

El mundo es un pañuelo: la técnica "Small-World" de Milgram

Isidro Maya Jariego | Universidad de Sevilla, España

Internet, amigos y bacterias: la alargada sombra de Stanley Milgram

The social psychology of this century reveals a major lesson: often it is not so much the kind of person a man is as the kind of situation in which he finds himself that determines how he will act [1]. (Stanley Milgram, 1974)

Stanley Milgram es uno de los investigadores más creativos que ha dado la psicología social experimental en su corta historia. En una entrevista en *Psychology Today* en 1974 relataba una anécdota sobre la iniciación de sus alumnos en la práctica de la experimentación. Milgram invitó a la clase a que fueran al Metro y pidieran asiento a los viajeros. La intención del profesor no era otra que mostrar a los alumnos los reparos que tenemos habitualmente para romper las normas no escritas. De hecho el grupo de clase se mostró reacio a llevar a cabo la experiencia. Pensaban que nadie dejaría el asiento sin darle un motivo o mostrarse enfermo. Finalmente dos estudiantes se hicieron cargo de la tarea, y pidieron el asiento cortésmente (pero sin justificación alguna) a 20 pasajeros. Antes de conocer el resultado ya corría el rumor entre los estudiantes de que los pasajeros "se estaban levantando". Para la sorpresa de la clase, prácticamente la mitad de las personas a las que se acercó el gancho se levantaron sin necesidad de que les dieran razón alguna.

Aunque en este caso se trata simplemente de un ejercicio de clase, la psicología social está plagada de este tipo de evidencias anecdóticas que (bajo las condiciones de un alto control experimental) pretenden revelar el poder de la situación sobre el comportamiento del individuo, o conocer mejor los procesos de influencia social. Milgram fue un consumado maestro en el diseño de situaciones experimentales creativas. Su trabajo de más impacto teórico en la psicología social, y también el más controvertido, lo constituyen una serie de estudios sobre la obediencia a la autoridad

que llevó a cabo a principios de la década de 1960 en la Universidad de Yale. Con el pretexto de examinar la relación entre castigo y aprendizaje, pedía a los sujetos experimentales que aumentasen progresivamente la intensidad del castigo físico a un individuo en situación de entrenamiento (en realidad un cómplice del experimentador). En ellos encontró que el 65 por ciento de los participantes estaba dispuesto a proporcionar descargas eléctricas de hasta 450 voltios a una víctima inocente. Bastaba con que el investigador se lo ordenara. La obediencia a una autoridad científica podía llevar a una mayoría de ciudadanos "normales" a infligir un castigo potencialmente dañino a un tercero [2].

Para los psicólogos sociales esta serie de estudios sobre la sumisión es la contribución más significativa de Stanley Milgram. En comparación, ha tenido menos eco la ideación de la técnica del "mundo-pequeño" (*small world*) como herramienta de análisis de las estructuras sociales [3]. Sin embargo, en artículos de sociólogos, antropólogos sociales, bioquímicos, físicos teóricos o ingenieros informáticos es frecuente encontrar la referencia a Milgram como un autor seminal en el estudio de redes. De hecho, es reconocido como un clásico tanto en el área interdisciplinaria del análisis de redes sociales como en la investigación de redes complejas por parte de físicos estadísticos. En este monográfico presentamos (por primera vez en castellano) el artículo en el que propone originalmente la técnica del mundo pequeño.

Es con toda seguridad una de las publicaciones científicas más citadas en el campo de las redes sociales, junto con "La fuerza de los lazos débiles" de Mark Granovetter (publicado en 1973). En concreto, cuenta con más de cuatrocientas referencias directas en el *Citation Index* desde la fecha de su publicación hasta enero de 2003. Un examen minucioso de dicha base de datos sirve para comprobar que inicialmente tuvo eco sobre todo entre científicos sociales, pero a partir de 1998 coincidiendo con la aparición de un trabajo de Watts y Strogatz en *Nature* sobre las propiedades matemáticas del mundo pequeño- se convierte en un artículo citado mayoritariamente por físicos (Garfield, Pudovkin & Istomin, 2003).

