

Comentarios a *El problema del mundo pequeño* de Stanley Milgram

A. Díaz-Guilera, A. Arenas, R. Guimerá, J. L. Molina, F. Casas y C. Lozares

"El problema del mundo pequeño" es un artículo estimulante, que tiene múltiples lecturas. Es un ejemplo de cómo una idea se traslada entre diferentes campos científicos, fertilizando aquellos terrenos abonados para el análisis estructural. En ese discurrir entre disciplinas, la comparación arroja claridad sobre los parecidos y las diferencias del enfoque metodológico en la física y en las ciencias sociales. También ilustra cómo se producen influencias mutuas entre diversos ámbitos del saber. Y, por supuesto, es un exordio a la estructura de las relaciones sociales, constituidas por un entramado que combina de forma característica complejidad, aglomeración y cercanía.

De un modo más específico, podría servir para reflexionar sobre la evolución de la psicología social, disciplina en la que Stanley Milgram es reconocido como un clásico, y donde la revolución cognitiva -con su preocupación preferente por los procesos individuales de atención, memoria y procesamiento de la información-, dejó en un segundo plano el análisis del contexto social y de la interacción social (abandonando con ello un modo de hacer que, a nuestro juicio, había generado algunos de los conceptos más fecundos del área). Por ejemplo, la psicología social de las décadas de los años 1950 y 1960 albergó una serie de intentos de aplicar el análisis estructural en la dinámica de grupos, que mostraron un potencial teórico y metodológico que no se ha llevado a la práctica en su integridad (Friedkin, 2003).

Las próximas páginas de este dossier son precisamente un debate sobre los desarrollos actuales de la propuesta original de Milgram, e incluyen reflexiones que van desde planteamientos meta-teóricos a cuestiones sustantivas. En concreto, se recogen aportaciones desde la física estadística, la antropología social, la sociología matemática y la psicología social. La pluralidad de enfoques, por sí misma, ya da una idea de la vitalidad intelectual de este tópico de investigación.

Con los cuatro comentarios que siguen a continuación, cubrimos la diversidad de aportaciones que se han hecho en torno a este tema. La literatura sobre el fenómeno del "mundo pequeño" se ha ocupado de (a) la longitud característica de las cadenas de conocidos, que permiten vincular a extraños entre sí; (b) el volumen de conocidos que tiene un individuo; y (c) la estructura reticular que conforman este tipo de relaciones (McCue, 2002). Aunque el fenómeno propiamente dicho hace referencia a esta tercera acepción, las dos primeras informan indirectamente de la estructura de la red.

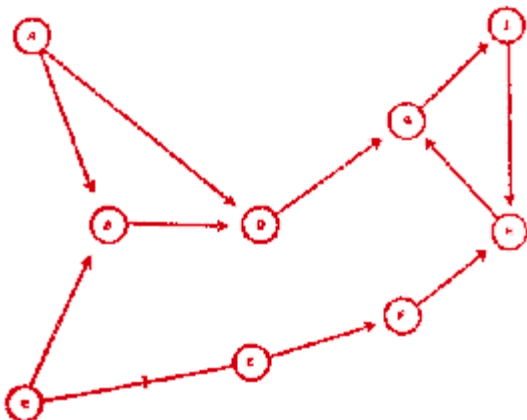
El comentario de Díaz-Guilera, Arenas y Guimerá entra de lleno en el examen físico estadístico reciente de la estructura reticular en diferentes campos de aplicación. Partiendo de los fundamentos establecidos por Duncan Watts y Steven Strogatz, explican los desarrollos posteriores del modelo de redes sin escala, que se inician con el trabajo de Barabási y Albert. Los autores de este comentario han tenido una participación activa en el área, por lo que el relato -detallado y clarificador- constituye, parafraseando a Albert-László Barabási, una crónica "desde dentro" de la "nueva ciencia de las redes". Además, su exposición del proceso de congestión en redes complejas es un buen ejemplo de los usos aplicados que pueden derivarse de este tipo de análisis.

José Luis Molina hace una glosa de las técnicas de estimación del número de conocidos que tiene una persona, resumiendo un campo de la literatura -en gran medida de corte antropológico- que hemos agrupado en la segunda acepción. Este tipo de estudios ocupa un lugar destacado en el número de publicaciones de "mundo pequeño". No en vano uno de los autores más prolíficos en la evaluación del tamaño de las redes personales, Russell Bernard, es el único científico social que aparece entre los 10 autores que más han publicado sobre "mundo pequeño" (Garfield, Pudovkin & Istomin, 2003). José Luis Molina -que está contribuyendo activamente a la difusión del análisis de redes sociales en castellano (véase, al respecto, por ejemplo: Molina, 2001)- completa su comentario con una reflexión sobre las implicaciones que una estructura dividida en subgrupos locales, pero con una alta conectividad global, tiene para la noción de diversidad cultural.

Ferrán Casas es el representante de la psicología social en el monográfico. En su comentario interpreta las aportaciones de Milgram en términos del develamiento de una "estructura de comunicación potencial", y pone de manifiesto cómo continente y

contenido son inseparables en el trazado de las redes vinculares. El análisis de redes sociales se está utilizando en el estudio de la difusión de enfermedades o en la prevención de SIDA, y en esa línea Casas enumera algunas de las conclusiones que podrían derivarse para la promoción del bienestar y la calidad de vida. Un excelente desarrollo de estos últimos conceptos puede seguirse en el trabajo del mismo autor (Casas, 1996).

Por último, Carlos Lozares hace una amplia reflexión -motivada por el texto de Milgram- en la que combina las implicaciones metodológicas y sociales de la idea de "mundo pequeño". Primero ubica el artículo de 1967 en el contexto de la sociología matemática, para entrar a continuación -con toda profundidad- en las peculiaridades metodológicas del análisis reticular que se lleva a cabo desde la física. Lozares defiende el largo aliento de un tipo de investigación empírica que se dirige a la identificación de las estructuras subyacentes, y que procede a través del progresivo refinamiento teórico que permite la constante comprobación con los datos. Estas reflexiones se complementan a la perfección con las propias de Díaz-Guilera, Arenas y Guimerá sobre las peculiaridades metodológicas de la física estadística.



En 1934 Jakob L. Moreno -si se me permite citar a otro psicólogo- trazaba una serie de líneas entre nodos para analizar la estructura de un grupo. Es un inicio posible del análisis sistemático de redes. El gráfico con el que ilustramos esta introducción es precisamente una representación de "quién conoce a quien" en un grupo de niños (Moreno, 1934, pág. 32). Desde entonces han ocurrido muchas cosas en el análisis de redes. Ha habido desarrollos pertinentes en la antropología, la sociología, las ciencias políticas y la psicología social. La teoría de grafos ha proporcionado un fundamento al análisis sociométrico. Se ha elaborado software específico para el análisis de redes

sociales y la representación gráfica de las mismas. Y la capacidad de computación actual permite trabajar con bases de datos amplísimas. De ahí que el análisis de redes sociales sea hoy en día un campo multidisciplinar en efervescencia. Confiamos en que estas páginas sirvan de acercamiento al mismo.

Referencias bibliográficas:

Casas, F. (1996). Bienestar Social: Una introducción psicosociológica. Barcelona. PPU.

Friedkin, N. E. (2003). Social influence network theory: toward a science of strategic modification of interpersonal influence systems. En Dynamic Social Network Modeling and Analysis: Workshop summary and papers. Board on Behavioral, Cognitive and Sensory Sciences and Educational Factors. National Academy of Sciences.

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.

McCue, B. (2002). Another view of the 'small world'. Social Networks, 24, 121-133.

Molina, J. L. (2001). El análisis de redes sociales. Una introducción. Barcelona: Edicions Bellaterra.

Moreno, J. L. (1934). Who Shall Survive? Washington, DC: Nervous and Mental Disease Publishing Company.

Física estadística y redes sociales

Albert Díaz-Guilera (Universitat de Barcelona. España)

Alex Arenas (Universitat Rovira i Virgili. España)

Roger Guimerà (Northwestern University. Estados Unidos)

Cuando en el año 1967 Stanley Milgram publicaba su artículo "The small-world problem" en una revista de Psicología, nadie podía esperar que treinta años después

tuviera una repercusión tan importante en campos tan aparentemente alejados como la física, la biología, las ciencias de la computación o las matemáticas, sólo por citar algunos de los campos alejados de las ciencias sociales. En el año 1998, Duncan Watts y Steven Strogatz, dos físicos-matemáticos aplicados (siempre es difícil la distinción entre estas dos especialidades) publicaron su trabajo "Collective dynamics of 'small-world' networks" en Nature, poniendo de manifiesto que la estructura topológica que subyace en ciertos sistemas tecnológicos, biológicos o sociales presenta unos rasgos comunes entre ellos. Las propiedades que ellos observaron es que dichas redes estaban altamente "clusterizadas" al igual que las redes regulares mientras que la distancia media entre cualquiera de las unidades que la forman es mucho mas pequeña que en una red regular y muy cercana a una red completamente aleatoria, pero hay que recordar que en una red aleatoria la clusterización es muy baja debido precisamente a que no hay un grado de afinidad importante para establecer las conexiones. Y esas eran precisamente las redes que normalmente habían sido consideradas por los físicos para modelizar sistemas dinámicos complejos, o bien redes aleatorias o redes regulares. Introdujeron un modelo al que llamaron de "mundo pequeño", precisamente por su analogía con el fenómeno del mundo pequeño introducido por Milgram.

