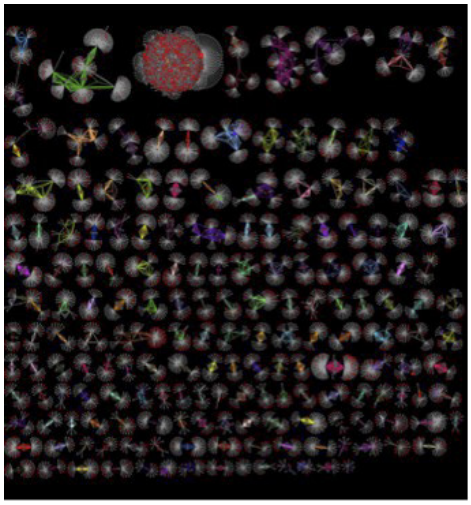

Figura 18. Cortesía Barabasilab.

Una primera consistente en herramientas de edición y visualización simples, normalmente *freeware*, que son usadas por grupos de investigación dentro de las universidades y que ofrecen servicios esporádicos al mercado empresarial y que en coste, tiempos y escalabilidad tiene limitaciones por el alto nivel de horas hombre de perfiles con conocimiento científico sobre esta nueva materia.

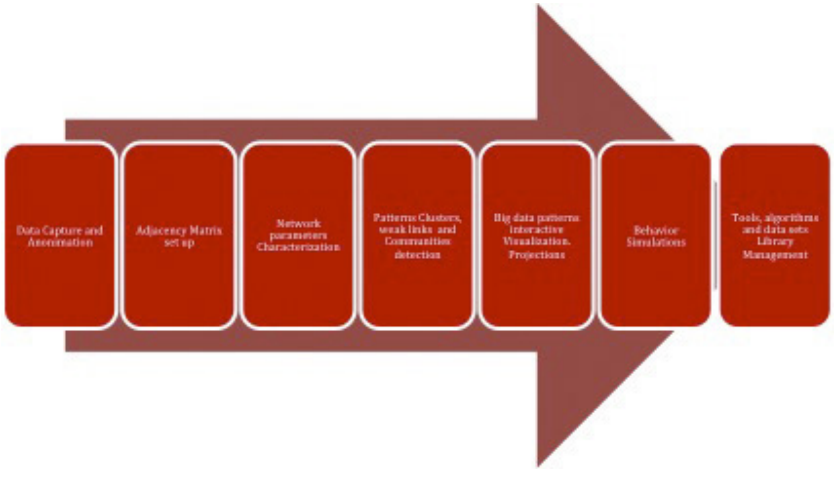

Figura 19. Cortesía Maven7/A&J Engineering.

Una segunda, consistente en herramientas integradas que tienen funciones desde la captura a la simulación y que constituyen una primera forma de industrialización de las soluciones ofrecidas al mercado con impacto en la reducción de los costes, el tiempo de obtención de resultados y escalabilidad del servicio ofrecido. La Figura 19 muestra un ejemplo de la arquitectura tecnológica típica actual, de las nuevas compañías que operan en la actualidad en este campo.

La Figura 20 ofrece, asimismo, una visión más detallada en capas de la arquitectura asociada a la gestión de la información con este tipo de herramientas.

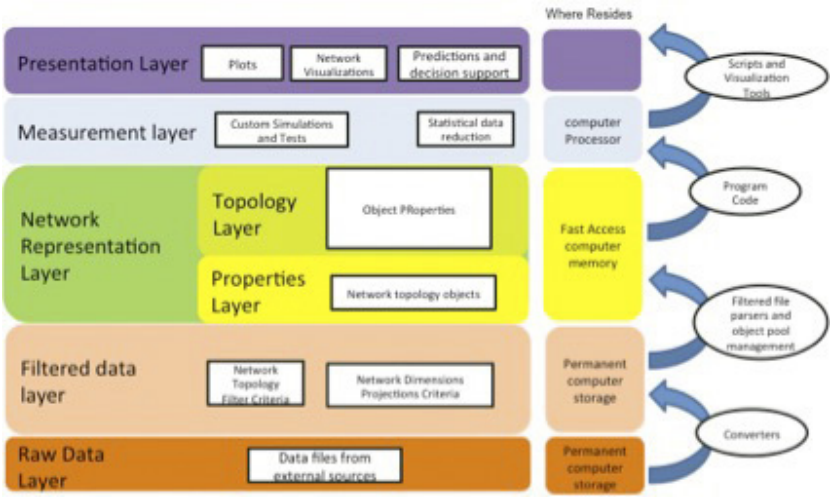

Figura 20. Arquitectura de computación para Ciencia de las Redes (cortesía Barabasilab).

La tecnología asociada a la Ciencia de las Redes tiene una evolución típica de las tecnologías en sus primeros años de desarrollo. Prácticamente cada cuatro o cinco meses se producen mejoras en los algoritmos usados, así como en las librerías de conocimiento de los patrones de red y específicamente en el área de centralidades, proximidades, clusterización...

En estos momentos, empiezan a estar disponibles soluciones que forman parte de la primera generación de herramientas integradas que permiten la industrialización del uso del conocimiento de la nueva «Ciencia de las Redes».

Aplicaciones actuales

Aunque el concepto de red es aplicable en la práctica a cualquier área de actividad humana, en la actualidad hay una serie de campos donde se empieza a usar de forma activa las tecnologías de la nueva Ciencia de las Redes.

Seguridad

Toda nueva tecnología puntera suele tener prioridad para las organizaciones gubernamentales que tienen la responsabilidad de la defensa. Un buen ejemplo fueron los orígenes de Internet alrededor de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency). En la actualidad uno de los programas de DARPA es el llamado *Extracting relevance from mountains of data* que incluye áreas como *big data*, *data analytics* y la nueva Ciencia de las Redes.

Durante el siglo XX, la geografía marcaba en gran medida la cohesión de la sociedad. En un mundo con una capacidad de difusión de información limitada esta era una consecuencia lógica. Sin embargo, en la actualidad las comunicaciones permiten una difusión de las ideas y de las relaciones menos dependiente del entorno físico. Los grupos de influencia, de poder y de acción se definen en función de los patrones de comunicaciones entre ellos independientemente del entorno geográfico. Esos patrones definen los nuevos estados y agrupaciones de la sociedad y son el nuevo objeto de las organizaciones de seguridad mundiales.

En la actualidad, la identificación y seguimiento en tiempo real de patrones anómalos de comportamiento en red es una de las aplicaciones con mayor prioridad. Esta tecnología funciona como una capa superior de visualización y simulación sobre las plataformas existentes de *Computational Modelling* y *Big Data*.

En la Figura 21 volvemos a ver la identificación automática de un patrón de comportamiento anómalo por sincronías en la actividad de una muestra de cientos de miles de nodos IP a lo largo de un intervalo de tiempo de veinticuatro horas.

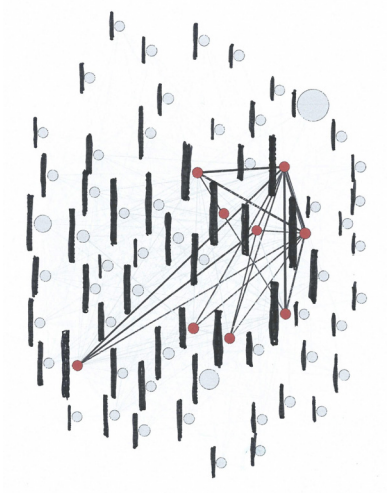

Figura 21. Cortesía de Maven7/S21sec/A&J Engineering.

Marketing, ventas y marca

La emergencia de las redes sociales en los últimos años ha transformado el concepto de audiencias que las marcas y las agencias de publicidad y medios vienen haciendo que la planificación de las campañas tradicionales de comunicación se extiendan a las redes sociales. La difusión de la información, las nuevas segmentaciones que aparecen en forma de comunidades dentro de la red y la percepción de los atributos de marca y su evolución son algunos de los ejemplos donde la Ciencia de las Redes aporta elementos de medida, simulación y alertas para el profesional del *marketing*, ventas y comunicación. En la Figura 22 se puede ver un caso real de monitorización en tiempo real de la difusión de la opinión sobre un determinado producto en *Twitter* realizado por Maven7.

Mercados financieros

Una de las áreas de aplicación de máxima actualidad es el descubrimiento de patrones anómalos en tiempo real en los mercados de valores. Las tecnologías de la «Ciencia de las Redes» están basadas en la descripción e identificación de la complejidad en términos de patrones que están basados en el conjunto de propiedades de la misma. Esto permite la identificación de situaciones y patrones anómalos visuales desde el punto de vista de las características de la red que seguidamente son ob-

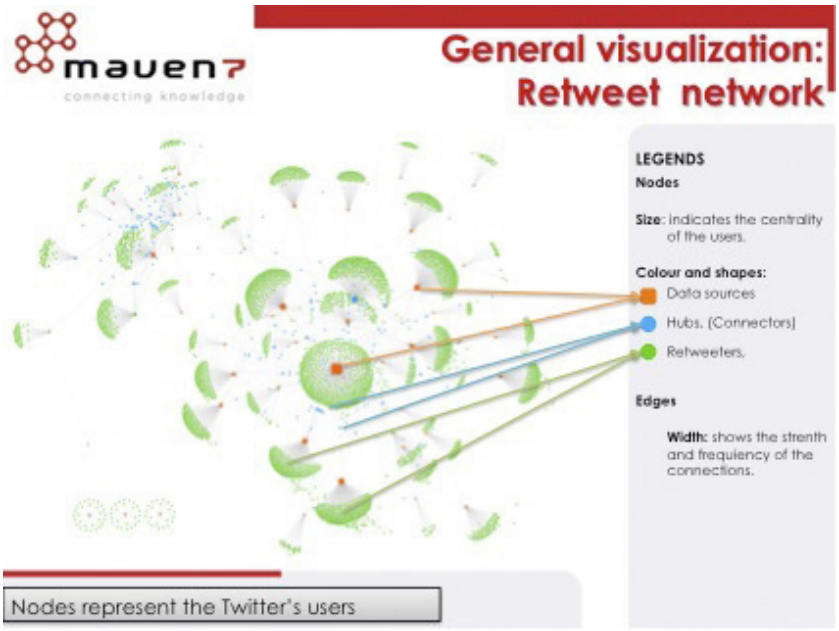

Figura 22. Cortesía de Maven7/A&J Engineering.

jetos de análisis más detallados con el resto de tecnologías típicas de *Big Data*. Las oscilaciones de los mercados pueden ser seguidas de una forma nueva a través de las descripciones representadas por conjuntos de patrones básicos de red.