Estamos, por tanto, ante un estudio que, por un lado, abre una línea de indagación empírica sistemática sobre "el problema del mundo pequeño"; y que, en segundo lugar, trasciende treinta años después en un campo de la literatura científica, pleno de vitalidad, que se ocupa de analizar la topología de los sistemas tecnológicos, biológicos

y sociales. Veamos entonces cuál es el contenido de la investigación original de Milgram, y cuál su repercusión en el quehacer científico más reciente.

Seis grados de separación: las propiedades de un mundo pequeño

"El problema del mundo pequeño" fue publicado en 1967, en el primer número de la revista de divulgación científica *Psychology Today*. Según nos dice el propio autor, la preocupación por este fenómeno parte de las experiencias anecdóticas que se recogen en el dicho popular de que "el mundo es un pañuelo". Ocurre con frecuencia que al encontrarnos con desconocidos con los que aparentemente no tenemos nada en común, descubrimos que compartimos un conocido mutuo. En términos matemáticos podemos preguntarnos cuál es la probabilidad de que dos personas elegidas al azar estén conectadas a través de conocidos comunes. Este es el planteamiento que lleva a Milgram a proponer un procedimiento experimental con el que responder a la pregunta.

El ensayo consistió en enviar una carta a una muestra de personas elegidas al azar en una ciudad de Estados Unidos, solicitando que la remitieran a una persona objetivo. El destinatario también fue elegido al azar, y residía en un Estado diferente, por lo que era de esperar que no existiera relación previa entre los emisores y el receptor. Los participantes contaban con cierta información sobre el destinatario, pero no podían enviar la carta directamente a la persona objetivo, sino que tenían que pasarla a un amigo o conocido que tuviese "más probabilidades de conocerla". De esta forma se generaron cadenas de intermediarios que permitieron analizar algunas de las propiedades de la estructura social.

Entre los muchos aspectos que son examinados con detalle en el artículo, destacan dos resultados especialmente llamativos (y, hasta cierto punto, sorprendentes). Primero, sólo fueron necesarios cinco pasos como promedio para poner en contacto a remitentes elegidos al azar con el destinatario de la carta. Y, en segundo lugar, prácticamente la mitad de las cadenas llegaron a su destino (en el último paso) a través de las mismas tres personas. Es decir, la técnica de las cadenas de conocidos permitió demostrar la existencia de una densa red de relaciones, de modo que el camino para poner en contacto a dos puntos cualesquiera es relativamente pequeño. Pero, al mismo tiempo, ese "tejido social firmemente urdido" no parece haberse constituido por conexiones al azar, sino que existen condicionantes sociales que

convierten a determinados caminos e individuos en canales preferentes de comunicación. Ambos resultados dejan vislumbrar las propiedades de las "redes de mundo pequeño" tal y como son formalizadas por Duncan Watts en 1998: se trata de una estructura que puede representarse con un grafo caracterizado por (a) una alta densidad local y (b) una corta distancia promedio. El universo social estaría constituido por conglomerados de individuos altamente interconectados entre sí, pero que no llegan a conformar islas separadas, en la medida en que se enlazan a través de nodos que disminuyen considerablemente la distancia geodésica promedio.

La publicación de 1967 es, por tanto, la primera evidencia científica de que el mundo social es, efectivamente, "un pañuelo". Aunque diez años antes Pool y Kochen ya estudiaban el fenómeno del mundo pequeño, se trataba de trabajos matemáticos de corte teórico, que no vieron la luz hasta 1978 (Pool & Kochen, 1978; Kochen, 1989). Pero hoy sabemos que el mérito de Milgram no se reduce a su carácter pionero en este terreno, sino que estudió de una forma especialmente creativa el fenómeno. A modo de resumen, a partir de las ideas que hemos ido desgranando, podemos destacar tres rasgos definitorios de su enfoque:

Recorre al método experimental para afrontar un problema que ha sido examinado predominantemente desde un punto de vista matemático formal.