La contribución más relevante de Watts y Strogatz fue la de introducir un modelo que se podía implementar muy fácilmente en un ordenador y que se muestra gráficamente en la figura siguiente:

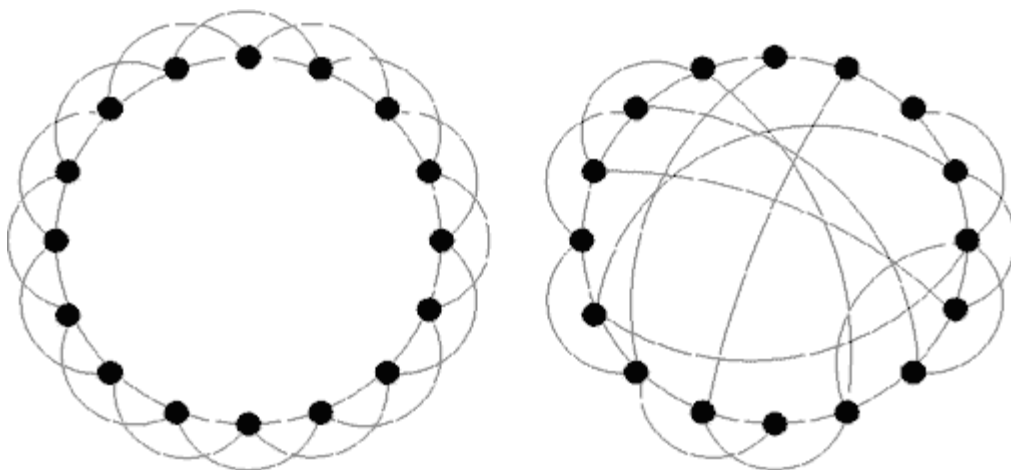


Figura 1: Construcción de un mundo pequeño, según el modelo propuesto por Watts y Strogatz

En este modelo se parte de una red regular en una dimensión (un anillo) con un número constante de conexiones por nodo (cuatro en el caso que se muestra aquí) y se reemplazan algunas conexiones (con una determinada probabilidad p) por conexiones de largo alcance, lo que llamaríamos un atajo. Y en este tipo de modelos demostraron que algunas propiedades dinámicas estudiadas por físicos en las últimas décadas experimentaban una gran mejora dependiendo de la probabilidad p de reconexión. Como ejemplos, tendríamos la sincronización de osciladores, la potencia computacional, o como efectos negativos la propagación de enfermedades. La evidencia empírica era que muchas de las redes que estaban documentadas en determinadas bases de datos (colaboración de actores, distribución de electricidad, red neuronal del gusano *C. elegans*) se podían catalogar dentro de este modelo, ya que participaban de sus dos propiedades básicas: distancia pequeña entre nodos y un alto grado de clusterización.

Pero no bastaba con este impulso inicial, cuando unos meses más tarde Albert-Laszlo Barabási y Reka Albert (1999) publicaron otro trabajo muy impactante en la comunidad: "Emergence of scaling in random networks" que apareció en Science. Algo que a Watts y Strogatz se les había pasado por alto y que Barabási y Albert detectaron era la distribución de conectividades. A partir de algunas de las grandes bases de datos que habían sido utilizadas anteriormente, además de la World Wide Web, dedujeron que la distribución de conectividades seguía una ley potencial, muy diferente de la esperada a partir del modelo anterior. Y ese concepto era el "scaling" del que se habla en el artículo, concepto muy familiar entre los físicos estadísticos, acostumbrados a tratar el escalamiento de diferentes magnitudes que aparecen en la naturaleza. Normalmente decimos que una determinada magnitud escala con una ley potencial en una variable sin preocuparnos de los prefactores numéricos ni otros detalles que pueden variar de material a material o de sistema a sistema, lo que tienen en común es que todos "escalán" de la misma manera; y este concepto nos lleva de forma natural a otro muy utilizado en nuestro campo como es el de "universalidad". Decimos que algunos sistemas pertenecen a la misma clase de universalidad cuando el conjunto de exponentes que definen las leyes de escala son los mismos, a pesar de tratarse de sistemas microscópicamente diferentes. El modelo que estos físicos propusieron para explicar sus observaciones experimentales tenía dos ingredientes básicos: crecimiento y enlace preferencial. Así, por una parte, tenemos una red a la cual se van añadiendo

nodos y enlaces de tal forma que los enlaces van con mayor probabilidad a aquellos nodos que ya tienen una mayor conectividad, dando lugar a lo que en inglés se llamó "hubs" y que en algún texto en castellano se ha traducido como "cubos" (Barabási & Bonabeau, 2003).

A partir de ese momento la comunidad de físicos, y principalmente la comunidad de físicos estadísticos, se planteó una gran cantidad de problemas que podían estar relacionados con estos nuevos modelos:

- El estudio sistemático de grandes bases de datos de redes sociales (redes de colaboraciones científicas), biológicas (redes de cadenas tróficas), tecnológicas (Internet) o económicas (correlaciones entre valores bursátiles). Esto fue posible gracias a que una de estas redes, Internet, pone esas bases de datos al alcance de todo el mundo y la potencia de los ordenadores actuales hace el resto. Las características de mundo pequeño y las leyes de distribución potenciales empezaron a aparecer por doquier, dando lugar a diferentes clases de universalidad.
- Explotando la tendencia a la simplicidad de los físicos, con la modelización lo más sencilla posible de complejas estructuras topológicas que se encuentran en nuestro entorno inmediato, sean tanto sociales, como naturales, o tecnológicas. Modelos microscópicos que, aunque no sean tan próximos a la realidad como cabría esperar, predicen los resultados obtenidos experimentalmente. Aunque esta predicción sea vaga, en el sentido de que no se pretende explicar todos los detalles exactos del sistema en cuestión, sino entender cuales son los mecanismos básicos que dan lugar al comportamiento universal encontrado. En este sentido los primeros modelos, como el de Watts-Strogatz o el de Barabási-Albert no distinguían entre redes sociales, tecnológicas o biológicas, pero modelos introducidos posteriormente, de los cuales daremos detalles más adelante, sí lo hacían.
- Modelizando la evolución dinámica en redes complejas, ya que las nuevas topologías abrían nuevas expectativas a las dinámicas que se estudiaban normalmente o bien en redes regulares o en redes aleatorias, los dos casos extremos donde, todo hay que decirlo, es más fácil obtener resultados analíticos. Uno de los ejemplos de aplicación más claros es el de la propagación de virus informáticos, problema que en una red compleja del tipo de las introducidas por Barabási y Albert, que a partir de ahora las llamaremos redes sin escalas, tiene la particularidad de que no es necesario que la

probabilidad de infección alcance un valor umbral, necesario en redes regulares.

Particularicemos ahora a las contribuciones de los físicos estadísticos a las redes sociales. A parte de los pioneros en este campo ya citados anteriormente, posiblemente la persona que más haya contribuido a unir la física estadística con las redes sociales es Mark Newman, tanto en la parte de análisis sistemático de las redes sociales, introduciendo nuevos conceptos como la asortatividad o recuperando antiguos como la *betweenness*, como en la parte de modelado de las topologías sociales, introduciendo por ejemplo modelos jerárquicos, o como en la dinámica de la propagación de virus. El concepto de asortatividad (Newman, 2002), o correlación de conectividad, distingue a las redes sociales de las tecnológicas o biológicas. En las primeras los nodos más conectados tienen una tendencia a conectarse con otros nodos muy bien conectados, mientras que en las segundas la tendencia es la opuesta. Una de sus últimas publicaciones destaca por ser un artículo de revisión muy completo sobre la estructura y las funciones de las redes complejas (Newman, 2003).

Volvamos ahora al origen del problema, al mundo pequeño de Milgram. El resultado del experimento fue que las cartas enviadas a partir de los individuos elegidos al azar de diferentes localizaciones geográficas llegaron en un promedio de seis pasos, teniendo en cuenta que la información de la cual disponen cada uno de los individuos por los cuales pasa una carta tienen información puramente local. El primer intento de entender este problema de "buscabilidad" en una red compleja fue hecho por John Kleinberg en el año 2000, quien introdujo un modelo de red que era una combinación de red regular en dos dimensiones más un número de enlaces adicionales de largo alcance (atajos). Con un algoritmo de búsqueda puramente local, en el que los atajos no necesariamente acortan la distancia recorrida, demostró analíticamente que sólo se pueden encontrar caminos mínimos cuando la probabilidad de conexión está relacionada de una cierta manera con la distancia geográfica entre los nodos. Posteriormente Watts, Newman y Dodds (2002) substituyeron la red regular por un conjunto de organizaciones jerárquicas. Otros trabajos en esta línea han explotado el hecho de que en las redes sin escalas muchos de los caminos más cortos pasan por los nodos más centrales, los "hubs".

Pero el problema de la búsqueda en redes complejas, como el problema original de Milgram, lleva a situaciones más complicadas cuando admitimos que se puedan llevar

a cabo un gran número de búsquedas simultáneas, éste es el problema de la congestión que aparece en aquellos nodos más centrales por los cuales pasan un mayor número de búsquedas. Así, es fácil darse cuenta de que redes muy centralizadas que son buenas porque el proceso de búsqueda es muy fácil pueden devenir fácilmente congestionadas. Este es uno de los problemas que hemos estudiando en nuestro grupo en colaboración con Fernando Vega-Redondo y Antonio Cabrales, economistas de las Universidades de Alicante y Pompeu Fabra, respectivamente (Guimerá et al., 2002). Modelizamos una organización empresarial mediante una red compleja en la cual la dinámica viene dada por un flujo de problemas que se generan de manera aleatoria en un nodo de la red y necesitan ser resueltos por otro nodo también elegido de manera aleatoria. Con un conocimiento puramente local hemos buscado, con procedimientos muy familiares en la física estadística, dentro del espacio de redes asequibles aquellas redes que tienen un comportamiento óptimo, entendiendo por este óptimo aquellas que pueden resolver un mayor número de problemas sin quedar colapsadas. Hemos observado de nuevo un fenómeno que tiene un gran interés para la física, una transición entre una configuración óptima muy centralizada cuando el número de búsquedas es bajo a una configuración óptima muy homogénea, en el sentido de que todos los nodos juegan un papel muy parecido, cuando el número de búsquedas es alto (ver la Figura 2). En el desarrollo analítico que hemos introducido la magnitud característica de los nodos que tiene más importancia es la "betweenness" (Newman, 2001), concepto muy usado en las redes sociales como una de las medidas de la centralidad de los nodos individuales (Freeman, 1977).