Desarrollo de nuevos mercados

El desarrollo de la economía de los países tiene también nuevas formas de análisis y de planificación. Es de destacar el concepto de «Espacio de Producto» creado por César Hidalgo y Ricardo Hausmann (MIT, Harvard) (Figura 23). El espacio de producto es una representación en red de los diferentes productos transados en la economía mundial y sirve para hacer planificación de los caminos más favorables de economías en proceso de transformación.

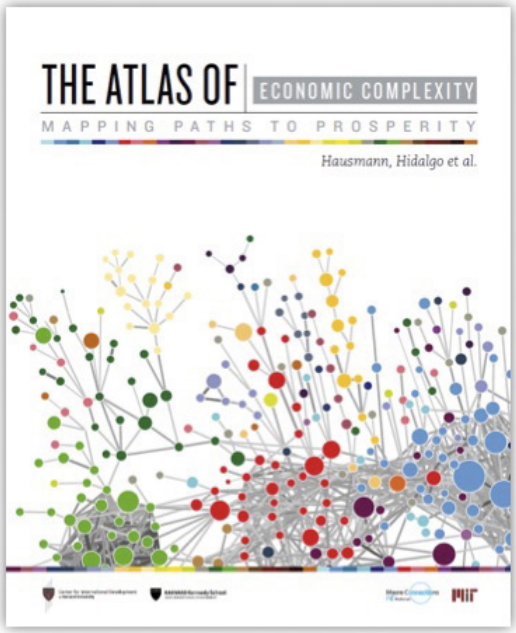

Figura 23. Cortesía de César Hidalgo, MIT.

Sanidad

Una de las áreas con mayor actividad en el uso de la Ciencia de las Redes a nivel mundial es la sanidad. La transformación de la sanidad es una de las áreas críticas para la sostenibilidad del sistema económico y de bien-

estar actual. Tres pilares fundamentan su transformación: la prevención de la enfermedad a través de un estilo de vida saludable que evite la obesidad como uno de los factores principales de causa de enfermedades, la transformación del modelo hospitalario y su evolución hacia un modelo mucho más eficiente en términos de calidad y coste basado en el alineamiento de la red de especialidades alrededor del paciente y del análisis de la red de servicios y la identificación de las mejores prácticas, y finalmente la aceleración del paso de los resultados de la investigación a la práctica clínica. En todos ellos la aplicación de la Ciencia de las Redes es sistemática para extraer información relevante y rápida de millones de datos interconectados con gran complejidad. Flujos de pacientes, redes de enfermedades y prevención de las mismas, difusión de epidemias, optimización de costes y contratación son algunos de los usos concretos. En la Figura 24 se puede ver un análisis de las relaciones entre las diferentes enfermedades y los genes que tienen en común. Estas visualizaciones se aplican en la predicción en poblaciones de la evolución de las diferentes enfermedades.

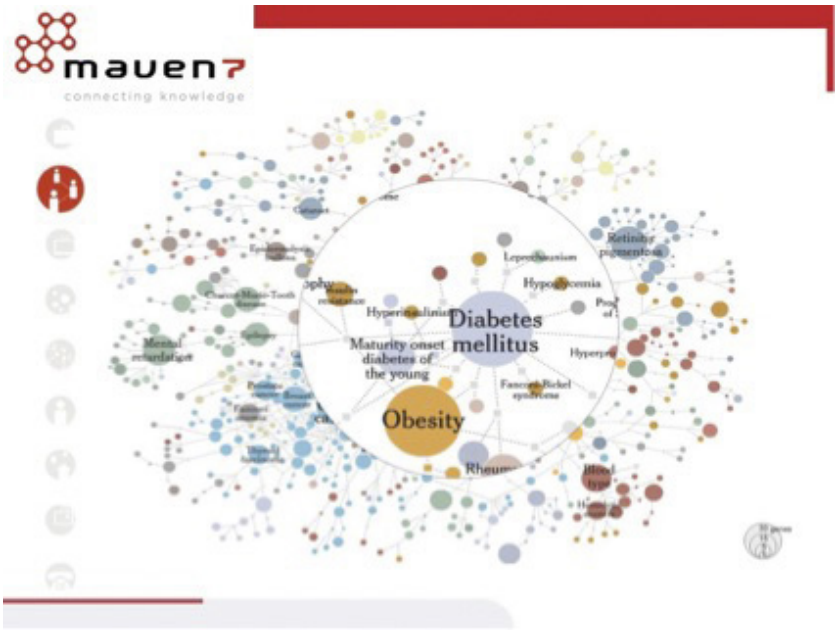

Figura 24. Cortesía Barabasilab y Maven7.

Asimismo, en la Figura 25 se puede ver la aplicación de la Ciencia de las Redes en la ayuda a la racionalización de los flujos de pacientes en una red de hospitales. Las zonas de la derecha y de la izquierda siguen patrones muy diferentes que se detectan visualmente que tienen un impacto importante en la eficiencia del funcionamiento global del sistema.

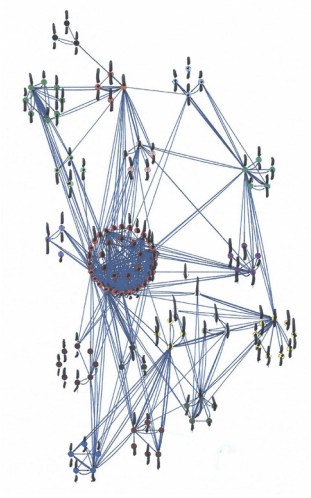

Figura 25. Cortesía Maven7.

Análisis de organizaciones

Una de las primeras áreas donde se ha aplicado con éxito la Ciencia de las Redes es el análisis de las organizaciones en la empresa. La empresa en la práctica tiene una organización real que no necesariamente coincide con el organigrama. Aspectos como el talento, el cambio, el trabajo en equipo, la eficiencia de las fuerzas de ventas, la motivación, o la eficiencia de la organización tienen unas fuertes implicaciones de red que son fácilmente visibles a través del uso de estas herramientas. Se pueden así visualizar y cuantificar aspectos del negocio, permitiendo potenciar los puntos fuertes del mismo y solucionar problemas que muchas veces permanecen ocultos. En la Figura 26 se puede tener una visualización asociada a la comunicación en una empresa y los problemas asociados

Telecomunicaciones

La industria de las telecomunicaciones ha sido protagonista en primera persona de la evolución en la última década de la Ciencia de las Redes. De hecho, parte de la evolución se ha debido a la disponibilidad de los grandes volúmenes de datos de las redes móviles que permitieron la observación y validación de las leyes generales de la Ciencia de las Redes.

En particular, las aplicaciones en este sector fueron pioneras y comenzaron hace ya más de diez años, fundamentalmente en las áreas de *churn* y en la difusión de los nuevos servicios móviles antecesores en muchos casos de las *apps* de los *smartphones* actuales.

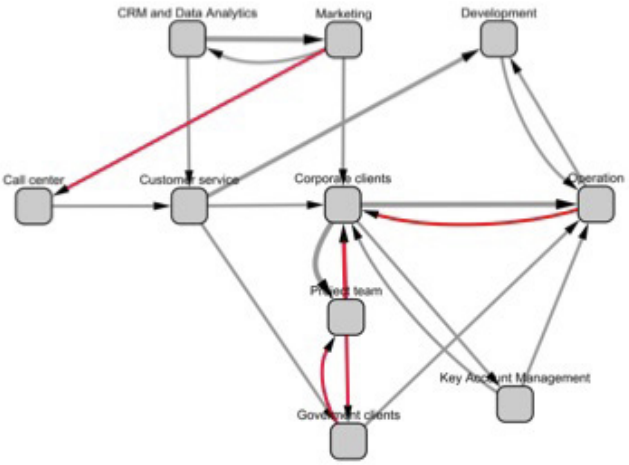

Figura 26. Cortesía Maven7.

Figura 27. Cortesía A&J Engineering.

En la Figura 27 se puede ver uno de los primeros hallazgos relativos a la fidelización de clientes que estaba relacionado con el hecho de que la fidelización era un aspecto grupal y no individual con el consiguiente impacto en todos los programas relacionados con la percepción de calidad del cliente.

Una de las áreas prometedoras en este sentido es la del análisis de los eventos sobre redes IP a través de tecnologías de *Deep Packet Inspection* y su visualización en términos de red de cara a contabilizar los costes de anchos de banda de los diferentes proveedores de servicios.

Las compañías de telecomunicaciones han tenido un papel muy importante en la creación de una infraestructura que sirviese para la investigación de la difusión de la información en redes, así como la identificación de los mecanismos de creación de comunidades y clústeres. Es de destacar el simulador *Persons*, Figura 28, que Amena desarrolló en el año 2003 para la modelización de los procesos de difusión de información en una red y que fue base de muchas de las investigaciones que la comunidad científica desarrolló en la primera década del siglo XXI.

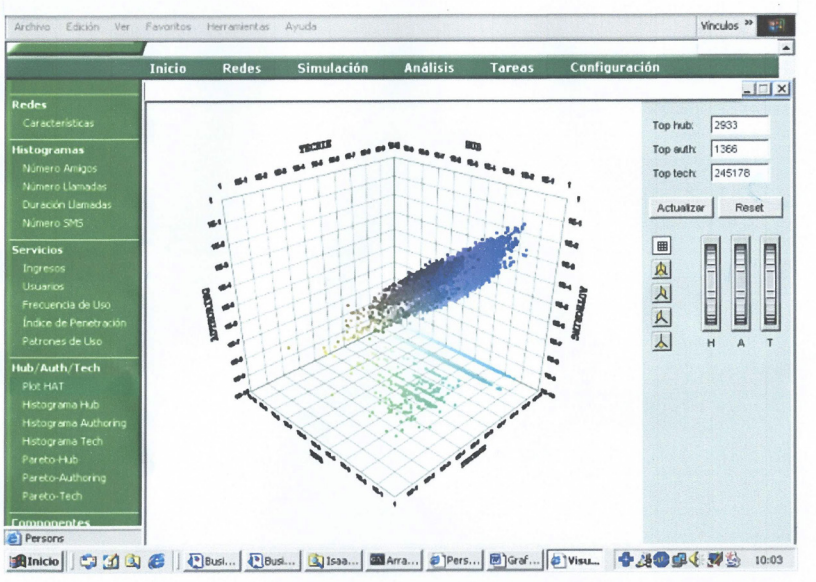

Figura 28. Cortesía Barabasilab.