Para ello propone una técnica novedosa de análisis de la estructura social, que permite trazar las redes sociales subyacentes.

Y como resultado, obtiene cadenas generadas empíricamente, que hacen posible un análisis realista de las redes (más allá de un supuesto de aleatoriedad que no se compadece con la existencia de agrupaciones, categorías y clases sociales).

Como podemos ver en la Tabla 1, los resultados que acabamos de glosar se ven corroborados por tres estudios diferentes del mismo autor, en los que los parámetros de las cadenas obtenidas son prácticamente idénticos (Korte & Milgram, 1970; Milgram, 1967; Travers & Milgram, 1969). Además, la consistencia se mantiene con comunidades étnicas diversas, cuando se comparan series de envíos con destinatarios blancos y negros (Korte & Milgram, 1970). Por eso parece demostrado que seis intermediarios son suficientes para poner en contacto a dos personas extraídas de una población de 200 millones de norteamericanos (o, por extensión, a dos personas

cualesquiera de la población mundial).

Tabla 1. Características de las cadenas en tres estudios de Stanley Milgram

| | Estudio de Kansas (Milgram, 1967) | Estudio de Nebraska (Travers y Milgram, 1969) | Estudio de Los Ángeles (Korte y Milgram, 1970) |
|--------------------|--------------------------------------|--|---|
| Distancia promedio | 5 | 5.2 | 5.5 / 5.9 |
| Longitud de cadena | 2-10 | 1-11 | 1-15 |
| Cadenas completas | 44 de 160 (27%) | 64 de 217 (29%) | 123 de 540 (22%) |

[Elaboración propia: IMJ] El estudio de Nebraska también es brevemente referenciado en el artículo de 1967, pero los hemos separado en la tabla para una mayor claridad en la presentación de resultados. Los dos indicadores de distancia en el estudio de Los Ángeles corresponden, respectivamente, a cadenas dirigidas a una persona objetivo blanca/negra.

Se ha prestado menos atención, sin embargo, al hecho de que la técnica puede revelar igualmente otras propiedades sobre la estructura social. Sus creadores descubrieron en el proceso de aplicación que podía utilizarse como herramienta para conocer los patrones de sociabilidad. Por ejemplo, la localización institucional y ocupacional del destinatario (además de su ubicación física) son claves en las estrategias de aproximación al objetivo que siguen los participantes. En ese sentido, la longitud de la cadena depende más de la distancia social que de la distancia geográfica. Y hay una tendencia general a que los contactos se produzcan entre personas similares en género, edad y filiación grupal.

Por eso, superar categorías sociales, como la "barrera racial" (Korte & Milgram, 1970, pág. 102) se convierte en un obstáculo añadido a la terminación de la cadena. El tercero de los estudios pretendía precisamente comprobar qué ocurría con las cadenas de conocidos al modificar la "raza" del destinatario. Para ello se compararon (a) series de mensajes que habían nacido en una muestra de población blanca y tenían un destinatario de ese mismo grupo, con (b) otras que buscaban a un receptor en la comunidad negra. Las primeras tuvieron dos veces y media más probabilidades de completarse que las de carácter intergrupar. Además, el 80% de las cadenas que no llegaron al destinatario negro nunca cruzaron la barrera racial a lo largo de su recorrido. Por último, en el traslado entre comunidades fue posible identificar individuos con un papel de mediación crucial. Los intermediarios que sirvieron como punto de contacto con la minoría negra fueron predominantemente hombres de estatus profesional (médicos y abogados en su mayor parte). En otras palabras, podemos apuntar que la estructura de contactos permitió confirmar la situación de segregación de la minoría negra, al tiempo que se identificaron puentes vinculados a los roles de determinados individuos- que hacían posible la comunicación "inter-racial".