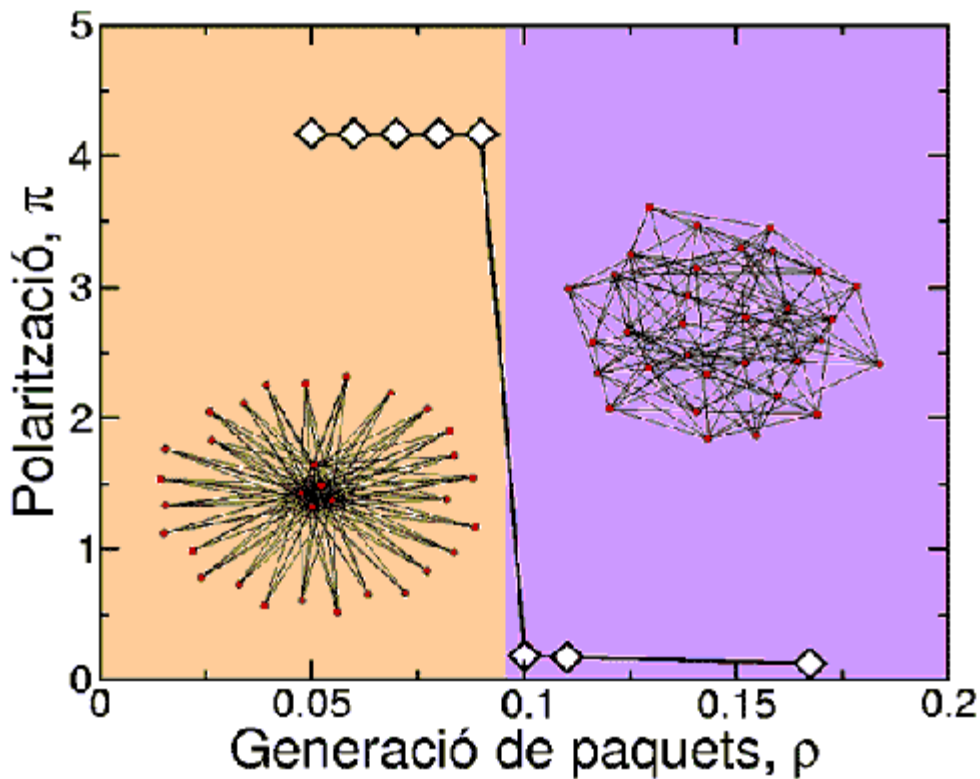


Figura 2: Polarització (cociente entre la betweenness máxima y la media) en función del número de paquetes (o búsquedas).

Para acabar simplemente ofrecer al lector una serie de libros muy recientes, escritos o editados todos ellos por físicos donde se ofrece una visión muy variada de la diferente fenomenología asociada a las redes complejas en general y a las redes sociales en particular:

- D. J. Watts, *Small worlds* (Princeton University Press, Princeton, 1999). Libro divulgativo, básicamente sobre el modelo original de Watts y Strogatz.
- A.-L. Barabási, *Linked: the new science of networks* (Perseus, New York, 2002). Libro divulgativo, contando en primera persona la historia reciente de las redes complejas.
- M. Buchanan, *Nexus: small-worlds and the groundbreaking science science of networks* (Norton, New York, 2002). Libro también divulgativo, con un contenido muy parecido al anterior, pero contado por alguien que ha vivido la evolución como un espectador privilegiado.
- D. J. Watts, *Six degrees: the science of a connected age* (Norton, New York, 2003). También divulgativo, con un enfoque hacia las redes sociales.
- J.F.F. Mendes, S.N. Dorogovtsev, A.F. Ioffe, *Evolution of Networks: From Biological*

Nets to the Internet and WWW (Oxford University Press, Oxford, 2003). Libro más técnico que los anteriores y requiere un nivel matemático elevado.

· S. Bornholdt y H.G. Schuster (Editores), Handbook of Graphs and Networks: From the Genome to the Internet, (Wiley-Vch, Berlin, 2003). Proceedings del congreso "International Conference on Dynamical Networks in Complex Systems" celebrado en Kiel en Julio de 2001.

· R. Pastor-Satorras, J.M. Rubí y A. Díaz-Guilera (Editores), Statistical Mechanics of Complex Networks (Springer, Berlin, 2003). Proceedings del congreso "Statistical Mechanics of Complex Networks", celebrado en Sitges en Junio de 2002.

Un Mundo Pequeño... al revés

José Luis Molina | Universidad Autónoma de Barcelona

Introducción

El trabajo pionero de Milgram (1967) desafía el propio concepto de diversidad cultural. ¿Cómo puede haber un "Mundo Pequeño" cuando la diversidad de las lenguas y las instituciones es tan asombrosa? El mismo Milgram empieza su texto haciendo referencia a una anécdota en un café de Túnez:

Fred Jones de Peoria, sentado en el acerado de un café en Túnez, estando necesitado de fuego para su cigarrillo le pide una cerilla al hombre de la mesa de al lado. Entran en conversación el extranjero es un inglés que, según resulta, estuvo varios meses en Detroit estudiando el funcionamiento de una fábrica de embotellamiento y reciclado. "Sé que es una pregunta tonta", dice Jones, "pero alguna vez te encontraste por casualidad con un compañero llamado Ben Arkadian? Es un antiguo amigo mío, que dirige una cadena de supermercados en Detroit..."

- "Arkadian, Arkadian" murmura el inglés. "¡Creo que sí! Un muchacho pequeño, muy enérgico, armando un divertido jaleo en la fábrica por una partida de botellas

defectuosas".

- "¡Bromeas!" Exclama Jones sorprendido.

- "El mundo es un pañuelo ¿verdad?"

Esta anécdota nos dice muchas cosas sobre nuestro mundo. Nos dice en primer lugar que la imagen que tenemos de él es de algo inconmensurable, un mundo en el que viven miles de millones de personas de culturas diferentes. Un americano, un inglés desconocido, el recuerdo de un "muchacho" divertido y un café exótico en un país de mayoría sunita. Sin embargo, desde un punto de vista matemático, esta aparente contradicción puede resolverse en los siguientes términos (Watts, 1999): es posible pensar en un grafo que tenga conexiones locales pero que algunos nodos se conecten al azar con otros nodos lejanos, permitiendo una alta fragmentación local y, al mismo tiempo, un diámetro reducido. Gráficamente:

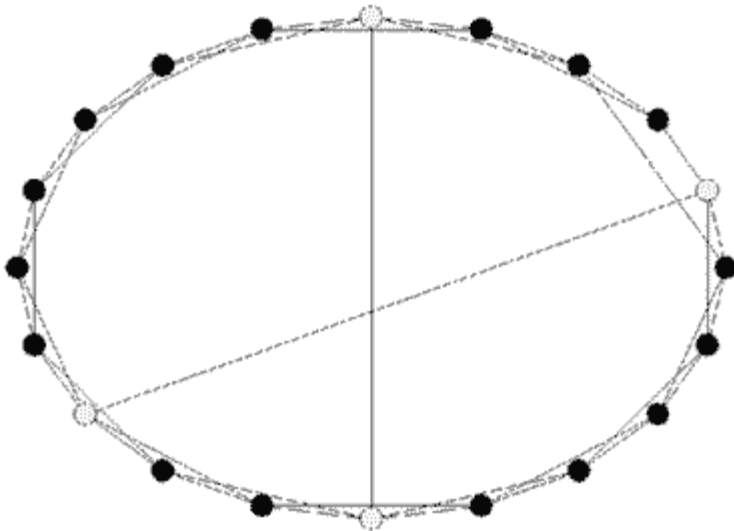


Figura 1. Adaptación del modelo de un Mundo Pequeño de Watts y Strogatz.

Podemos ver que cada nodo tiene conexiones locales pero que en 3 pasos como máximo se puede alcanzar cualquier otro nodo del grafo. La propuesta de estos sociólogos es bastante más sofisticada pero sirve a nuestro propósito: un viaje de un inglés a Detroit establece un lazo que hace insospechadamente cercanos mundos hasta ese momento muy alejados. Pero la anécdota da mucho más de sí: el camino entre el americano y el inglés se identifica a partir de dos informaciones clave: la localización (Detroit) y la ocupación (gestor de un supermercado) del contacto (además del nombre, claro). Y tampoco es casualidad: éste es un hallazgo bien establecido en una

línea de investigación inspirada en el trabajo de Milgram pero poco conocida, que reseñaremos aquí: Reverse Small World (Killworth et al. 1978, 1984; Bernard et al.1988).

El "Mundo pequeño al revés" (RSW en lo sucesivo) es una técnica que pretende estimar el volumen de conocidos de una persona a partir del planteamiento de posibles caminos que le conecten con una lista de personas de otros países y culturas. Esta técnica se inscribe en una línea de investigación destinada a evaluar el tamaño de las redes personales. Básicamente hay tres técnicas: (a) establecer un diario de contactos durante un largo período (lo cual da unas 500 personas de media), (b) calcular el número de conocidos a partir de una muestra de la guía telefónica local (Poole y Kochen, 1978 mejorada por Freeman y Thompson,1989) o de una muestra de nombres de pila del censo estatal (McCarty et al. 1997, la cual ha dado en los EUA unas 290 personas de media) y (c) el RSW, que captura solamente una parte de la red personal (Cf. Freeman et al. 1989).

La técnica consiste en presentar al informante 500 nombres "míticos" o clásicos de personas de todo el mundo, indicando su ocupación y localización. En un experimento preparatorio del RSW, llamado INDEX, se identificaron esos datos como los más demandados por los informantes para la identificación de caminos de contactos. En RSW, 400 nombres son fijos del experimento y 100 varían en función del país de los informantes. éstos son instruidos en la técnica Small-World y piensan en personas que puedan conectarle con los nombres. A partir de las respuestas se puede realizar una estimación del tamaño de la red personal.