Resumen

La nueva Ciencia de las Redes permite un nuevo tratamiento de la complejidad. La visión en clave de red es diferente. La red da lugar a patro-

nes específicos que son susceptibles de ser identificados a través de las tecnologías de redes, así como su simulación y la definición de acciones posteriores.

Hay una nueva tecnología disponible hoy para diagnóstico de problemas y oportunidades, pero solo ahora empieza a haber una oferta en el mercado que permite la industrialización y el uso masivo de este tipo de soluciones. Hasta hace poco estos servicios se hacían de una forma artesanal sin la posibilidad de industrializar una oferta al mercado con impacto en tiempos y precio, así como disponibilidad.

La nueva Ciencia de las Redes es una ciencia horizontal que se aplica a todas las áreas económicas y sociales y es clave para cualquier directivo o profesional que ha de tomar decisiones, reduciendo el nivel de incertidumbre asociado a un mundo cada vez más interconectado. No es una tecnología que solo sea accesible a los técnicos sino que ahora, con las nuevas tecnologías, es manejable por los directores de negocio.

Esta ciencia con sus tecnologías asociadas está jugando un nivel creciente de importancia alrededor del campo conocido como *Big Data* ya que permite extraer relevancia de una forma rápida de cantidades masivas de datos.

Red de redes: la Nube, la infraestructura básica de información global, Internet y las redes sociales

«El mundo, personas y cosas, está conectado en la actualidad por una sofisticada red de comunicaciones de datos y de computación. Bajo el nombre de Internet se hace referencia a dicha infraestructura que está compuesta por diferentes capas: La infraestructura de la Nube, Internet en sí y el WWW y aplicaciones asociadas. Es importante comprender que a través de la Nube la posibilidad de crecimiento es ilimitada y la relación precio/prestaciones alcanza una nueva dimensión».

Internet

Es importante conocer la cronología de Internet, de las redes que aparecen de forma natural sobre ella denominadas redes sociales, así como la infraestructura de computación y comunicaciones existente en la actualidad para poder comprender la realidad de la red mundial actual.

Es de todos conocido que Internet aparece en los años 60 en plena Guerra Fría. Es entonces cuando se empieza a considerar la posibilidad de interconectar ordenadores no a través de una red de comunicaciones con circuitos dedicados durante la comunicación, sino trocear la información que se fuese a enviar en paquetes y enviarlos por los circuitos disponibles de forma dinámica con la ventaja en términos de eficiencia en las

comunicaciones y seguridad ante un ataque nuclear de la Unión Soviética. Concretamente, es en julio de 1961 cuando aparecen los primeros artículos sobre la conmutación de paquetes, en 1965 cuando se crea la primera red experimental simple y es en 1968 cuando DARPA crea Arpanet, la primera red operativa de conmutación de paquetes que estaría operativa en 1971. En 1972 se crea la primera aplicación sobre esta red: el correo electrónico,

Entre 1984 y 1986, la NSF (National Science Foundation) creó NSFNET, que unía todos los sistemas de supercomputación americanos bajo protocolo de Internet. Esta red empezó a ser conocida formalmente como Internet. Al final de los 80, un importante número de países se unieron a dicha red. Australia, Alemania, Israel, Italia, Japón, Méjico, Holanda, Nueva Zelanda, Reino Unido...

En 1995, la NSF dejó de esponsorizar formalmente NSFNET y a partir de ese momento Internet está basada en infraestructuras privadas de diversos países.

Pero es en 1995 cuando aparece el WWW y la forma de uso de Internet como la conocemos hoy en día. El múltiple acceso a las webs, los buscadores, los portales y finalmente las redes sociales. En 1995 aparece también el proceso de masificación de las telecomunicaciones móviles sobre todo a partir del impulso de la introducción del estándar GSM en Europa para telefonía móvil. Es ya en la primera década del siglo XXI cuando se introducen primero las tecnologías GPRS y EDGE sobre GSM que suponen el comienzo del desarrollo del Internet móvil. No será hasta la segunda mitad de esta primera década cuando se desarrolle el Internet móvil de una forma masiva por la introducción de las redes 3G y posteriormente 4G, así como la aparición en 2008 de la categoría de smartphones actuales, con su concepto de apps asociado, así como la posibilidad de introducir voz sobre datos y todo tipo de mensajería instantánea.

La Nube

Toda la infraestructura mundial de tecnología de la información ha evolucionado hacia un nuevo modelo denominado «La Nube». En realidad «La Nube» o el *Cloud Computing* no es más que una evolución equivalente a la que tuvo a lo largo del siglo XX. La Nube consiste en una serie de centros gigantescos de computación distribuidos por todo el mundo e interconectados que dan servicio a todos los usuarios de tecnología de la información en el mundo (Figura 29). De la misma forma que a principios del siglo XX la red eléctrica no estaba interconectada a nivel global y existían diversos centros de generación con sus redes específicas de distribución y fue evolucionando hacia una conexión global que facilitaba las economías de escala y giraba alrededor del concepto genérico de kW generado en cualquier central y consumido en cualquier punto final de consumo,

las redes de computadores han seguido el mismo proceso donde la capacidad de cálculo, la memoria, el ancho de banda o el acceso a funcionalidades concretas de programas y soluciones específicas.

Figura 29. Imágenes infraestructuras de la computación en la Nube (Google search).

Un ejemplo de las grandes compañías que proporcionan los servicios en la Nube se puede ver en la Figura 30.

Figura 30. Grandes compañías de computación en la Nube.

Estas compañías son las que impulsaron desde principios del siglo XXI este modelo de computación debido a las necesidades de computación y de crecimiento rápido de sus negocios. De hecho, Amazon, en sus grandes proyectos de adquisición de infraestructura de servidores, provocó un cambio en el modelo tradicional de fabricación de los grandes suministradores informáticos por las dimensiones de los pedidos asociados, así como los requerimientos de coste. Cada una de estas compañías desarrolla posteriormente divisiones para la gestión de los servicios de la Nube para terceros más allá de sus propias necesidades.

Para hacernos una idea del poder de computación que el modelo de la Nube proporciona a sus usuarios demos unas cuantas cifras que permitan hacernos una idea:

Con el PC más moderno y potente que pudiésemos encontrar en la actualidad, explorar una base de datos de 4,8 terabytes llevaría trece horas. Accediendo a la Nube, por un precio mucho más bajo, casi marginal en comparación, se tardaría 1 s, fundamentalmente por las tecnologías de escala asociadas.

La evolución de la Nube es similar a la evolución de la red eléctrica muy a principios del siglo XX, cuando la luz se generaba y se distribuía en pequeñas zonas (equivalente al PC), y su evolución a una red universal interconectada que proporcionaba energía que podía haber sido generada en grandes instalaciones distantes e interconectadas.

El *WWW*, las redes sociales y la mensajería instantánea

Es a partir de 1995 cuando el impacto de Internet como red empieza a transformar de una manera definitiva nuestra sociedad. La aparición de los navegadores y en definitiva del *WWW* impulsa de una forma definitiva a nuestro mundo a un esquema hiperconectado. Los buscadores, los portales, las redes sociales, los blogs... ofrecieron un mundo infinito de compartición de información todavía más impulsado en los últimos años por la aparición de los *smartphones* y del Internet móvil. Toda esta capa de aplicaciones de compartición de información se puede considerar como una tercera capa sobre la Nube e Internet, constituyendo en su conjunto de hecho una red de redes que es la que permite la interacción e hipercomunicación de nuestra civilización.

Internet de las cosas. *Reality engines*

«El gran salto de escala en datos y complejidad que se está produciendo en la actualidad es el de las cosas conectadas entre sí. Esto hace que computadores, sensores, conectados entre sí ofrezcan un nuevo nivel de inteligencia en las áreas de seguridad, e-health, transporte,

entretenimiento, medio ambiente, alimentación, monitorización de agua y energía y sobre todo la capacidad de buscar y trazar cualquier cosa».

Una de las grandes transformaciones que está sufriendo Internet es que ya no solo son personas las que están interconectadas sino también computadores, dispositivos electrónicos y sensores. Esto está provocando que nuevos órdenes de magnitud de complejidad estén presentes en Internet.

La aparición de una nueva generación de sensores por debajo de 5 céntimos de dólar por primera vez hace posible el despliegue masivo de redes de radiofrecuencia en la banda de UHF con unas características de alcance, velocidad, capacidad de muestreo especialmente atractivas para el despliegue de grandes redes de monitorización con aplicaciones en campos como salud, seguridad, transporte, entretenimiento, medio ambiente (agua, incendios...)... No ha aparecido un actor en esta área todavía pero sin lugar a duda un nuevo Google, Facebook, Twitter en el área de las grandes redes de sensores está por llegar.

En este sentido, de especial interés es el concepto de *Smart Dust* o polvo inteligente, Figura 31, que consiste en sensores del tamaño de la cabeza de un alfiler que pueden ser considerados como de usar y tirar y pueden constituir redes de monitorizaciones ubicuas e invisibles. Pensemos en millones de este tipo de dispositivo, como si fuese cada uno un granito de arena de playa, esparcidos sobre las zonas que se quiere monitorizar.