El legado del mundo pequeño: entre la cultura popular y el pensamiento interdisciplinar

Hoy en día, el relato de "los seis pasos de distancia promedio que separan a dos personas cualesquiera en el mundo" se ha convertido en la historia mil veces contada. Se ha producido una popularización y una vulgarización de la idea. Ya en 1929 existía una narración literaria, del húngaro Karinty, que representaba las conexiones en 5 pasos entre desconocidos, y que según Barabási (2002) podría haber influido a Milgram. Posteriormente, esta noción se ha hecho popular gracias a una representación de éxito en Broadway (que se ha producido también como película), titulada *Six Degrees of Separation* (Guare, 1990). Además, la idea se ha divulgado extraordinariamente a través de una base de datos de películas de cine, disponible en Internet, que permite a los usuarios jugar con los nombres de cualquier actor conocido, para comprobar que ninguno está habitualmente a más de 3 películas de "distancia" del actor Kevin Bacon [4]. Esto ha desembocado en una situación en la que la metáfora del "mundo pequeño" se utiliza en cientos de reportajes periodísticos, al mismo tiempo que la investigación más reciente sobre el fenómeno concita una

atención inusitada [5] .

Pero, al margen del amplio eco que ha tenido la idea en la cultura popular, el desarrollo de más largo alcance se refiere como ya hemos anunciado- a su repercusión en el análisis contemporáneo de redes complejas. En el tema que nos ocupa, el seguimiento de la influencia de Milgram en la investigación científica actual podemos trazarlo o bien a partir de la utilización de la técnica de generación de cadenas de conocidos, o bien atendiendo al estudio del fenómeno del mundo pequeño como tal. El panorama es muy diferente dependiendo de la perspectiva que adoptemos. Mientras que la técnica utilizada por Milgram se ha aplicado con relativamente poca frecuencia, el estudio del mundo pequeño ha experimentado un crecimiento exponencial en el número de publicaciones en los últimos 6 años.

La técnica se ha utilizado, por ejemplo, para estudiar los patrones de amistad de los estudiantes que participan en programas internacionales (Bochner, Buker & McLeod, 1976; Bochner, Duncan, Kennedy & Orr, 1976; Bochner & Orr, 1979), y para valorar el grado de integración entre diversos segmentos profesionales del ámbito académico (Cox, 1985). Pero no se puede decir que hayan proliferado precisamente las aplicaciones de la técnica. De hecho, con la salvedad de algún pequeño experimento aislado (véase, por ejemplo, Yung, 2001), sólo muy recientemente se ha vuelto a emplear como herramienta en el estudio sistemático de las propiedades del mundo pequeño, en sendos programas de investigación liderados, respectivamente, por James Moody y Duncan J. Watts. En ambos casos se analizan grandes redes, generadas con cadenas de correos electrónicos, con la intención de elaborar un mapa de la conectividad entre individuos a través de Internet [6] .

Por eso, en nuestra opinión, el informe de Dodds, Muhamad y Watts publicado en *Science* en agosto de 2003, constituye el primer esfuerzo de replicación sistemática que pone a prueba la validez de las conclusiones de Stanley Milgram. Se trata de un experimento con más de 60.000 usuarios de correo electrónico, que intentan alcanzar a una de las 18 personas-objetivo residentes en 13 países diferentes. El estudio reproduce con fidelidad el diseño original de Milgram, aunque (a) pone en marcha un volumen de contactos inmensamente mayor, (b) cuenta con participantes de 166 países, y (c) recopila detalladamente la información de las cadenas incompletas. Veamos, entonces, someramente las conclusiones de este trabajo:

Como en el estudio original, cualquier individuo elegido al azar puede alcanzar a la persona objetivo en relativamente pocos pasos. La longitud promedio de las cadenas completas fue 4.05. Sin embargo, dado que las cadenas más cortas tienen más probabilidades de completarse, es necesario realizar algunas correcciones sobre dicho cálculo. Finalmente, se llega a una estimación de entre 5 y 7 pasos, dependiendo de la separación geográfica entre la fuente y el objetivo.