Pero no hemos agotado la anécdota del café tunecino. Otra de las conclusiones de RSW es que para conectarse con las personas propuestas los informantes recurrieron a unas pocas personas que tenían la característica de ser de un nivel jerárquico alto. El tal Arkadian era ni más ni menos que el director de una cadena de supermercados. No todos tenemos como "amigo" a una persona de estas características. Y aquí la anécdota se revela como paradigmática otra vez: hay unas pocas personas, de rango social alto, que actúan como puentes en el fenómeno del Mundo Pequeño. En el ejemplo de nuestro gráfico, los 4 nodos en gris acaparan el 80% de los caminos posibles entre los nodos de la red. ¡No hay duda que estar "bien conectado" es importante!

Milgram descubrió que en 5,2 pasos de media era posible conectar a dos personas

desconocidas y que los caminos que alcanzaban el objetivo pasaban por esos pocos nodos "importantes". Esta característica no sólo es propia de las redes sociales sino que es un fenómeno ampliamente difundido. Newman tiene el mérito de haber reunido una multitud de estudios procedentes de las ciencias sociales y de las ciencias naturales con el común denominador de la "ciencia de las redes" (Cf. También el éxito de ventas de Barabási, Linked, 2002).

En la siguiente tabla puede observarse cómo la distancia media de redes muy diversas es muy pequeña, presentando la característica de un mundo pequeño. Así, redes de artistas de cine, redes tróficas marinas, la red de ordenadores de Internet o las redes neuronales de nuestro cerebro, por citar solamente algunas, están dentro de una distancia media de menos de 4 pasos.

	Red	Tipo	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>Z</i>	<i>l</i>
Sociales	Actores de películas	Recíproca	449.913	25.516.482	113,43	3,48
		Recíproca	7.673	55.392	14.44	4.60
	Directores de empresas	Recíproca	253.339	469.489	3.92	7.57
		Recíproca	52.909	245.300	9.27	6.19
	Co-autorías en matemática	Recíproca	1.520.251	11.803.064	15.53	4.92
		Recíproca	47.000.000	80.000.000	3.16	4.95
	Co-autorías en física	Orientada	59.912	86.300	1.44	5.22
		Orientada	16.881	57.029	3.38	16.01
	Grafo llamadas	Recíproca	573	477	1.66	
		Recíproca	2810			

	telefónicas					
	Mensajes de correo electrónico					
	Direcciones de correo electrónico					
	Relaciones entre estudiantes					
	Contactos sexuales					
Información	WWW nd.edu	Orientada	269.504	1.497.135	5.55	11.27
		Orientada	203.549.046	2.130.000.000	10.46	16.18
	WWW Altavista	Orientada	783.339	6.716.198	8.57	4.87
	Citas bibliográficas	Orientada	1.022	5.103	4.99	
		Recíproca	460.902	17.000.000	70.13	
	Thesaurus de Roget					
	Co-ocurrencia de palabras					
Tecnológicas	Internet	Recíproca	10.697	31.992	5.98	3.31
	Red eléctrica	Recíproca	4.941	6.594	2.67	18.99

	Rutas ferroviarias	Recíproca	587	19.603	66.79	2.16
		Orientada	1.439	1.723	1.20	2.42
	Paquetes informáticos	Orientada	1.377	2.213	1.61	1.51
	Tipos de programas informáticos	Recíproca	24.097	53.248	4.34	11.05
		Recíproca	880	1.296	1.47	4.28
	Circuitos electrónicos					
	Red de colegas (<i>peer-to-peer</i>)					
Biológicas	Red metabólicas	Recíproca	765	3.686	9.64	2.56
		Recíproca	2.115	2.240	2.12	6.80
	Interacciones proteínicas	Orientada	135	598	4.43	2.05
	Red trófica marina	Orientada	92	997	10.84	1.90
		Orientada	307	2.359	7.68	3.97
	Red trófica agua dulce					
	Red neuronal					

Leyenda de las columnas: n indica el número de nodos; m el número de relaciones; z , el grado nodal medio y l la distancia media entre dos nodos.

Tabla 1. Propiedades de redes publicadas. Adaptado de Newman (2003).

¿No es asombroso?

Y esto nos hace volver otra vez al mismo concepto de cultura y de diversidad cultural. Seguramente más que pensar que las culturas se desarrollan de forma aislada, quizás es más correcto pensar que se desarrollan en un mundo pequeño: alta fragmentación local y alta conectividad global. Y para muestra un botón: el emperador Augusto desterró al poeta Ovidio al Mar Muerto. En su largo viaje, Ovidio escribió las *Tristes*, cartas en las que pide perdón al César. Pero en esas cartas Ovidio va dando cuenta también de la multiplicidad de pueblos con los que se encuentra. ¿Podemos pensar en esos pueblos lejanos, extraños, bárbaros... sin la existencia del Imperio Romano? Sin duda que no: posiblemente las culturas no se han desarrollado en mundos de tres pasos como pensábamos sino en mundos de 5,2. Así como Ovidio conectaba el emperador Augusto con bárbaros de los confines del Imperio, Viernes sólo es posible con un Robinson Crusoe... aunque éste era un personaje literario ¿no?

Redes, calidad de vida y complejidad

Ferrán Casas | Universitat de Girona

Un artículo breve, muy rico en aportaciones sugerentes

Ante este sugerente trabajo de Milgram, no se pueden evitar algunas preguntas previas: ¿Por qué ha quedado tanto tiempo fuera de los debates al uso? ¿Por qué renace el interés por el mismo precisamente en estos momentos? ¿Fue un trabajo excesivamente adelantado a su tiempo? ¿Qué nuevas perspectivas abrió?

A mi entender, son muy plurales las ideas seminales que aporta Milgram en su breve artículo, la mayoría de las cuales no han sido consideradas ampliamente "de plena actualidad" hasta hace bien poco tiempo. Quisiera señalar algunas que entiendo que merecen ser destacadas:

a) Su idea de las redes sociales como **estructura social**. Hoy parece indiscutiblemente asumido en el seno de las ciencias humanas y sociales que las *redes de relaciones interpersonales*, comúnmente referidas como *redes sociales*, forman parte de la **estructura** de nuestra sociedad. Sin embargo, el concepto de *estructura* aplicado a lo *social* parecía aludir, en principio, más bien a realidades de base tangible, sea por su materialidad (*estructura económica*), sea por su objetividad (*estructura de parentesco*). La existencia de **vínculos** entre las personas, sobre todo si son muy *débiles*, no parecían merecer tal rango de importancia hasta que los trabajos de Milgram (entre otros autores) forzó de alguna manera el inicio, o quizás la intensificación, de tal debate. Y es que la existencia de un vínculo entre dos personas, puede basarse en un único encuentro fortuito, acaecido hace años, y que por razones difíciles de escrutar (para muchos *subjetivas*), ha quedado grabado en el recuerdo de las personas *vinculadas*. Elementos *psicosociales* de nuestro entorno social, considerados frecuentemente banales, pasan a adquirir un peso trascendental para la comprensión de distintos fenómenos sociales.

Esta idea, en un Milgram navegando por el positivismo propio de su tiempo, resulta inseparable de la convicción de que las redes sociales participan de *cierta estructura matemática de la sociedad*. Dicha estructura para Milgram está contrapuesta al *azar*.

b) Un tema clave, quizás poco destacado, que introduce Milgram en el análisis de sus resultados es el de **estructura de comunicación potencial**. Ello tiene varias implicaciones. Por una parte alude a la existencia de *tramos* invisibles (¿inconscientes?) en una red social, que nunca se activan hasta que no se dan determinadas circunstancias (necesidad, reto, imaginación para solucionar un problema). Sin embargo, el hecho de su existencia permite predecir posibles conductas. De las 160 cadenas de transmisión iniciadas en Nebraska, sólo 44 llegaron a buen fin: ¿No existía enlace, o el enlace potencial no se activó? ¿Qué factores potencian o inhiben la activación de una cadena? A la luz de los resultados de su estudio Milgram ya destaca algunos posibles factores: diferencias de clase social, de género, raciales, el origen del vínculo (residencial, ocupacional, etc.), y, sobre todo, la *distancia psicológica y social*, quedando la distancia física reducida a factor de muy segundo orden.

Cabe destacar la chocante observación de que las cadenas se activan pocas veces entre familiares y más a menudo entre amigos o conocidos, tema que incitará posteriores

debates, como los de Grannovetter (1973), sobre el predominio de la importancia de los vínculos débiles en las redes sociales amplias.

Por otra parte, esta propuesta sugiere que Milgram quizás pensaba en las redes sociales más como estructuras de comunicación, y, por tanto con una representación más cercana a la idea de *canales*, es decir, *continentes* de alguna información, cuando hoy la mayoría de autores del ámbito social destacan más el hecho de que se trata de *estructuras vinculares*, y por tanto, de *redes vinculares*, que permiten **flujos** (en el caso del estudio de Milgram, podríamos hablar más que de comunicación, de *distribución* de objetos a personas concretas, igual que podemos hablar de *ayudas*, cuando nos referimos a las redes de apoyo social). Desde este punto de vista, *continente y contenido son inseparables*.

c) Una tercera idea provocativa introducida por Milgram es que el análisis de redes sociales muestra, en cierto sentido, que los individuos *estamos delimitados conjuntamente por un tejido social firmemente urdido*, apuntando a una clara **conexión entre lo micro-social y lo macro-social** a través de las mismas. De hecho, esta idea no está más que apuntada en su breve artículo, pero quizás ha sido uno de los puntos más destacados por autores posteriores (Granovetter, 1973; Maya, 2003) al insistir en que el concepto de *redes sociales* ofrece posibilidades absolutamente nuevas para vincular lo micro-social y lo macro-social. El estudio de Milgram es una excelente oportunidad para reflexionar sobre dicha posibilidad. Mientras que cada acto de traslado de una carpeta de un lugar geográfico a otro parece obedecer simplemente a la existencia de un vínculo entre dos personas, el itinerario global de la carpeta refleja *un conjunto de distancias sociales* (recogiendo una reflexión del propio Milgram), más que de distancias geográficas.