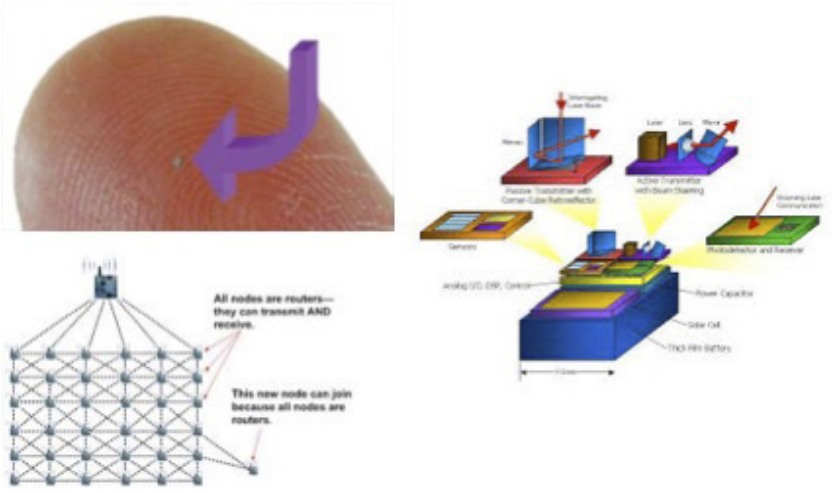

Figura 31. Imagen de la miniaturización de sensores. *Smart Dust*/Polvo Inteligente (Google search).

La emergencia de este tipo de tecnología se produce gracias a los nuevos umbrales logrados en las prestaciones de las bandas de radiofrecuencia en UHF entre 860 y 960 Mhz, donde el alcance cubre un rango desde milímetros a decenas de metros, con una frecuencia de lecturas entre 200 y 1.200 *tags* por segundo, con una fiabilidad cercana al 100 por ciento y en los precios por debajo de los 5 céntimos de dólar en volúmenes grandes.

Las cosas que nos rodean en el mundo se convierten así en elementos con cierta inteligencia a su vez unidos en gigantescas redes.

Es de destacar la evolución de los *UAVs* (*Unmanned Aircraft Vehicles*), también conocidos por «drones» con sus cargas de sensores y su aplicación a todo tipo de misiones de toma de datos y control. Esta área es una de las más importantes en cuanto a las fuentes de toma de datos masivos en los próximos años, al igual que lo han venido siendo los satélites en último tercio del siglo XX.

La aplicación de esta categoría de Internet de las cosas está transformando áreas como la seguridad, *e-health*, transporte, entretenimiento, medio ambiente, alimentación, monitorización de agua y energía...

Pero sobre todo la capacidad de buscar y trazar cualquier cosa, lo que tiene implicaciones fundamentales en esta nueva manera de convertir cualquier cosa en el mundo en algo mucho más inteligente y capaz. De hecho, el novedoso campo de la «Vida Sintética» está teniendo sus primeros desarrollos alrededor de la creación de redes de elementos muy simples, como los virus, que debidamente interconectados por redes bioquímicas tienen un comportamiento cuasi inteligente vistos como red.

Realizaciones prácticas actuales de *Big Data Analytics*

Se tiende a pensar cuando se habla de *Big Data* que esta disciplina cubre fundamentalmente las tecnologías asociadas con el almacenamiento masivo de datos y su tratamiento con tecnologías diferentes a los sistemas de bases de datos tradicionales. El gran reto es la obtención de consecuencias de estos datos dando lugar a la disciplina del *Big Data Analytics*. En la actualidad hay un gran número de soluciones que se sustentan en las tecnologías de *Big Data* que ofrecen soluciones terminadas y que forman la verdadera realidad, extremo a extremo de esta disciplina.

Independientemente de que exista una Ciencia de las Redes y una serie de tecnologías horizontales que permitan extraer información de las grandes cantidades de datos que tenemos en la actualidad, la realización práctica de esta gestión del *Big Data* se lleva a cabo por diversas soluciones especializadas en aspectos concretos que tienen una base en la Ciencia de las Redes. Veamos ejemplos de algunas de ellas

Reputación online

En el mundo actual, la percepción que se tiene de algo en Internet de una forma rápida se convierte en una realidad de hecho. Es por eso por lo que organizaciones de todo tipo dan prioridad a la gestión de la reputación que tienen en la red. En las búsquedas en Internet, las personas se fijan fundamentalmente en los resultados que aparecen en la primera página, con lo que la percepción que prevalece es tan solo la punta del iceberg de la realidad de lo que se juzga, siendo este un proceso incompleto e injusto. Existen en la actualidad tecnologías basadas en las propiedades de las redes que permiten que las apariciones sean acordes a la realidad de lo que se quiere juzgar. Estas tecnologías suponen un paso más allá de los conocidos métodos *SEO* (*Search Engine Optimization*), que son ya la generación anterior de este tipo de tecnologías.

Asimismo, las opiniones generadas por las personas sobre productos o servicios que reciben, normalmente como calificación en forma de estrellas, son otro elemento clave para definir el nivel de reputación de los negocios, organizaciones, productos o servicios. En la actualidad, el 78 por ciento de las personas leen las calificaciones en forma de estrella y el 89 por ciento de las mismas admiten que dichas calificaciones influyen en su decisión de compra (*eTailing Group*). También existen en estos momentos una nueva generación de tecnologías que permiten la gestión de las valoraciones positivas que muchas veces no son realizadas o no aparecen en los sitios adecuados. El conjunto da lugar a una medida de la «reputación *online*» que puede ser comparada dentro de un colectivo (Figura 32).

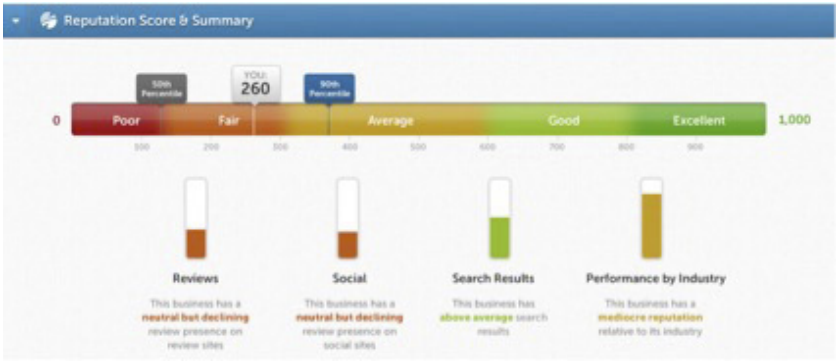

Figura 32. Cortesía de Reputation.com/ A&J Engineering.

Gestión de la Nube

El uso de aplicaciones en la Nube es un proceso imparable en la actualidad, tanto a nivel personal como a nivel empresarial. Los beneficios de coste, flexibilidad y escalabilidad de la Nube hacen que este

movimiento sea una tendencia rápida y sin vuelta atrás. Las implicaciones que el modelo de la Nube tiene en la seguridad son muy importantes y eso ha dado lugar a la aparición de una serie de tecnologías para la gestión de la seguridad de los miles de *apps* accedidos por los usuarios de Internet. Estas tecnologías permiten la identificación de los riesgos de las *apps* desde el punto de vista de los parámetros de su diseño y construcción, así como la identificación de los comportamientos anómalos de usuarios o la encriptación con tecnologías muy avanzadas de la información confidencial de las organizaciones en la Nube. En la Figura 33 se puede ver un interfaz de este tipo de soluciones avanzadas.

Figura 33. Cortesía de Skyhigh Networks/ A&J Engineering.

Identificación de la suplantación

El comercio electrónico tiene una tasa de crecimiento muy alta y es clave en la evolución del mercado de consumo. Uno de los problemas con que se enfrentan las grandes marcas de productos es la falsificación por Internet. Marcas de ropa, de artículos de lujo, de productos farmacéuticos son objeto de suplantación y fraude, originando pérdidas de miles de millones de euros. Existen nuevas tecnologías basadas en redes y en *big data* dedicadas a la monitorización de este tipo de fraudes, a su prevención así como a su identificación y cierre. En la Figura 34 se puede ver un ejemplo de interfaz avanzado de este tipo de nuevas tecnologías.

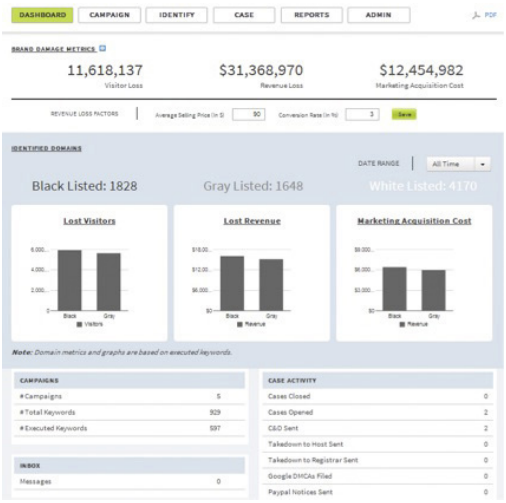

Figura 34. Cortesía de Bouju/ A&J Engineering.

Redes sociales dirigidas (redes sociales corporativas)

La idea de usar la misma tecnología y facilidad de uso que encontramos en las redes sociales como *Facebook*, *Linkedin*, *Pinterest*, *Twitter*... pero con el objetivo de aunar esfuerzos de una comunidad con el objetivo de conseguir un resultado concreto es un área que se ha desarrollado recientemente con aplicaciones en la empresa o en la educación. En este campo, por ejemplo, se pone a disposición del profesor una herramienta de participación única con el objetivo de conseguir una realimentación de información entre los alumnos, aportando sus opiniones y refinándose el conocimiento adquirido más allá de la información proporcionada por el profesor. Es la red del profesor con los alumnos la que es depositaria de un conocimiento. En la Figura 35 se puede ver un ejemplo de este tipo de aplicaciones.

Figura 35. Cortesía de Popin A&J Engineering.

Visualización dinámica de redes

Como ya hemos visto, la visualización de grandes cantidades de datos se ve beneficiada con las herramientas de visualización creadas en los últimos años alrededor de la Ciencia de las Redes. Normalmente las técnicas de visualización dan una batería de imágenes adaptadas para la identificación de clústeres, *weak links*, comunidades, parámetros de centralidad... En la actualidad hay una serie de tecnologías que se están incorporando a los sistemas de visualización de redes como las que provienen de los sistemas de simulación de dinámica de fluidos normalmente usados en las áreas aeronáutica y naval. En realidad esta disciplina y herramientas suponen uno de los elementos más potentes de toda la ciencia para el análisis de sistemas complejos y además introducen un elemento nuevo que es la capacidad de la animación, con lo que los fenómenos como la emergencia donde situaciones nuevas aparecen de forma súbita son visualizados con gran claridad y permiten una identificación de características de red que no era posible con las técnicas anteriores. La Figura 36 muestra un ejemplo de este tipo de visualizaciones avanzadas.