En segundo lugar, y a diferencia del estudio original, no hay evidencias de que los mensajes se canalicen a través de individuos socialmente prominentes. La búsqueda en redes sociales globales aparece como un fenómeno bastante "igualitario" (pág. 828), en lo que se refiere a la distribución de los mensajes. Además, la presencia de individuos altamente conectados es de escasa relevancia para las estrategias de búsqueda que se despliegan durante el experimento.

Los autores concluyen que "la estructura de la red por sí misma no lo es todo" (pág. 829), de forma que a la hora de interpretar los resultados hay que recurrir a las percepciones y estrategias de los participantes. En efecto, el paradigma de investigación, tal y como es diseñado por Stanley Milgram, sugiere un problema que es en parte matemático y en parte psicológico. Es cierto que se trata de sondear la estructura de la red, pero en la medida en que las cadenas se trazan gracias a la participación de individuos concretos, resulta pertinente preguntarse cuál es la motivación para implicarse (o no) en el desarrollo del experimento, y cómo deciden a quién pasar el mensaje para llegar al destinatario. Por eso se convierte en todo un reto examinar el proceso por el que personas que sólo cuentan con información local se hacen una representación global de la red o elaboran una estrategia de aproximación al objetivo.

Por ejemplo, Dodds, Muhamad y Watts (2003) resaltan el hecho de que una de las personas-objetivo *da lugar* a mejores resultados que el resto. En concreto, un profesor universitario de Estados Unidos es el destinatario con el que se da una tasa más baja de abandonos por parte de los participantes, obteniendo como resultado una mayor proporción de cadenas completadas. Probablemente, la percepción de mayor accesibilidad o de una más fácil localización puede tener un impacto en las conductas de participación y de búsqueda. Sea como fuere, la "navegación" en redes globales para aproximarse a los caminos geodésicos es decir, a las vías más cortas- se constituye en

una línea de investigación con sentido propio (Kleinberg, 2000; Guimerá et al., 2002), de la que no resulta difícil imaginar una vertiente psicológica.

Con estos antecedentes, resulta bastante lógico que se preste especial atención al recorrido de las cadenas en general, y a las características de las cadenas incompletas en particular. Los amigos son el tipo de lazo a los que se recurre de modo más habitual para remitir el mensaje, pero curiosamente son los vínculos con "conocidos por motivos profesionales" los que están significativamente más representados en las cadenas que alcanzan a su destinatario. En la misma línea, en las cadenas completas también son más probables las relaciones casuales o no muy cercanas, poniendo de manifiesto la importancia de los lazos débiles en la conectividad social. Por último, en las series incompletas la tasa de abandono permanece constante en las diversas longitudes de cadena, lo que parece demostrar según los autores- que el abandono se produce generalmente por apatía (o por falta de incentivo para participar) [7].

No obstante, a pesar del espacio que le hemos dedicado a este estudio no en vano es la reproducción más rigurosa y exhaustiva del experimento de Milgram- tenemos que insistir en que es una excepción en las publicaciones contemporáneas sobre el mundo pequeño. De hecho, el esquema de trabajo habitual consiste en aplicar potentes herramientas de modelización estadística a grandes bases de datos, para analizar las propiedades de su estructura. Watts (1999) introduce este enfoque cuando aplica su formulación de mundo pequeño al caso de tres redes reales: las colaboraciones entre actores según la base de datos de películas en Internet, la red eléctrica de Estados Unidos, y la red neuronal del gusano *C. elegans*. Siguiendo este esquema, y aprovechando la capacidad de computación de los ordenadores actuales, una pléyade de artículos de físicos estadísticos ha aplicado de modo sistemático los modelos de Watts y Strogatz (1998) y Barabási y Albert (1999) a todo tipo de sistemas. Por citar algunos ejemplos, se ha utilizado este enfoque en el análisis de la estructura celular (Szeto, Fu y Tam, 2002), los patrones lingüísticos (Ferrer i Cancho & Solé, 2001), la colaboración entre científicos (Newman, 2001), las redes metabólicas (Jeong et al., 2000), y la *World Wide Web* (Huberman & Adamic, 1999), entre otros.