Reflexiones sobre el impacto del trabajo de Milgram e implicaciones para futuros desarrollos teóricos, de investigación y de intervención psicosociales

Además de los múltiples impactos en debates teóricos, de los que posiblemente hablarán más otros participantes de este dossier, quizás me toca a mi destacar que, durante las décadas recientes uno de los motivos del renovado interés por las redes sociales desde la psicología social ha sido su utilidad para el análisis de distintas realidades sociales orientado a la intervención social y psicosocial, y los retos que comporta su (re)construcción y fortalecimiento. La productividad se ha extendido a

casi todos los ámbitos de aplicación de la psicología social (Villalba, 1993; Martínez et al., 2001), hasta el punto de haberse creado organizaciones dedicadas a la potenciación de redes comunitarias, como es el caso destacable de FUNDARED (Fundación para el Desarrollo de las Redes Sociales, creada en 1989, en Buenos Aires) (Dabas y Najmanovich, 1995).

Es precisamente en este ámbito de las aplicaciones orientadas a la intervención psicosocial en el que se han señalado más insistentemente dos cuestiones que considero de interés particular, situadas en niveles muy distintos: Por una parte está la importancia de la potenciación de las redes sociales en la mejora de la calidad de vida de las personas, grupos y comunidades. Y por la otra está la necesidad de pensar en las redes sociales desde otras orientaciones epistemológicas distintas a las tradicionales, que tomen en consideración los debates contemporáneos sobre la complejidad, y las teorías relacionadas.

Y es que muchas de las realidades a las que nos referimos con conceptos aparentemente diáfanos a la hora de desarrollar programas de intervención social (necesidades sociales, problemas sociales, calidad de vida, bienestar social) están caracterizados por su *borrosidad*, como ya he señalado en otros sitios (Casas, 1996). Ha sido y es relativamente fácil alcanzar consensos sobre componentes nucleares de las necesidades sociales, o de la calidad de vida. Sin embargo, la experiencia (tanto académica, como profesional, social o política) nos muestra que es prácticamente imposible alcanzar consensos sobre el conjunto de la realidad social abarcada por cualquiera de estos conceptos. Ello sugiere que mediante planteamientos tradicionales sólo podemos aspirar a ofrecer explicaciones inteligibles de la estructura nuclear de dichos fenómenos, pero no de su estructura global. De ahí, a pesar de su apasionante interés, las dificultades de todas las propuestas que han intentado definir tipos o categorías de redes (Martínez et al., 2001; Barabási y Bonabeau, 2003).

El cambio social orientado a la mejora del bienestar y la calidad de vida se ancla en el cambio del comportamiento humano en sociedad, y éste, según los autores que recientemente han trabajado estas cuestiones desde las teorías de la complejidad, se caracteriza por su *borrosidad, catastrofismo, fractalidad y caoticidad* (ver Munné, 1993; 1994; 1995). Todos ellos conceptos más matizados de lo que puede sugerir una interpretación vulgar de los mismos.

En este ámbito, el concepto de complejidad, entendido tradicionalmente en un sentido cuantitativo, ha sido revisado, y cargado de un fuerte contenido cualitativo. Lo decisivo en la complejidad no es el número de elementos o partes de un conjunto, sino las relaciones entre los elementos del mismo. De ahí que algunos autores adviertan seriamente de los peligros o riesgos por parte de las ciencias sociales de percibir los aportes de las teorías de la complejidad sólo como un paso más a la matematización del conocimiento científico. Mientras que otro peligro está en verlas como un factor de desideologización del mismo conocimiento (Munné, 1994). La complejidad y el conocimiento de la complejidad son inseparables y en consecuencia las redes sociales son inseparables de las formas de conocimiento que desarrollamos para comprenderlas y aprehenderlas, incluidas las propias redes de intercambio de conocimiento académico o profesional, y las de su divulgación.

De hecho, las teorías de la complejidad nos plantean una nueva metáfora: El universo mismo como red o entramado de relaciones (Najmanovich, 1995), que sólo podremos conocer "haciendo red" dentro de ese gran entramado.

Milgram insiste en su artículo en la presumible diferencia entre la investigación "teórica" y su estudio empírico, que permite constatar cómo se desarrollan los contactos en red, en la práctica. Y después propone reflexionar sobre las diferencias entre lo observado y lo que "intuitivamente" era esperable, evidenciando así (una vez más) la existencia de aparatosos sesgos en las inferencias que la mayoría de las personas hacemos en nuestros cálculos de probabilidades.

La existencia de una ***estructura de flujos potenciales*** (si se me permite la reformulación del concepto propuesto por Milgram), ofrece otro puente de conexión con los debates referidos a las teorías de la complejidad. Ante situaciones o retos nuevos (un *atractor*) los elementos disponibles en una red se someten a *procesos de autoorganización*. En el límite de los mismos pueden aparecer procesos innovadores o creativos (Munné, 1995). Y con ello *estamos pasando de las ciencias de la conservación a las de la creación, porque aunque parezca paradójico a primera vista, la noción de historia está estrechamente ligada a la de creatividad en un universo evolutivo y complejo* En el universo en red la certeza es menos importante que la creatividad y la predicción menos que la comprensión (Najmanovich, 1995).

Es posible que el propio Milgram tuviera la impresión de ser poco novedoso con su estudio, dado que él mismo reconoce humildemente que está "extraído" de un juego de niños relatado por Jane Jacobs. La impredecibilidad y quizás la caoticidad de algunas dinámicas sociales han llevado a que su trabajo incluya plurales elementos creativos, y sea germen provocador de numerosas nuevas líneas de estudio y debate.

Estamos en un proceso en el que se pone en juego la opción epistemológica de no sólo "ver" las redes, sino operar desde ellas, para facilitar la potenciación de las conexiones preexistentes y contribuir a generar otras de nuevas. Ello implica el reaprendizaje de las relaciones (Dabas, 1995).

La opción ideológica se desvelará con los objetivos asumidos para la (re)construcción de redes: Quizás con el trabajo en red podríamos incrementar nuestra capacidad de toma de decisiones en función del bienestar de la comunidad y de la calidad de vida de todos sus miembros. Y esto ya es ir mucho más allá de lo que Milgram propuso iniciar.

Reflexiones metodológicas y sociales a propósito del "mundo pequeño" de Milgram

Carlos Lozares | Universidad Autónoma de Barcelona

La relectura del experimento de Milgram y de otras lecturas a las que me ha llevado la invitación a esta colaboración me ha provocado una serie de reflexiones que van más allá de un comentario exclusivamente centrado y escueto en dicho experimento social para extenderme sobre otros aspectos tanto metodológicos como sustantivos. Algunos de estas reflexiones se sitúan en el epicentro de controversias típicas de las ciencias sociales y de la sociología en particular.

1. Más allá y bajo la superficie de las paradojas manifiestas las explicaciones latentes o la paradoja que nada explica en y del fondo

Las diversas disciplinas, las concepciones o aproximaciones teóricas científicas acostumbran a denominarse con una palabra o expresión reveladora de su contenido: teoría mecánica clásica, relatividad, mecánica cuántica o estadística, funcionalismo, etnometodología... Es también habitual, aunque menos, que se use una expresión más experiencial y realista para identificar algunos hechos más o menos controvertidos que concentran y condensan procesos y resultados de investigación con teorías *ad hoc* más o menos elaboradas: *big-bang*, agujero negro, disonancia cognitiva, estado sólido... Estas denominaciones acostumbran a identificar un hecho y/u objeto de estudio que concita esfuerzos múltiples de científicos y que suele actuar de bisagra o transición para nuevos programas de investigación y quizás para nuevas concepciones teóricas. Es menos habitual, sobre todo en ciencias sociales, que, con dichas formulaciones, se exprese, además de la precedente interpretación, el carácter paradójico y/o aparentemente contradictorio con el sentido común, o incluso con un sentido razonable, que tienen determinados hechos empíricamente descubiertos dentro de una determinada disciplina. Tales epítetos pueden jugar entonces, además del rol de provocación e incitación al interés o búsqueda del novato o iniciado, una función simbólica de cobertura o paraguas de otras realidades que amagan.

En la teoría de redes sociales hay tres rótulos significativos desde el punto de vista del volumen o cantidad de citas que reciben y del valor de significado que se les otorga: los renombrados seis pasos, los efectos del mundo pequeño y la fuerza de los lazos débiles. Los tres son moneda socorrida en publicaciones, recurso en la enseñanza para mostrar la potencia o valor científico de la teoría de redes o en todo caso de estímulo pedagógico para suscitar o mantener la renovada atención de la audiencia. De alguna manera las tres expresiones se refieren a la idea de distancia en las redes como concepto talismán de sus teorías, (i) primero, en el caso de Granovetter, mostrando y demostrando el hecho de que la potencia de las redes sociales no proviene sólo de la fuerza de las relaciones directas y fuertes sino de las indirectas y alejadas aunque sean débiles y, (ii) segundo, en el caso de Milgram, el hecho de que, no obstante la inmensidad de distancia aparente (en teoría de redes) que se pueda suponer, existe entre dos objetivos o mojones (nodos) constituidos de personas, animales o cosas (simbólicas como las redes de información, o no, como las redes tecnológicas) cuando el número de nodos se hace considerable, "¡oye mira! con seis saltos de nada como media se alcanzan o llegas a todas partes", es decir, que el mundo es pequeño contra toda intuición y casi evidencia o el mundo es un pañuelo, aunque esta última expresión

no conllevaría el mismo tipo de experimento.