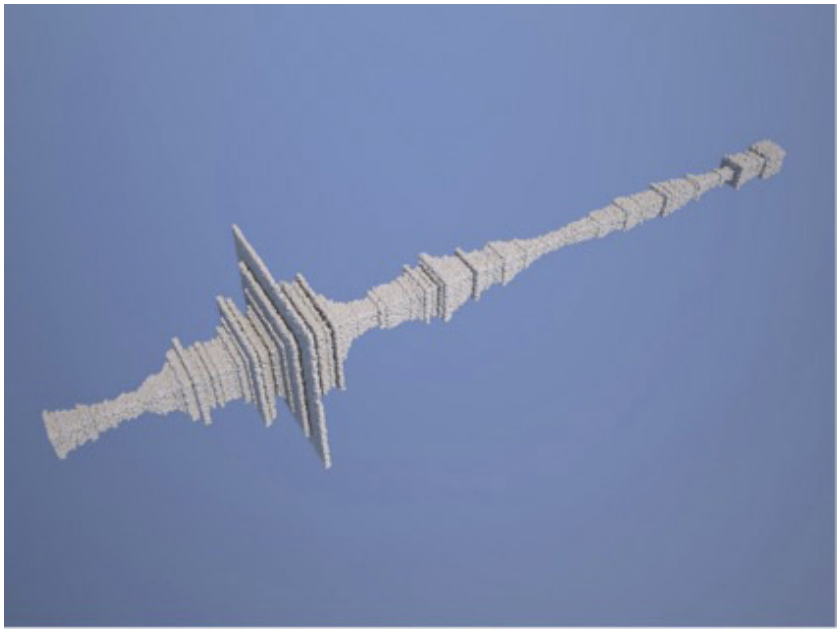

Figura 36. Cortesía de NextLimit Technologies/ A&J Engineering.

Fusión de datos

Una de las características de los datos masivos que se tienen en la actualidad asociados a cualquier actividad humana es la diversidad de formatos que complican su integración para su análisis posterior. Existen en

estos momentos una serie de tecnologías asociadas a la integración de datos diversos y que permiten resolver este problema y que se agrupan de forma genérica bajo la denominación de Plataformas de Fusión de Datos. En la figura se pueden ver el tipo de interfaces que se presentan al usuario que utiliza una plataforma de este tipo.

Figura 37. Ejemplo de pantallas de Fusión de Datos de Palantir, Google Search.

La geopolítica líquida en términos de red

> *«Todas las tecnologías y disciplinas científicas mencionadas tienen un impacto directo en los mecanismos que sustentan la nueva geopolítica mundial. Los elementos de poder, el comportamiento de los individuos, los grados de libertad del individuo respecto al entorno, la gestión de los riesgos más importantes de nuestra sociedad, la posibilidad de agredir o defender las grandes infraestructuras de los países son algunos de los ejemplos que se consideran en este punto final donde se establecen posibles relaciones entre los conceptos tecnológicos y científicos vistos y acciones concretas. Las grandes organizaciones mundiales como la NSA se describen de forma somera».*

¿Cómo se ligarían los conceptos mencionados de forma expresa con las transformaciones que la geopolítica está teniendo en la actualidad?

El primer punto a destacar está relacionado con el adjetivo «líquida» que se ha dado en el título de este estudio. No se podría encontrar una deno-

minación más acertada desde el punto de vista de las redes. Los cambios rápidos y la adaptabilidad de los fenómenos, la carencia de fronteras o límites fijos, la invisibilidad o transparencia de muchos de los fenómenos si no se tienen los medios de análisis adecuados, la rápida difusión de las acciones y de sus implicaciones, haciendo que el entorno sea sumamente permeable hacen de la imagen líquida la mejor referencia para comprender el alcance y la difusión de los fenómenos sociales, económicos, políticos, militares, terroristas y de privacidad.

El concepto de poder cambia por la existencia de un mundo interconectado.

Según la versión en castellano de *Wikipedia*, desde el punto de vista sociológico el término «poder», como sinónimo de fuerza, capacidad, energía o dominio, puede referirse a la capacidad de hacer o ser algo; el ejercer un dominio hegemónico sobre uno y/o grupos de personas; la habilidad de influir sobre uno y/o grupos de personas; indicar la autoridad suprema reconocida en una sociedad.

Gran parte de la actividad de nuestra sociedad ya no se realiza de una forma física sino digital a través de personas que se comunican entre sí o computadores que gestionan entre ellos procesos. Es por eso por lo que la capacidad de influencia en personas o grupos de personas cambia de reglas, así como el acceso a los activos físicos de las diferentes comunidades cuyo control tiene un elevadísimo nivel de relación con lo digital y con las redes. Hay un mundo invisible de relaciones causas y efectos, flujo de información en definitiva, paralelo al mundo real y en la actualidad hay medios de visualizar ese mundo que sigue unas leyes naturales que se han empezado a modelar.

Si repasamos algunos de los riesgos que nuestra sociedad tiene en 2015, según el *World Economic Forum* y en concreto los asociados a las infraestructuras tecnológicas, nos encontramos con cuatro dentro de los veinticinco primeros:

1. Interrupción de redes e infraestructuras de información críticas.
2. «Ciberataques» a gran escala.
3. Incidente masivo de fraudes o robo de información digital.
4. Uso masivo y extendido de tecnologías punteras (impresión 3D, inteligencia artificial, geoingeniería, biología sintética, etcétera).

Pero no son estos riesgos tecnológicos los únicos relacionados con las redes. Si nos fijamos en otros riesgos identificados, como pueden ser una profunda inestabilidad social o el fallo en la gobernanza nacional, estos riesgos tienen una carga fuerte de percepción social que influyen en su magnitud y por lo tanto la evolución de la misma siguiendo las leyes naturales de las mismas son claves para superar los umbrales previos a que se produzca una crisis. Analicemos este aspecto con un poco más de atención:

Un caso concreto

Veamos a modo de ejemplo imaginario qué efecto podría tener en unas elecciones políticas el uso de las tecnologías nacidas alrededor de la Ciencia de las Redes. Antes de nada recordemos a efectos prácticos cómo evoluciona una red natural y las propiedades que más nos interesan para este supuesto.

La primera consideración es que una red natural, crece tanto en cuanto haya «hipercomunicación» entre sus elementos. Internet tiene el mismo efecto que el agua en el proceso de síntesis de la vida. Si hay agua en Marte hay posibilidades de que exista la vida. Si hay «hipercomunicación» en una red, esa red empieza a tener las características de un ser vivo con las seis propiedades que se citan en el gráfico de la Figura 38.

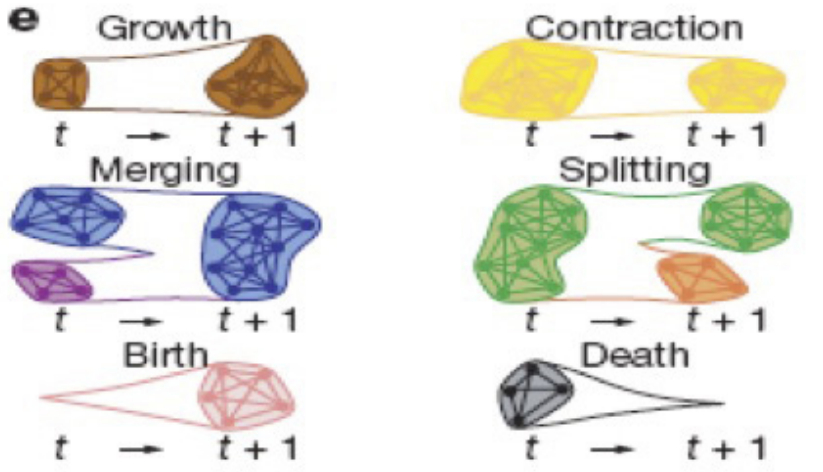

Figura 38. Google Search.

Una red nace, crece, se multiplica, muere...

En el supuesto imaginario de un proceso electoral, lo primero que hay que considerar es que a estas alturas, en los países desarrollados, el acceso a Internet y a sus diferentes aplicaciones es una realidad y por lo tanto el conjunto de votantes ha de considerarse como una red de evolución natural con todas las características de las mismas.

La segunda consideración es que las redes naturales evolucionan formando agrupaciones. Esto parece evidente porque todos sabemos que el espacio electoral está segmentado en personas que tienen preferencias políticas diversas pero en una red natural el fenómeno va más allá y dichas agrupaciones tienen unos mecanismos físicos diferentes. Las agrupaciones o clústeres que aparecen en las redes se forman en función de la información que comparten sus elementos que es diferente a la infor-

mación que dicho clúster comparte con el exterior. El contacto con el exterior se realiza a través de los denominados *weak links* o enlaces débiles. En la figura que sigue a continuación se pueden ver tres clústeres con gran comunicación entre sus nodos representada por los enlaces y una serie de enlaces débiles que enlazan los diferentes clústeres y que son clave en la evolución de la red. Es decir, podemos tener una aproximación tradicional estadística y sociológica para comprender el movimiento y las intenciones de una masa electoral y también podemos tener una aproximación complementaria desde el punto de vista de redes donde veremos imágenes del tipo mostrado en la Figura 39:

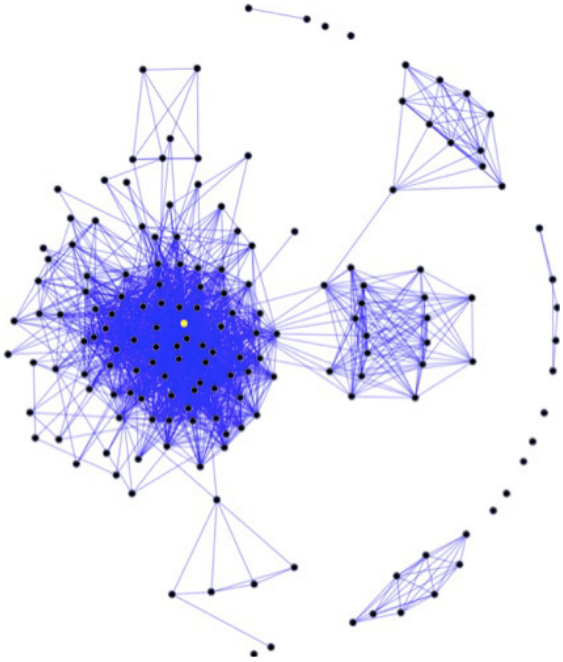

Figura 39

La utilidad de conocer estos clústeres es que la respuesta de los mismos es homogénea respecto a un estímulo externo a través de los enlaces débiles que les unen con el exterior. Estos clústeres de votantes tienen otras redes asociadas donde los nodos en lugar de votantes que son ideas que a su vez están agrupadas en clústeres y siguen los comportamientos y leyes de las redes. Con estas dos redes uno puede saber cómo dirigirse a los individuos de la red de una forma cruzada en términos de personas y de ideas, así como los mecanismos de transmisión de las mismas a través de los *weak links* que son el mecanismo para producir una evolución o cambio en la red. Es decir, se podría cambiar la composición de los clústeres y por lo tanto influir potencialmente en el estado de opinión de los votantes.