En nuestra opinión, en este área de estudio se han hecho al menos tres contribuciones que merece la pena destacar:

En primer lugar, los mismos modelos básicos se han aplicado a fenómenos

aparentemente tan diversos como la organización de Internet y el metabolismo de las bacterias. Eso ha permitido comprobar la existencia de una serie de elementos universales en los sistemas biológicos, tecnológicos y sociales (Newman, 2003). Pero además, puede llegar a convertirse en una vía privilegiada de integración sustantiva de disciplinas científicas diversas.

No obstante lo anterior, es posible clasificar redes complejas de acuerdo con su topología. Aunque múltiples sistemas tienen la estructura propia de las "redes sin escala" (*scale-free networks*), hay diferencias en algunos de sus exponentes que permiten elaborar una clasificación que establezca distinciones entre las mismas. Por ejemplo, Goh et al. (2002) demostraron que las redes de interacción entre proteínas, las redes metabólicas de las bacterias y la red de co-autorías corresponden a una misma categoría; mientras que Internet y la *World Wide Web* tienen una estructura diferente.

Por último, la aplicación de un enfoque dinámico ha permitido pasar de la mera descripción de la topología de los sistemas, a la comprensión de los mecanismos que conforman la evolución de la red. La aportación de Barabási y Albert (1999) consistió precisamente en poner el acento en el crecimiento de la red, de forma que un mecanismo de "enlace preferencial" lleva a que los nuevos vínculos se asocien preferentemente con aquellos que ya están particularmente bien conectados. De esa forma, un pequeño número de ejes -esto es, nodos que destacan por su elevado número de conexiones- son fundamentalmente responsables de la topología de la red: ellos determinan la estabilidad de la estructura, su comportamiento dinámico y su grado de resistencia (Barabási, 2002) [8].

El análisis de redes sociales también se está beneficiando de esta serie de aportes teóricos, a la vez que asiste al desarrollo paralelo de técnicas para el examen de redes amplias, con decenas o cientos de miles de nodos (Moody, 2001). La aplicación del paradigma matemático de mundo pequeño (por parte de Duncan Watts), y el análisis de las propiedades asociativas de las redes sociales (Newman, 2001; Girvan & Newman, 2002) son dos ejemplos preclaros de la contribución que la matemática aplicada puede hacer al ámbito de las ciencias sociales. De este modo, entre Milgram y Watts, se cierra el camino de ida y vuelta que va desde la psicología social a la física estadística, y viceversa.

Precisamente a lo largo de estas páginas hemos podido comprobar que pequeñas perturbaciones en la estructura local de un grafo altamente conglomerado pueden tener un impacto dramático en las propiedades estructurales globales. Por eso el acercamiento entre dos individuos tiene a veces un significado estructural de largo alcance, que escapa a la comprensión de ambos. De ahí que sea sugerente ver en la relectura que Duncan Watts hace del trabajo de Milgram la relación entre dos intermediarios privilegiados del espacio de las ciencias sociales y de la física, que -en ese discurrir- han hecho nuestro mundo intelectual también "más pequeño".

¿Es esto una invitación al optimismo? Después de todo, pensar que nadie nos dejará el asiento en el autobús, aunque lo pidamos amablemente, no es otra cosa que un temor infundado.

Bibliografía

Barabási, A. L. (2002). *Linked. The new science of networks*. Cambridge, Massachusetts: Perseus Publishing.

Barabási, A. L. & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science* (286), 509.

Blass, T. (2002). The man who shocked the world. *Psychology Today*, 68-74.

Bochner, S., Buker, E. A. & McLeod, B. M. (1976). Communication patterns in an international student dormitory: a modification of the small world method. *Journal of Applied Social Psychology*, 6 (3), 275-290.

Bochner, S., Duncan, R., Kennedy, E. & Orr, F. (1976). Acquaintance links between residents of a high rise building: an application of the "Small World" method. *Journal of Social Psychology*, 100 (2), 277-284.

Bochner, S. & Orr, F.E. (1979). Race and academia status as determinants of friendship formation: a field study. *International Journal of Psychology*, 14, 37-46.