A pesar de esta primera connotación de sorpresa, resuelta por la teoría de redes que puede demostrar que en el mundo real se puede disolver dicha contradicción al sentido común, se amagan otras que se corresponden al carácter generalizador, un tanto paramétrico y estadístico que conllevan tales afirmaciones. Y es que, dentro del objetivo mayor de la sociología como es la búsqueda de las diferencias y discriminaciones además de las uniformidades u homogeneidades de las grandes poblaciones, nos hacemos preguntas que no nos resuelven tales afirmaciones que se refieren a pautas centradas de comportamientos.

1.1. "Mire, si Vd tiene lazos o vínculos fuertes directos y cercanos con otras personas y no los tiene indirectos y distantes, ¡simplemente no es perfecto! Pero no se preocupe pues con los primeros exclusivamente puede Vd. alcanzar algunos objetivos importantes en recursos y soportes emocionales y directos y ayudas cercanas y concretas insustituibles. Si por el contrario no tiene acceso a los primeros pero posee los segundos, incluso aunque sean débiles, tendrá Vd otras potencialidades de difusión y poderes lejanos indudables para otros intereses y menesteres. Si tiene ambos tipos de lazos, ¡miel sobre hojuelas!, Vd es total en teoría de redes y en las redes reales. Pero si los primeros son débiles o inexistentes y los segundo brillan por su ausencia o ambos son no significativos, ¿qué harán los teóricos con Vd. y qué hará Vd. con su vida real, socialmente hablando?, ¿marginarle de la teoría a pesar de estar en la realidad y abundantemente en ella, a juzgar por los datos a mano sobre la soledad económica, social o emocional a corto, medio y largo plazo y distancia de muchos ciudadanos?".

1.2. "Pero de todas maneras ¡alégrese Vd. y no se preocupe!, ya cualquier objetivo humano/mundano es accesible, ¿alcanzable?, con sólo seis pasos intermedios como media, ¡lo nunca visto! Se supone además que, si en vez de enviar una carta como el experimento indica a las personas-objetivos, viajara Vd, si tuviera recursos, siguiendo la hipotética misiva de sucesivo en sucesivo intermediario señalado por los precedentes llegaría así, ¡de cuerpo presente!, hasta la diana final. Así conocería de cerca a sus correos y nodos alcanzados aunque distantes y se enteraría de sus condiciones de vida, de su género, de su soledad o redes, de sus intereses y tristezas, incluso, si la carta llegó post-mortem, de depositar sobre su cuerpo presente sepulto la carta devuelta, o en su caso, se enteraría de las causas del rechazo que protagonizó a

seguir la cadena de la invitación o, por el contrario, de las razones para ser miembro de la ONG de correos ambulantes, la CVCA, Ciudadanos Voluntarios de Correvediles Anónimos o, además, siempre tendría la oportunidad de poder transformar la redes débiles, distantes y desconocidas en fuertes, cercanas y con rostro tangible y, desde luego, cambiar su red dirigida en no dirigida y/o simétrica y en realmente transitiva, con lo que el viaje no sería en balde para aumentar futuros recursos en capital social)". "¡Quién da más en una democracia avanzada pero de individuos con objetivos e intereses individuales, individualizados e individualizantes que con solo seis pasos bien dados pueden llegar a donde quieran! Es el sueño americano además de la fashion reticular a la moda del pret-à-porter científico. Pero, de todas maneras, si 6 son los pasos medios para llegar donde sea, algunos podrán conseguirlo con uno sólo para gozar del manifiesto u oscuro objeto del deseo, pero otros necesitarán 20 o 50 pasos, o simplemente no llegarán. Es decir o su marcha es laberíntica, o renqueante o, simplemente, su camino quedará bloqueado por la distancia infinita que supone tal ruptura quedando como marginal de las estadísticas nominales, la última y la primera de las marginaciones de hoy día en día, simplemente para no estropear las medias de la normalidad, dando como razón que el infinito no cabe en el ordenador. ¿Quiénes son éstos y por qué les pasa lo que les pasa sobre todo en algo tan anodino y sin compromiso como es el transmitir una carta en un plisplás, además de algunas manipulaciones mecánicas y vehiculares? ¿Qué sucedería entonces si se tratara de anunciar algo más que el mensajero y el anuncio del mensaje, algo así como pedir o exigir contenidos de necesaria supervivencia física, mental o social a nuestros representantes o poderes o a los propietarios de nuestros capitales monetarios y sociales, de nuestra fuerza del trabajo o de otras fuerzas más débiles como las cognitivas? Además, una cosa es saber quiénes son, dónde están los solicitados o destinatarios y llegar y, otra, bien diferente, es quedarse y compartir la rica mansión del destinatario o al menos hacer más justos, equilibrados, comunicables e intercambiables, cual vasos comunicantes los contenidos en recursos de cada nodo o, aún más simplemente, tratar de recuperar los recursos nodales que son los nuestros y que el otro nodo se ha apropiado y/o usufructúa. Pero hay dianas que se alcanzan a un solo paso (o al menos así debería ser con respecto a nuestros representantes en cada una de las áreas de nuestra democracia delegada) pero ¿y después de alcanzarlas cuántas veces se han de reandar los paths y cuántos se han de repasar en cuántas manifestaciones para ser simplemente oídos o recibidos? Y ¿qué pasa con los otros

tipos de poder *de facto*, no electivos? Y, además, ¿es que todos disponemos de los mismos grados de conocimiento e información, etc., etc. sobre nuestras redes propias y las sucesivas?, o, incluso, ¿es que acaso todos sabemos cuáles son los objetivos-personas que mejor representan o se apropian de nuestros bienes en autonomía, libertad, igualdad, información y solidaridad?

El toque de atención precedente, algo barroco, es sólo una llamada de atención al esfuerzo de búsqueda en una dirección que no puede contentarse con confirmar o repetir fórmulas o expresiones generales que aunque mágicas y/o sugerentes pueden ocultar o amortiguar otras realidades socialmente discriminatorias para las que también se han de encontrar modelos o pautas formales de estudio. De hecho en este intento y dirección van también la preocupación y el encadenamiento de las sucesivas y acumulativas investigaciones de varios teóricos, preocupación de la que damos algunas pinceladas en los apartados siguientes, lo que es un síntoma de buena salud mental y científica en la profesión.

2. Conceptos, indicadores y modelos metodológicos

Veamos pues en qué sentido van estas exigencias de modelación seguidas en las diferentes investigaciones sobre los efectos del mundo pequeño, MP, es decir, sobre redes que cumplen tales características y que para la ocasión llamamos también complejas por el elevado número de nodos y vínculos que contienen.

2.1. En las investigaciones que reseñaré muy brevemente llama la atención la preocupación modelizadora, es decir, el interés por dar forma matemática algebraica y/o estadística al objeto de estudio, en el caso, al fenómeno del MP. Los inicios de la sociología matemática en sentido propio, se sitúan en los 50 y 60 (Newell y Simon, 1972) y se desarrolla muy intensamente sobre todo en dichas décadas (ver Lozares, *La sociología y sus modelos matemáticos, en prensa*) con el intento, por parte de sus promotores, de dar a la sociología un estatus de científicidad según el patrón positivista de las ciencias naturales, estatus del que, según ellos, carecía (Fararo, 1984, 1997; Sorensen, 1978). Muchos de sus promotores venían de la rama de las ciencias naturales o matemáticas cambiando de estatus profesional aunque conservan las exigencias formalizantes de sus orígenes: el biólogo Rashecsky, Rapoport y su grupo de biólogo-matemáticos, Coleman ingeniero, H. White físico teórico (de gran resonancia en la teoría de redes), y Fararo que aunque llega a la sociología a partir de la ciencia

política e historia había cursado varios años de estadística. Todos ellos representan, dentro de la sociología matemática, una tendencia teorizante, tratando de formalizar los contenidos axiomáticos y deductivos de las teorías sociológicas, si es que existen en sociología, a la manera de lo que sucede con las diversas teorías de la física; los modelos formales pasarían a ser la expresión de la (o la misma) teoría sociológica. Cara a esta tendencia de matematización sociológica se yergue otro intento también matemático-formalizador, representado por Lazarfeld en Columbia que también proviene de las ciencias duras, pero centrado en modelos matemáticos metodológicos y de alguna manera pragmáticos. Se trataba de elaborar modelos no tanto de teorías sociológicas axiomatizadas o por axiomatizar para que deductivamente se tradujeran en expresiones validables sino modelos que dan forma matemática al objeto o hecho empírico a investigar de tal manera que sean directamente validables empíricamente, modelos que suponen una aproximación a teorías de alcance medio. Esta vertiente metodológica permite testar hipótesis, operativizar, introducir la métrica, la hipótesis nula, el método de encuesta y el experimento, etc. La orientación de Lazarsfeld será dominante y se consagrará como recetario del buen hacer en la investigación científico-social. La distinción precedente teórica vs. metodológica marcará los dos tipos o tendencias que se dan en la relación entre matemáticas y sociología. La orientación teórico-formal que consiste en el desarrollo de modelos matemáticos que expresan y dan forma, precisión y capacidad explicativa a la teoría sociológica, véase por ejemplo: Rapoport (1960), Simon (1957), Blumen, Kogan y McCarty (1955), Coleman (1954), Coleman, Katz y Manzel (1966), Fararo (1984), y Sorensen (1978), Rapoport (1951, 1957), Coleman (1964). En esta corriente también hay en esta época temáticas que tienen que ver con las redes: la tesis de Fararo versa precisamente sobre la aplicación de modelos a datos de redes de conexión en las decisiones de mercado; uno de los trabajos de Rapoport, (Rapoport y Horvath, 1961) sobre los mundos pequeños fue retomado Travers y Milgram (1969) que, a su vez, sirvió de base para los estudios posteriores de la fuerza de los lazos débiles de Granovetter (1973); ídem los trabajos Berger, Zelditch y Anderson (1966), Harary, Norma y Cartwright (1965) están muy vinculados a la teoría de grafos y los de H. White, (White 1963) a las estructuras algebraicas del parentesco. Esta tendencia se prolonga también en los 70, por ejemplo, en redes. El análisis teórico de Granovetter (1973) sobre el rol de los lazos débiles en sociología constituye para muchos una contribución óptima de la *entente* entre matemáticas y teoría sociológica. Para otras temáticas, cf. Fararo (1984,

1997), y Hayes, (1984). En los 80 se produce un cierto declive de esta corriente teórico-formalizadora de la sociología, lo que no impide sino que provoca un uso más metodológico de la matemática en sociología: métodos multivariados y estadísticos, métodos causales que ya venían desde los 50 y 60, Kendall y Lazarsfeld (1950), Simon (1957, 1979), Blalock (1964), Coleman (1964).