El tercer punto a tener en cuenta es el de los umbrales de comunicación. Llegado a un nivel concreto de hipercomunicación en un clúster y además para una serie de elementos de información determinados, se produce un cambio súbito de fase en cuanto a la opinión sobre esa información. Se trata de un proceso asociado a la lucha contra la complejidad que cualquier organismo tiene, que introduce una serie de simplificaciones en base a la información que le llega de su clúster o entorno cercano. Esto da lugar a que el clúster de repente tome una postura u opinión común respecto a una información exterior al clúster. Es decir el cambio de la composición de las agrupaciones se produce de forma acelerada llegando a determinados niveles de hipercomunicación dentro de los clústeres.

El cuarto punto es el de la velocidad de difusión de la información en una red, así como la identificación de los nodos origen más importantes para producir una difusión más rápida a través de unos parámetros denominados de «centralidad» que permiten cuantificar el impacto que nodos o grupos de nodos tienen sobre el resto de la red. Es decir el esfuerzo para producir el cambio en la red se puede hacer con un esfuerzo inicial reducido y con una modulación de la velocidad y alcance.

Resumiendo, supongamos que en unas elecciones, yo identifico a través de la información pública de redes sociales, *Facebook*, *Twitter*, blogs, etcétera... unos clústeres de votantes que se comunican, a su vez identifico las redes de ideas asociadas. Luego veo las conexiones de enlaces débiles con otros grupos, identifico el máximo alcance de difusión de esos clústeres, identifico a su vez en las redes de conceptos la conexión con otras redes de conceptos en otros grupos y construyo a través de determinados puntos de alta centralidad de red un mensaje. Tendría la posibilidad así de acelerar un proceso latente con técnicas muy nuevas fuera de los procedimientos electorales estadísticos tradicionales.

Aunque el elector piense que es libre en su decisión de voto, si está hiperconectado con un grupo su decisión está predefinida por la evolución de dicho grupo, ya que la realidad que percibe el individuo es la ofrecida por la red que le rodea aunque él piense que no.

Es decir, quien tiene acceso a las nuevas tecnologías de red puede competir en un proceso electoral con un tipo de herramientas de nueva generación definitivas en cuanto a una posible influencia en los resultados.

Todo esto nos lleva a un hecho sociológico muy profundo: la persona no es necesariamente más libre en un entorno en el que disponga de gran cantidad de información y relaciones. La persona puede llegar a conclusiones pensando que dispone de todos los elementos de crite-

rio, pero en realidad en su intento de simplificar la complejidad de la información a la que está expuesto en realidad realiza simplificaciones que no las hace él sino su red cercana.

La anticipación como necesidad operativa

Una de las características de la nueva complejidad es la rapidez a la que se propaga la información en las redes asociadas haciendo que las distancias entre sus elementos sean muy pequeñas de hecho. Es por eso que los intervalos de reacción ante cambios de estado se reducen de una forma significativa. Hemos visto cómo las caídas en bolsa, los estados de opinión o la propagación de epidemias, por citar algunos ejemplos, tienen en la actualidad una complejidad añadida que es a la velocidad a la que se producen y el alcance que tienen.

Es fundamental, por lo tanto, la anticipación a estos cambios súbitos. Esta anticipación se puede conseguir usando las tecnologías combinadas de *Big Data Analytics* que hemos venido comentando. La característica fundamental de este análisis es la velocidad a la que se produce y el tipo de sucesos que permite identificar. Esto es lo que permite tener un tiempo de preparación mayor ante acontecimientos que se avecinan.

La nueva «Guerra Fría» en la red. La Agencia de Seguridad Nacional y sus equivalentes en Rusia y China. Multipolaridad

El concepto de destrucción mutua asegurada que ha estado presente en nuestras vidas desde que comenzó la Guerra Fría tiene en el ciberespacio un equivalente asociado a la capacidad de un país u organización de parar los sistemas de información y comunicación de forma remota o robar información crítica. Mientras que en el período álgido de la Guerra Fría era normal ver incursiones aéreas muy cerca de las fronteras tanto de Estados Unidos como de la Unión Soviética, así como un proceso sistemático de espionaje a través de satélites y aviones espía, en la actualidad es posible ver también a las diferentes superpotencias manteniendo una actividad de espionaje y de cálculo de respuesta a un ataque en Internet.

A través del servicio que ofrece Akamai, uno de las principales redes de distribución de contenidos en Internet, http://wwwnui.akamai.com/gnet/globe/index.html se puede ver en un momento dado el número de ataques que está sufriendo Internet en diferentes lugares del mundo con un pico destacado en el Silicon Valley y en Pekín, que son dos nodos importantes de flujo de tráfico en Internet (Figuras 40 y 41).

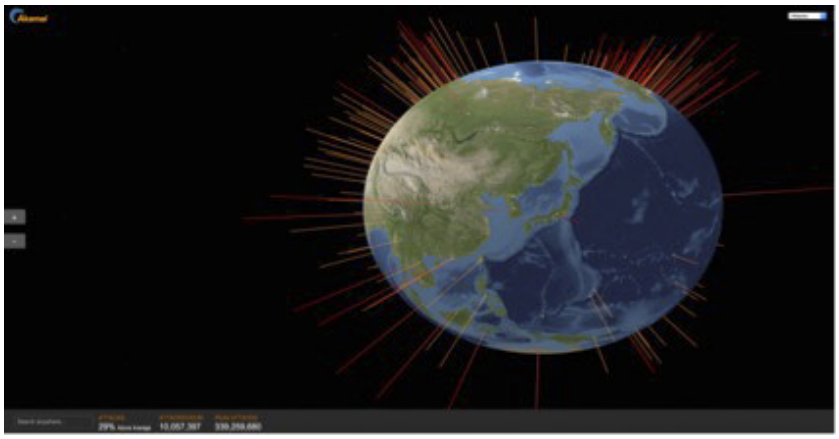

Figura 40. Imagen de la APP Akamai.

Figura 41. Imagen de la App Akamai.

La NSA (National Security Agency)

Nada mejor para dar una idea de la magnitud de estos centros es el hecho de que el cuartel general de la NSA en Maryland, Fort Meade, es el primer consumidor del Estado de energía eléctrica (Figuras 42 y 43). La NSA, Agencia de Seguridad Nacional de Estados Unidos, se encarga de todo lo relacionado con la seguridad de la información.

Todas las tecnologías descritas son usadas en sus formas más avanzadas por la NSA y otras organizaciones equivalentes en Rusia, China o el Estado Islámico. Sus centros de computación siguen una estructura física equivalente a la Nube, distribuida, destacando en el caso de la NSA en centro que tiene en UTAH.

Figura 42. Google search. Instalaciones de la NSA en Maryland (Fort Meade). Fuente: Wikimedia commons.

Figura 43. Google search. Instalaciones de la NSA en Maryland (Fort Meade).

Estas instalaciones suponen en la actualidad el centro más grande de capacidad de cálculo de la Nube mundial (Figura 44) con instalaciones de supercomputación únicas en el mundo con elementos como el supercomputador de proceso paralelo masivo *XC30 Cray,* capaz de hacer más de 100.000 trillones de instrucciones por segundo que supone el estado del arte en la actualidad y cuyo objetivo es tener la capacidad de descifrar códigos de 256 bits. Dicho computador se ha desarrollado conjuntamente con DARPA.

Figura 44. (centro de la NSA en UTAH). Fuente: WEB NSA.

La capacidad de obtención, almacenamiento y análisis de la NSA de información se basa en el siguiente modelo (Figura 45):

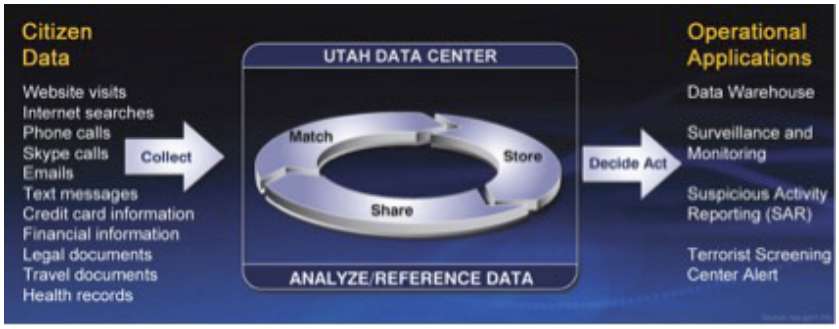

Figura 45. Modelo de datos de NSA (NSA web site).

A su vez, la obtención de datos se realiza a través de las instalaciones de los grandes operadores de telecomunicaciones, de la Nube y de aplicaciones del *WWW* como Microsoft. Google, Yahoo, Facebook, YouTube, Skype, PalTalk, AOL o Apple de los que se obtiene información de *e-mail*, *chat*, voz y video, videos, fotos, información almacenada, Voz sobre *IP*, transferencias de ficheros, video conferencia, notificaciones de actividad como *login*. Detalles de la actividad en redes sociales... La información de las llamadas telefónicas, qué llamadas se hacen y se reciben, con quién se habla, desde dónde y cuándo se habla, la duración de las llamadas y el tipo de dispositivo que se está usando para la comunicación son parte de los datos que se obtienen, no así el contenido de las conversaciones, que solo se registran en caso de existir una orden judicial.

FAPSI

La Federal Agency of Government Communications and Information (FAPSI), es el equivalente en Rusia de la NSA de Estados Unidos (Figura 46). Entre sus competencias se encuentran:

- Comunicaciones especiales (incluyendo las comunicaciones del Gobierno).
- Seguridad criptográfica.
- Obtención de información de inteligencia.