Cox, D. W. (1985). Measuring the social distance between the student affairs staff

and the faculty. *Journal of College Student Personnel*, 26 (5), 461-462.

Dodds, S., Muhamad, R. & Watts, D.J. (2003). An experimental study of search in global social networks. *Science*, 301, 827-829.

Ferrer i Cancho, R. & Solé, R. V. (2001). The small world of human language. *Proceedings of the Royal Society of London*, 268, 2261-2265.

Garfield, E., Pudovkin, A.I. & Istomin, V.S. (2003). Mapping output of topical searches in the Science Citation Index, Social Sciences Citation Index, Arts and Humanities Citation Index. *Sci-Tech Contributed Papers for the 2003 SLA Conference*.

[<http://www.sla.org/division/dst/garfield062003.pdf>]

Girvan, M. & Newman, M. E. J. (2002). Community structure in social and biological networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (12), 7821-7826.

Goh, K. I., Oh, E. S., Jeong, H., Kahng, B. & Kim, D. (2002). Classification of scale free networks. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)*, 1; 99 (20): 12583-12588.

Granovetter, M.S. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78 (6), 1360-1380.

Guare, J. (1990). *Six Degrees of Separation: A play*. New York: Vintage Books.

Guimerá, R., Díaz-Guilera, A., Vega-Redondo, F., Cabrales, A. & Arenas, A. (2002). Optimal network topologies for local search with congestion. *Physical Review Letters*, 89, 248701.

Huberman, B. A. & Adamic, L. (1999). Growth dynamics of the World Wide Web. *Nature*, 401, 131.

Jeong, H., Tombor, B., Albert, R., Oltvani, Z. N. & Barabási, A. L. (2000). The large scale organization of metabolic networks. *Nature*, 407, 651-654.

Kleinberg, J. (2000). Navigation in a Small World. *Nature*, 406, 845.

- Kleinfeld, J. S. (2002). Six degrees of separation: an urban myth. *Psychology Today*, 74.
- Kochen, M. (1989). *The small world*. Ablex Publishing Corporation: Norwood, MA.
- Korte, C. & Milgram, S. (1970). Acquaintance networks between racial groups: application of the small world method. *Journal of Personality and Social Psychology*, 15 (2), 101-108.
- Maya Jariego, I. (2002). *Mechanics of Complex Networks: crónica del contacto entre disciplinas*. Web REDES [<http://revista-redes.rediris.es/webredes>]
- McCue, B. (2002). Another view of the "small world". *Social Networks*, 24, 121-133.
- Milgram, S. (1967). The small-world problem. *Psychology Today*, 1 (1), 61-67.
- Moody, J. (2001). Peer influence groups: identifying dense clusters in large networks. *Social Networks*, 23, 261-283.
- Newman, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98, 404-409.
- Newman, M. E. J. (2002). *Assortative mixing in networks*, *Physical Review Letters* (89), 208701-5.
- Newman, M. E. J. (2003). The structure and function of networks. *SIAM Review*, 45, 167-256.
- Pool, I.D.S. & Kochen, M. (1978). Contacts and influence. *Social networks*, 1, 5-51.
- Szeto, K. Y., Fu, X. & Tam, W. Y. (2002). Universal topological properties of two-dimensional trivalent cellular patterns. *Physical Review Letters*, 88 (13), 13802-1/2.
- Travers, J. & Milgram, S. (1969). An experimental study of the small world problem. *Sociometry*, 32, 425-443.
- Watts, D.J. (1999). Networks, dynamics, and the small-world phenomenon. *American Journal of Sociology*, 2, 493-527.

Watts, D.J. & Strogatz, S.H. (1998). Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 393, 440.

Yung, V. J. (2001). *An exploration in the small-world networks*. Thesis for the Degree of Bachelor of Business Administration.

[1] "*La psicología social de este siglo revela una gran lección: con frecuencia no es tanto el tipo de persona que un individuo es cuanto el tipo de situación en la que se encuentra lo que determina cómo actuará*" [Traducción propia: IMJ].