Svoretz (2003), en su intento de comprender las topologías de redes ofreciendo modelos de redes más sofisticados y realistas para análisis complejos, es decir, de analizar las topologías que surgen de los análisis de las interacciones locales de los agentes usando los avances recientes de los modelos estadísticos en las redes sociales, clasifica dichos modelos en dos tipos: los teóricos que descansan en el análisis teórico-formal de las fuerzas sociales que configuran las pautas reticulares de contacto o conexión y los metodológicos vinculados a técnicas formales de representación de datos. Según él los modelos metodológicos son los más abundantes en las ciencias sociales precisamente porque en ellas muchas teorías no están constituidas, y según mi opinión no es imprescindible que lo estén, en teorías axiomatizadas y deductivas, incluso puede ser un esfuerzo prometeico el intento de tal hazaña. Sin embargo como se ha apuntado y Svoret recalca se ha dado un cierto traslado, dentro de la sociología matemática y más concretamente dentro de las redes sociales, que va desde unos orígenes más teórico-formales a modelos más metodológicos, pragmáticos y de alcance medio o incluso de corto alcance. La verdad es que, independientemente de que exista una teoría matemática de grafos, no parece que se pueda hablar de una teoría axiomática sociológica de las redes sociales o de las relaciones sociales que cubran los fenómenos o hechos sociales de carácter reticular para obtener mayores grados de información sobre ellos.

2.2. En el intento de modelación metodológica de las redes sociales y en concreto de los efectos del MP se encuentran científicos *hard*, sobre todo físicos, matemáticos estadísticos y los cibernéticos. Es algo general que sucede también en otras temáticas de la sociología por ejemplo en los estudios de la emergencia, de la dinámica social, caos y catástrofes, de la difusión social, de la teoría de juegos, de la socio-mecánica estadística, de la nueva o antigua inteligencia artificial, interacción entre agentes inteligentes, procesos evolutivos y, en general, simulación social. Además esta presencia ha sido constante, como hemos señalado en [2.(1)]. Pero se da un cambio actualmente. Primero, que los protagonistas entran a saco y con naturalidad, sin rubor,

sin pedir permiso a nadie y sin abjurar de su nómina, nominación y estatus profesional de partida y permanencia cuando precedentemente los científicos duros se convertían a débiles sociólogos aunque con procedimientos *hard*. Por tanto de que estos nuevos intrusos no son reconocidos dentro de la academia de la ciencia sociológica su incursión no tiene ningún carácter de intrusivo de competencia o come-terrenos. Segundo, estos científicos se introducen a partir de la modelación de contenidos que hallan en sus propias disciplinas y que guardan algún grado de analogía, homología o isomorfismo con los de las ciencias sociales o de la redes. Este es el caso de los estudios surgidos a partir de los problemas que presentan las redes similares, o que tienen efectos similares a los del MP donde físicos y matemáticos han tenido que lidiar con redes tecnológicas, informativas, biológicas, moleculares, contenidos que tienen su parangón con los de las redes sociales. Tercero, las publicaciones de dichos fronterizos no aparecen en revistas generales sociológicas sino en las de sus ramas respectivas, salvo en algunas especializadas de sociología, revistas con títulos híbridos por ejemplo sociología metodológica, simulación social, redes sociales, sociología matemática. Todo hace que muchos de los sociólogos o no se enteran ni lo desean o, simplemente no les parece sociología lo que hacen. De todas maneras este autismo sociológico es nefasto para la sociología actual y para la del futuro si no deseamos dejarla como rama desgajada en su paso evolutivo como otras ramas que fueron consideradas ciencias en su tiempo y hoy son falsas o in-testables y/o in-validables en sus propósitos y proposiciones, sin hablar necesariamente de la alquimia.

3. La modelación del MP, un ejercicio pragmático, realista y de aproximaciones sucesivas

La reflexión precedente ha estado focalizada sobre los tipos de modelos teórico-formalizados vs. metodológicos, siendo los últimos, como es el caso de las redes reales y de los efectos del MP, los más pertinentes y de uso más habitual. Interesa ahora centrarnos en la manera y los procesos que han seguido los analistas para construir los modelos en su acercamiento a los fenómenos reticulares del PM, que calificaré como realistas y pragmáticos. Pero quizás sea necesario dar inicialmente una pincelada de lo que entendemos por MP y sus efectos sobre todo desde una visión más generalizadora. Luego, en un primer apartado (1), señalaré las magnitudes e índices básicos descriptivos, propios a estos modelos, y, en un segundo apartado (2), el proceso de la construcción de los modelos más pertinentes. El discurso base que guía esta parte consiste en tratar de mostrar que el alegato crítico de 1.1 y 1.2 no es completamente

justo y que los científicos, enfatizaría lo de *cuantitativistas*, buscan también, por debajo de las evidencias de superficie incluso paradójicas y efectistas, las latencias explicativas con índices y modelos realistas y pragmáticos.

El experimento de Milgram concreta y materializa algunas de la trayectorias de una red compleja que, suponemos, está estructurada o tiene una estructura de acción. En el experimento, muchas cartas no abocaron a su diana, sólo $\frac{1}{4}$ llegó a su destino. En todo caso, se entregaba a un solo nodo-persona entre los posibles de cada paso. La media de recorridos para las exitosas fue de seis pasos. [3]

Con el concepto de redes y efectos del MP nos queremos referir genéricamente a determinadas magnitudes (con sus índices de medición correspondientes y valores respectivos): (i) redes de gran tamaño (número de nodos); (ii) distancias entre nodos (con pequeñas distancias medias de sus geodésicas, DMG); (iii) clusterización (elevado valor de coeficiente de clusterización, CC); y (iv) distribución de grados de sus nodos (según una ley potencial también llamada de Escala-Libre, E-L). De esta manera la acepción de redes del MP o de efecto del MP es generalizable conceptualmente a partir de las características realistas que surgen del experimento de Milgram y del examen de otras redes. Se trata de redes complejas en el sentido de que representan topologías de interacciones entre agentes de las que emergen pautas de agregación. La complejidad se manifiesta por la conjunción simultánea de dichas propiedades. En las redes del MP las transmisiones son eficientes dada la distancia, la acción es cohesiva dada la clusterización y su descentralización, su volumen posibilita su estocastización, generalización y validación; las redes del MP son robustas. Han sido estudiadas muchas redes reales semejantes a la de Milgram que por sus características se pueden denominar del PM (ver Svoretz, 2003, Albert y Barabási 2002, Ebel, Davidsen y Bornholdt, 2003). Las redes del pequeño mundo como expresión genérica tienen además una amplia extensión real incluso en aplicaciones industriales.

3.1. Las magnitudes e índices a los que hacemos referencia son:

Comencemos por introducir algunos de estos índices pues es imprescindible para comprender los procesos de operativización, medición y modelación, es decir, los metodológicos.

(a) *La Clusterización* que mide el grado en que se da la propiedad transitiva: si el nodo

X está vinculado al nodo Y y el Y al Z hay un cierto grado de probabilidad de que X lo esté al Z. La magnitud se mide por el Coeficiente de Clusterización, CC, que es una fracción de tripletes transitivos. Sea el nodo i conectado a otros nodos por k_i ejes. Si los k_i más vecinos directos de i son parte de una clique deberían haber $k_i(k_i-1)/2$ vínculos entre todos ellos (del i con el los k_i). Lo que se llama CC_i del nodo i es la ratio entre el número de vínculos existentes, E_i , entre i y los k_i ellos y el número máximo posible, $k_i(k_i-1)/2$ tal $CC_i = 2E_i / (k_i(k_i-1))$. El CC de una red total es la media del conjunto de los CC_i individuales, para i y los k_i . Este coeficiente es menor en una red aleatoria que en una real como la del MP con el mismo número de nodos y vínculos, (ver Albert y Barabási 2002). Evidentemente, hay numerosas otras alternativas que guardan relación con esta definición y que tienen que ver con la triangulación y la transitividad.

(b) *La distancia de las geodésicas*. En una red no dirigida, se define como Distancia Media Geodésica, DMG, entre los pares de nodos a la cantidad, $DMG = \frac{\sum_{i,j} d_{ij}}{n(n-1)/2}$, tal que d_{ij} es la distancia geodésica desde i a j y n el número de nodos. La DMG plantea problemas en redes con varias componentes. Si se asigna la distancia infinita cuando no hay vínculo entre nodos, la DMG también es infinita lo que no tiene sentido. Pero se puede tomar como DMG sólo todos los pares que tienen paths que se conecten, es decir, excluyendo los que están en componentes diferentes. La mejor alternativa es definir la DMG como media armónica, tal $DMG^{-1} = \frac{\sum_{i,j} d_{ij}^{-1}}{n(n-1)/2}$. Si esta distancia es corta como pasa en las redes del PM la dinámica expansiva será rápida. Se puede además demostrar que si el número de nodos existente a una distancia d_i del nodo i crece exponencialmente el valor de DMG crece según una ley logarítmica tal $(\log n)$, propia de las redes del PM (Newman 2003).