Figura 46. Fuente: Google Search Internet.

3PLA

Es la versión China de la NSA (Figuras 47 y 48). Cuenta con más de 100.000 personas trabajando. Son *hackers*, lingüistas, analistas de información e investigadores y especialistas de universidades repartidos en

Figura 47. Fuente: Google Search Internet.

Figura 48. Fuente: Google search Internet.

doce centros de inteligencia militar. Su principal actividad se centra en monitorizar la información de Estados Unidos en Internet.

El poder en términos de red

Con lo expuesto, se comprende que es difícil tener poder en el actual mundo conectado en red si no se tienen tecnologías para obtener información de la complejidad de las interacciones de personas, organizaciones y máquinas. El tener acceso a dicha información significa poder anticiparse a los acontecimientos y a los fenómenos que se producen en las redes que subyacen dentro del complejo mundo actual. El concepto tradicional de país o frontera se desvanece por el de personas u organizaciones que experimentan empatía alrededor de una interacción intensa a través de las diferentes formas de comunicación en Internet.

La formalización del poder se realiza a través del conocimiento de las propiedades de las redes que siguen una evolución natural y su impacto en la evolución de las mismas. Hay una serie de fenómenos que se producen en las redes que son equivalentes a los de los seres vivos. Las redes nacen, crecen, se unen, se separan, se contraen o mueren. Asimismo, las redes tienen una serie de propiedades únicas como se ha expuesto con anterioridad.

Hagamos un repaso final rápido por cada una de ellas pero con ejemplos de las implicaciones políticas y sociales que pueden tener:

a) Cristalización de actitudes y estados de opinión

En las redes se producen cambios súbitos y sincronizados de estados de opinión. En las redes se pueden identificar con anterioridad cuándo se van a producir cambios súbitos. Sirva como ejemplo el proceso de abandono de una compañía a otra en el sector de las telecomunicaciones que hemos visto con anterioridad y que se puede identificar con antelación analizando las redes asociadas a los individuos que toman la decisión de cambiar de operador (*churn*).

Es de destacar en este aspecto el llamado: «Estado de opinión superficial» presente en muchas redes de evolución natural.

Es una de las características de los estados de opinión de los clústeres de redes hipercomunicados. Son superficiales basados en un proceso rápido de exposición de los individuos a la información del resto del grupo y a un proceso de aceptación basado en la percepción de la aceptación simultanea por parte del entorno cercano dentro del clúster. Este proceso es rápido y se basa en el concepto de reputación colectiva que consiste en creer que las aceptaciones de puntos cercanos de la red son independientes cuando en realidad están realimentadas en espacios de tiempo muy cortos y unas provienen de otras aunque formalmente no lo parezcan.

Normalmente el posicionamiento ante un hecho se produce por una combinación de información sobre ese hecho asociado a un estado de opinión de otras personas de referencia sobre el mismo. Si el entorno no está hipercomunicado los tiempos asociados a entender el hecho y el tiempo de exposición a las críticas independientes del mismo es mayor, siendo la opinión generada el resultado del conocimiento y valores de referencia del grupo con tiempo incluso para la inclusión de información de fuentes lejanas al grupo.

Cuando este proceso se produce de forma rápida en un red social, el criterio es por opiniones del entorno con un tiempo menor para valorar el hecho en sí en base a criterios de valores y de otras posiciones asentadas, dando lugar a tomas de posición superficiales, llamadas así porque son efímeras y cambiantes ya que no se basan en elementos de conocimiento estables o estados de la red fuera de transitorios.

Este proceso hace que la opinión pública adquiera una nueva forma de inestabilidad y fugacidad en el tiempo, mucho más si los niveles culturales de las personas son limitados o su juventud hace que no tengan la experiencia y el poso asociado al conocimiento que da el paso del tiempo.

b) Difusión de información

En las redes la velocidad de difusión se puede cambiar en base a la combinación de tres perfiles de comportamiento en la red, así como a través

de la identificación de los parámetros de centralidad de una red. Se puede acelerar o retrasar dramáticamente la difusión de la información en función de estos parámetros. ¿De qué magnitudes estamos hablando? ¿En qué medida se cambia el alcance y la velocidad en la difusión de una información? En la Figura 49 donde se ve el alcance en cinco días de una difusión basada en una selección inicial de 5.000 personas de forma aleatoria o 5.000 elegidas con parámetros de centralidad de red elevados. Las manchas de color son los miles de personas a los que llegó en un caso y en otro la difusión de la información. En cinco días el alcance fue de varios millones de personas en el caso que se muestra.

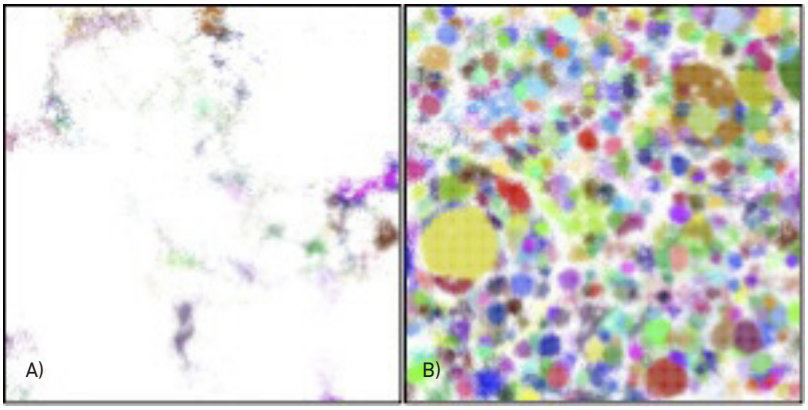

Figura 49. Difusión de información (cortesía Barabasilab).
A) Alcance a partir de una muestra inicial aleatoria.
B) Alcance a partir de una muestra con parámetros de centralidad de red elevados.

c) Destrucción y defensa de redes

En las redes se puede conseguir una destrucción de la misma con ataques definidos sobre los *hubs* o puntos con gran número de conexiones. Como hemos comentado, las redes naturales son resistentes y débiles al mismo tiempo, dependiendo del tipo de ataque al que se vean sometidas. Los ataques aleatorios casi no las afectan pero los orquestados sí.

Si el ataque es aleatorio o el ataque es dirigido hacia los *hubs* principales de la red, el resultado resulta dramáticamente diferente cómo se puede observar en la Figura 50, donde se muestra el estado de la red ante 3, 9 y 12 nodos perdidos.

d) Caracterización de líderes de opinión en emergencia

En las redes se pueden descubrir los líderes de opinión antes de que aparezcan y sean evidentes. Estos líderes de opinión son claves en la posterior evolución de la red y por lo tanto suponen uno de los activos clave para el

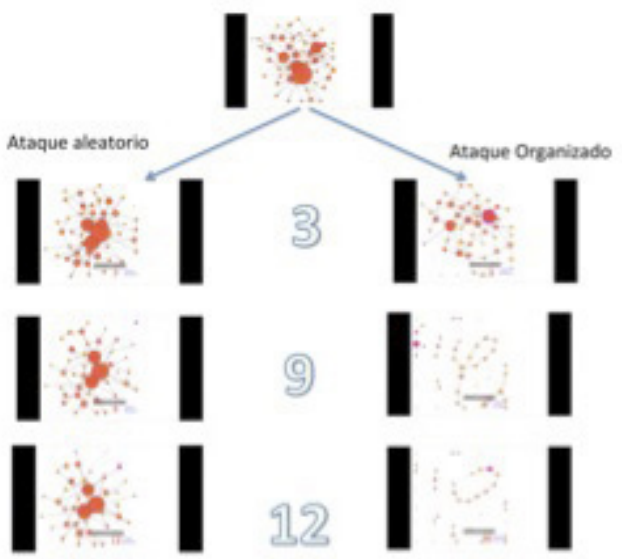

Figura 50. Cortesía de Barabasilab.

control de las redes y su posterior evolución. En la Figura 51 se pueden ver en azul estos líderes de opinión en un entorno médico que aparecen en la red, pero no son reconocidos todavía de forma oficial y sin embargo son claves para sobrepasar los umbrales de los cambios de opinión.

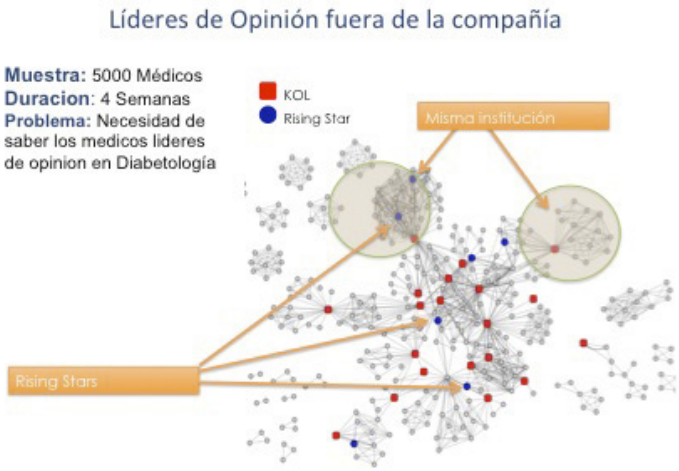

Figura 51. Cortesía de Maven7.

e) Sincronías anómalas

La visualización de una red adopta múltiples formas. Podemos hablar de votantes como en el ejemplo previo, pero también podemos hacer las redes de las ideas que tienen esos votantes, así como podemos hacer redes que unen dos puntos si sus acciones se producen al mismo tiempo o de una forma cercana en el tiempo. Existe, por lo tanto, una forma de medir la sincronía desde el punto de vista de redes y esta característica ha permitido una dimensión de análisis muy potente ya que las correlaciones temporales muchas veces pasan desapercibidas a no ser que se visualicen en forma de red con las herramientas de esta disciplina. La identificación de sincronías anómalas que se visualizan como clústeres es de gran utilidad en las aplicaciones de «Ciencia de las Redes» en el área de ciberseguridad.

f) Proceso de desafección

Un clúster en una red puede desaparecer gradualmente cuando sus miembros pasan a formar parte de otras redes. El proceso de abandono está caracterizado y modelado en la Ciencia de las Redes permitiendo anticipar este proceso.

g) Reality Engines/Smart Dust. Control intensivo del entorno físico

No solo hablamos de redes entre personas sino que también las redes pueden ser de ordenadores o dispositivos/sensores que colaboran entre sí. De hecho, una de las áreas que está transformando todo el entorno de *Big Data* es el «Internet de las Cosas» formado por redes de sensores y de ordenadores. De hecho la evolución de la tecnología de radiofrecuencia en las bandas de UHF de los últimos años, donde se puede tener un alcance desde milímetros a decenas de metros, lecturas entre 200 y 1.200 *tags* por segundo, una fiabilidad cercana al 100 por ciento y unos precios cercanos a los 5 céntimos de dólar por sensor, hacen que la aparición de este nuevo tipo de redes prolifere y sea un elemento fundamental para el control y la gestión de nuestra sociedad actual.

h) Deep Inspection Analysis: la detección definitiva de los eventos en Internet

Otro ejemplo interesante de grandes redes es el de los eventos en Internet, considerando «evento» cualquier transacción o contenido existente en un momento determinado en Internet. Uno de los grandes retos pendientes alrededor del modelo de Internet es la creación de un nuevo modelo en el que las grandes empresas proveedoras de contenidos y servicios paguen también por el uso de la infraestructura de comunicaciones que se utiliza. Existen tecnologías en la actualidad denominadas en su

conjunto *Deep Inspection Analysis*, que pueden aumentar en órdenes de magnitud la cantidad de datos existentes en la actualidad. Esta disciplina sería el equivalente a analizar, conocer y gestionar el genoma humano por poner un ejemplo equivalente de magnitud de datos.