[2] Como decimos, la víctima era un actor que hacía de comparsa del experimentador, y que no estaba sufriendo daño alguno. Aunque los sujetos recibieron información al final del experimento, la experiencia fue lo suficientemente realista y conmovedora como para que fuera seguida por una fuerte polémica sobre los límites éticos de la experimentación con humanos. Pese a que un estudio de estas características no sería replicable en la actualidad, los trabajos sobre la obediencia de Milgram siguen siendo una referencia clásica en la demostración de que individuos normales, sin comportamientos desviados ni patologías previas, pueden ser inducidos a actuar destructivamente sin necesidad de coerción física.

[3] Dicho sea de paso que los intereses intelectuales de Milgram fueron muy amplios, y no se limitaron a estos dos temas. Por ejemplo, también realizó estudios sobre las actitudes, o sobre la influencia de la televisión en el comportamiento antisocial. Puede consultarse información biográfica más extensa sobre Stanley Milgram en el trabajo del profesor Thomas Blass (Véase por ejemplo Blass, 2002; o también la página Web <<http://www.stanleymilgram.com>>).

[4] Se trata de *The Oracle of Bacon at Virginia* <<http://www.cs.virginia.edu/oracle/>> que utiliza la *Internet Movie Database* <<http://www.imdb.com/>> para trazar una cadena de actores entre cualquier actor y Kevin Bacon, a partir de las películas en que han participado. Por ejemplo, Fernando Fernán Gómez trabajó en "*Los restos del naufragio*" (1978) con Isabel García Lorca, que trabajó con Kevin Bacon en "*Shes*

having a baby". Por lo tanto, Fernando Fernán Gómez está a sólo 2 pasos de Kevin Bacon. La base de datos actual cuenta con casi 600.000 actores, y el promedio de pasos al nodo elegido como referencia está en torno a 2.9.

[5] Por ejemplo, Barry Wellman informaba en la lista de correo de la *International Network of Social Network Analysis* <SOCNECT@lists.ufl.edu> el 8 de septiembre de 2003 que una búsqueda en Google <<http://www.google.com>> con los términos "Watts" y "small worlds" arrojaba un total de 9.690 documentos en los últimos tres meses.

[6] El estudio de James Moody en la *Ohio State University* se denomina "*The Small World Project*", y el desarrollo del mismo puede seguirse en la siguiente página: <<http://smallworld.sociology.ohio-state.edu/html/homepage.html>>. Por su parte, la investigación de Duncan Watts, con el mismo título, es un programa de la *Columbia University* de Nueva York: <<http://smallworld.columbia.edu/>>. Como decimos, ambos se centran en la comunicación electrónica. Eso permite, por un lado, elaborar grandes bases de datos de redes sociales (en Internet); y en segundo lugar, evaluar si nuestro mundo se ha vuelto "*más pequeño*" gracias a la comunicación mediada por ordenador.

[7] En el estudio se iniciaron 24.163 cadenas, de las que sólo 384 alcanzaron su objetivo. En los experimentos de Milgram aunque se obtuvo una tasa de terminación de más del 20%- también son minoría las cadenas completadas, por lo que en algún caso se ha puesto en duda la representatividad de sus conclusiones sobre la estructura social (Kleinfeld, 2002). No obstante, hay que señalar que en el experimento de Dodds et al. (2003) participaron el 37% de las personas que recibieron el mensaje, lo cual está bastante por encima de lo habitual en las encuestas por correo electrónico. Además, según cálculos de Mark Newman, si tenemos en cuenta la longitud de la cadena se puede estimar en un 50% la probabilidad de que un receptor del mensaje participase, lo cual también es elevado para un estudio de base aleatoria.

[8] Todos estos desarrollos cuentan además con importantes implicaciones prácticas. Por ejemplo, se pueden derivar usos industriales y aplicados en la elaboración de motores de búsqueda en Internet, el diseño de redes de telecomunicación eficientes y resistentes, la prevención de virus informáticos, etcétera.