Este tipo de tecnología en su forma más avanzada es la usada por organismos como la NSA para obtener datos de los grandes flujos de tráfico de Internet en la red.

i) Una nueva escala en Big Data. El gran proyecto de extensión de la Nube a la mitad de la población mundial no conectada. La llave de la riqueza y pobreza

Más de la mitad de la población en el mundo no está conectada a Internet. Recientemente es significativo el aumento del tráfico en Internet dato que no sorprende a nadie, pero lo que sí es más significativo es que el número de usuarios nuevos no ha crecido. Más de la mitad de la población del mundo no tiene acceso a Internet. La brecha entre ricos y pobres es uno de los aspectos más peligrosos en la estabilidad a medio plazo de nuestra sociedad. Internet es clave para poder acceder a la riqueza en el siglo XXI. Es por eso por lo que organizaciones como Facebook o Google, cuyo modelo de negocio aumenta por cada nueva persona que esté en Internet independientemente de lo que haga, están lanzando una serie de tecnologías disruptivas de telecomunicaciones a través de aviones no tripulados a gran altura que hagan las veces de repetidores para llevar Internet a cualquier geografía de forma simple y barata.

Esto implicará la incorporación en la próxima década de miles de millones de personas nuevas a Internet incrementando el tamaño del *Big Data* mundial y haciendo que sea necesario el uso de herramientas para la comprensión de estos datos como las que hemos visto.

La gobernanza de Internet y la extensión a toda la población mundial

La naturaleza de Internet es distribuida. Ninguna persona, compañía, Gobierno u organización la gobiernan por sí solos. La gobernanza de Internet es un tema especialmente importante, no solo desde el punto de vista técnico que garantice el correcto funcionamiento y evolución de la red con la interconexión adecuada entre las diferentes redes y elementos que la componen, sino también aspectos relacionados con la seguridad y el «cibercrimen», la posibilidad de que toda la población mundial acceda a la red y que no haya privilegios o limitaciones al acceso a cualquier servicio o contenido, la privacidad o la libertad de expresión. Por otro lado, los modelos de negocio que garanticen un retorno a la inversión en las grandes infraestructuras de telecomunicaciones son clave.

La responsabilidad técnica de Internet está repartida entre diversos organismos.

Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)

Es la encargada de la asignación de los nombres de dominios, direcciones IP y puertos para aplicaciones dentro de los protocolos de transporte entre otros parámetros de importancia para el funcionamiento de la red. Aunque este organismo, que tiene la llave para conseguir que la red sea accesible sin conflictos de direcciones, está gobernado por un comité de dirección internacional técnico, de negocio, regulatorio, científico etcétera, surge el problema de que la decisión final de cualquier aprobación la tiene la National Telecommunications and Information Administration (NTIA) que depende del Departamento de Estado de los Estados Unidos. Este control sobre el sistema global de dominios de Internet, DNS hace que esta organización tenga de hecho una situación de control privilegiada sobre Internet.

Otros organismos asociados a la gobernanza actual de Internet son:

- Internet Engineering Task Force (IETF).
- World Wide Web Consortium (W3C).
- Regional Internet Registries (RIRs).
- Root Servers Operators.

Es importante comprender que el tráfico mundial de Internet pasa en gran medida por Estados Unidos (Figura 52). También que a través de las tecnologías de Deep Packet Inspection es posible revisar el flujo de información en los grandes nodos de tráfico de Internet. También es importante conocer que la red es configurable y que desde hace años existen tecnologías que pueden reconfigurar de forma instantánea dicha red global si se tiene acceso a los principales nodos de la misma. Esto quiere decir que independientemente de las características distribuidas de Internet, la tecnología punta de computación puede controlar los flujos de información de Internet, existiendo en la actualidad de hecho una carrera tecnológica en este aspecto como en los años de la Guerra Fría en el área aeroespacial, de radar y contramedidas electrónicas y nucleares.

Una consideración final

Todo lo expuesto sirve para comprender que el mundo ya no es lo que vemos con nuestros sentidos. La película *Matrix* nos mostró hace años esta idea llevada al extremo, pero no cabe duda que hemos iniciado en los últimos años un camino en este sentido en nuestra civilización. Las mismas tecnologías que han facilitado el comienzo de esta transformación son las que proporcionan también la forma de ver la nueva realidad. Una realidad compleja y multidimensional donde las acciones y reacciones dejan de ser

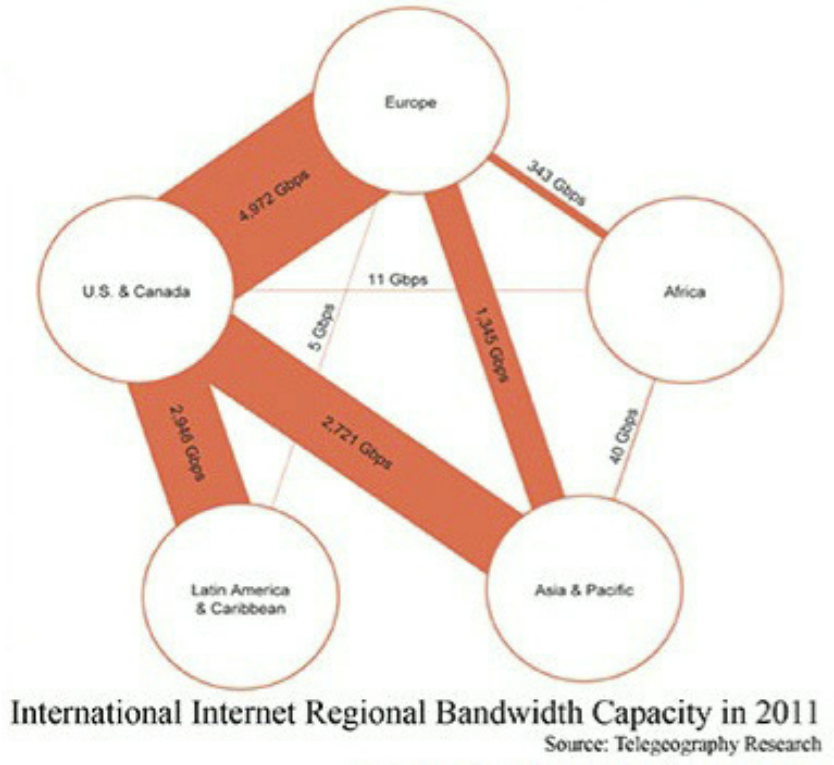

Figura 52. Distribución del tráfico de Internet en el mundo en 2011.

lineales y han de adaptarse a las nuevas formas, igual que el agua abraza en un objeto sumergido todas y cada una de las partes de su superficie.

Es significativa la evolución de agencias como la NSA o sus equivalentes en Rusia o China, consideradas como elemento clave para la política y defensa de estos países. Es muy significativa la definición de la misión de la NSA y en particular su afirmación final de que su objetivo es tener una ventaja en las decisiones de la nación y sus aliados en cualquier circunstancia:

«The National Security Agency/Central Security Service (NSA/CSS) leads the U.S. Government in cryptology that encompasses both Signals Intelligence (SIGINT) and Information Assurance (IA) products and services, and enables Computer Network Operations (CNO) in order to gain a decision advantage for the Nation and our allies under all circumstances».

En el siglo XX, la tecnología nuclear, la aeroespacial, la evolución de la electrónica y los primeros pasos de la computación han sido clave en la configuración geopolítica y en el poder. En este siglo, las tecnologías de *Big Data*, redes, el *Cloud Computing*... son los nuevos protagonistas de la geopolítica líquida del siglo XXI.

Bibliografía

Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means

Albert-Laszlo Barabasi

Bursts: The Hidden Patterns Behind Everything We Do, from Your E-mail to Bloody Crusades [Bargain Price] [Paperback]

Albert-Laszlo Barabasi

Networks: An Introduction [Hardcover]
Mark Newman

Six Degrees: The Science of a Connected Age (Open Market Edition) [Paperback]
Duncan J. Watt

The Structure and Dynamics of Networks: (Princeton Studies in Complexity) [Paperback]
Mark Newman (Author), Albert-László Barabási (Author), Duncan J. Watts

Network Science [Paperback]

Committee on Network Science for Future Army Applications (Author), National Research Council

Connected: The Surprising Power of Our Social Networks and How They Shape Our Lives -— How Your Friends' Friends' Friends Affect Everything You Feel, Think, and Do [Paperback]
Nicholas A. Christakis

Barabasilab
http://www.barabasilab.com

Maven7
http://www.maven7.com

Next International Business School
http://www.nextibs.com

National Security Agency NSA
https://www.nsa.gov/

Reputation.com
http://www.reputation.com/

SkyhighNetworks.com
https://www.skyhighnetworks.com/

Bouju.com
http://bouju.com/

Popin.com
http://www.popinnow.com/