(c) *La Función de Distribución de Grados*, FDG. No todos los nodos en una red tienen el mismo número de vínculos. La distribución de los grados nodales se caracteriza por una función de distribución $P(k_i)$ que da la probabilidad de que un nodo seleccionado aleatoriamente tenga exactamente k_i vínculos. En un grafo aleatorio los nodos tienen aproximadamente el mismo grado, cercano a la media $\langle k \rangle$ de la red, la FDG correspondiente cumple la función de Poisson con un pico en $P(\langle k \rangle)$. La FDG de las redes complejas y reales, como las del MP, es una ley potencial, tal $P(k_i) \propto k_i^{-\gamma}$ que se desvía considerablemente de la de Poisson, donde γ es una constante. Se

denomina de Escala-Libre, E-L, porque la FDG, de forma genérica $f(x)$, permanece intercambiable con una re-escalación multiplicativa de su variable independiente x , tal que $f(ax)=af(x)$. Por ello la ley potencial y la de E-L son sinónimas (Albert y Barabási 2002). No siempre el cálculo de gamma es fácil y se ha de proceder por aproximaciones. Sin entrar en detalles de las modificaciones que sufren estos índices definicionales para adaptarse a los valores empíricos, vemos que la opción realista y pragmática es la que prima a la hora de definir las redes del MP a partir de dichas magnitudes y los valores de sus índices: tamaño de la red, CC, DMG, FDG tienen determinados comportamientos o valores.

3.2. Entremos sucintamente en los procesos de modelación de las redes del MP. En estos años se han dado cambios importantes en los análisis de las redes. Uno, muy significativo, ha consistido en el paso, con la ayuda de los ordenadores, del estudio de las definiciones y propiedades de nodos o lazos para redes pequeñas a tomar en consideración propiedades de redes de gran tamaño, por ejemplo de millones de nodos. Supone también un cambio de las preguntas y de los objetos de investigación: de preguntarnos cuáles son los nodos más importantes, etc., en la red a hacerlo sobre el porcentaje de nodos que se han de cambiar para que se dé un determinado efecto significativo en la red, por ejemplo en su conectividad. Es evidente que la presentación gráfica de la red y la inspección visual ya no sirven el análisis de las redes enormes sino que han de entrar de lleno los métodos estadísticos (Newman, 2003). El descubrimiento de las redes del MP ha generado en estos años estudios de modelos de redes de gran tamaño, en particular (i) las redes aleatorias como los modelos de Erdős-Rényi que sirven como referencia para estudios empíricos de redes reales;(ii) las redes con modelos similares a las del MP que, tomando como referencia el clustering y distancias geodésicas, se interponen entre las redes de lattices regulares, altamente enclaustradas, y las aleatorias; (iii) los de E-L que encuentran su referente en la FDG con ley potencial y tratan de ofrecer dinámicamente una teoría general de la evolución de la red (Albert y Barabási, 2002).

Como señalaba precedentemente el objetivo de estas reflexiones no consiste en desarrollar detalladamente el proceso de elaboración de los modelos sino destacar que la línea prevaleciente en la construcción de modelos para redes reales es una aproximación realista y pragmática. Acabamos de señalar que las redes reales del MP se encuentran entre las completamente aleatorias con bajo CC (no propia del MP que

es alto) pero con valores pequeños de la DMG (que es propio del MP) y las leticces regulares con elevado CC (propios del MP) pero con elevadas DMG (que no es propio del MP). Parece pues lógico que muchos modelos del MP se hayan construido de manera pragmática y realista introduciendo correcciones a partir de los modelos de ambos extremos: los aleatorios y las leticces. Es lo que tratamos de resaltar en las páginas que vienen no sin antes decir dos palabras de los modelos aleatorios.

El modelo de las redes aleatorias es simple y relativamente bien conocido desde hace tiempo (véase por ejemplo, Rapoport, 1957, 1968; Rappoport y Horvath, 1961; y Erdős y Rényi, 1959, 1960, 1961; citados por Newman, 2003) y otros matemáticos. Los vínculos no dirigidos están situados aleatoriamente con una cierta probabilidad entre y para un número fijo de nodos originando una red con un número de vínculos de hasta $n(n-1)/2$ posibles y de acuerdo a la distribución binomial de Poisson.

Uno de los más interesantes hallazgos en la teoría de grafos aleatorios es la existencia de una probabilidad crítica a la que se forma un cluster gigante; esto es, existe una probabilidad crítica, p_c tal, que por debajo de ella la red se recompone de clusters aislados y, por encima, un solo cluster inunda la red.

Pero lo real no es aleatorio. La atención de los investigadores sobre las redes del mundo real como las del MP en la construcción de los modelos correspondientes se ha centrado en las maneras en que dichos modelos difieren de los aleatorios. Estas maneras sugieren mecanismos posibles que pueden guiar de hecho la exploración de las redes reales del MP.

(a) El camino de la domesticación o del condicionamiento de la aleatoriedad en la búsqueda de modelos realistas.

La teoría de *Net-Biases*, N-B, configura modelos estadísticos bajo la denominación genérica de modelos (ERG) modelos de Grafos Aleatorios (*Random*) Exponenciales en vistas a una utilización más realista de la complejidad de las redes. La idea es que red es el producto de un proceso aleatorio pero sesgado, esto es, parcialmente determinado, de tal manera que las pautas estructurales condicionantes provienen de acontecimientos conectivos simples y locales, o sea de la complejidad.

(i) Los primeros intentos se encuentran ya en Rapoport (1957, 1968), Rappoport y

Horvath (1961) y Fararo y Sunshine, (1964). Rapoport hace derivar la red de la conectividad de unos pocos nodos seleccionados que luego generaliza a toda la población. Los rasgos estructurales que introduce, o componentes sesgados, modifican los comportamientos aleatorios, por ejemplo la reciprocidad entre lazos y la clausura, asimilables a la idea de transitividad de nodos. Dado que estas características no son las propias de las redes aleatorias, su toma en consideración las acerca a las reales del MP.

(ii) La introducción de rasgos condicionantes en los comportamientos aleatorios o independientes no realistas no se reduce a los estructurales. Fararo y Sunshine,(1964), consideran la idea de condiciones *composicionales*, esto es, condiciones que actúan sobre la localización de los vínculos en función de la similaridad o diferencia entre actores-nodos según sus atributos, por ejemplo estatus, género, etcétera. Fararo y Skvoretz, (1989), van también en dirección similar.

(iii) La idea de N-B se ha usado también para formalizar la teoría de la fuerza de los lazos débiles de Granovetter vinculándola a la teoría macro-sociológica de Blau.

(iv) También dentro de la misma concepción del N-B se ha trabajado con los métodos de simulación Monte Carlo para generar redes de tamaños y niveles especificados, condicionando el número de combinaciones entre díadas aunque sin demasiado éxito.

(v) Se ha ido más allá de la aleatoriedad buscando efectos de reciprocidad en díadas y de transitividad en tríadas pero en la lógica categorial del log-linear, tal y como llevan a cabo Holland y Leinhardt o modelos adaptados a las redes denominados modelos p_1 : los sesgos se establecen por ejemplo a partir de la desidad de cada casilla,(ij), la atracción, asociación positiva, o expansión, (repulsión) de los nodos, (ver Svoretz (2003)).

(b) *El camino inverso de la aleatorización de las leticces o el paso de las leticces a las redes del MP.*

(i) Watts demuestra que las leticces regulares pueden transformarse en la red del pequeño mundo a partir de una muy pequeña fracción (0,1% a 1,0%) de conexiones tomadas aleatoriamente lo que puede afectar fuertemente a las propiedades del grupo, por ejemplo la velocidad a la que se extienden los rumores y las enfermedades, (Odell,

2000). El modelo paramétrico que proponen Watts-Strogatz, (1988), Watts (1999a., 1999b., 2002) comienza con una leticce anular de n nodos tal que cada nodo está conectado a sus k primeros más próximos con $k/2$ de cada parte. Para no tener una red absolutamente conectada se supone que $n \gg k \gg \ln(n) \gg 1$. A partir de ahí la construcción del modelo cambia aleatoriamente de tal manera que, con una probabilidad p , cambian los vínculos de la leticces excluyendo las conexiones o vínculos que se dupliquen. Este proceso introduce $pnk/2$ vínculos de mayor alcance y diferentes de los originales. Variando p se pueden monitorizar de manera muy controlada los pasos o transiciones desde $p=0$, aleatoriedad total, a $p=1$, el determinismo. El modelo se asemeja a las redes sociales en las que la gente tiene amigos próximos cercanos, calle, ciudad, colegas de trabajo, amigos de amigos introducidos, pero también amigos más lejanos que, en el modelo de Watt-Strogatz, se representan por los de rango mayor obtenidos por variación aleatoria. Como se ve la construcción del modelo sigue un proceso opuesto a los modelos del apartado precedente, (a): el paso al realismo se hace a partir un modelo rígido en busca de la aleatoriedad. Evidentemente, Watt-Strogatz calculan DMG, CC, FDG y los otros índices, en lo que no entramos, a fin de testar su carácter real y del MP. El cálculo obliga a veces a modificar y remodelarlos.

(ii) Otra variante del modelo ha sido propuesta por Newman y Watts (1999) que añade vínculos nuevos en pares elegidos arbitrariamente pero no a partir de una lattice regular. Es más fácil de calcular que el de Watt-Strogatz pues se forman clusters aislados. Si p es pequeño y n grande coincide con el de Watt-Strogatz.

(c) *Los modelos dinámicos y evolutivos de Escala-Libre*

Muchas redes grandes como las del MP son de Escala-Libre, E-L: su FDG sigue la ley potencial. Esta ley se desvía de la ley de Poisson de las aleatorias. No es difícil construir FDG potenciales a partir de redes aleatorias pero la pregunta es, ¿a partir de qué mecanismos surgen las redes de E-L, es decir, cuál es la dinámica que conduce a (o qué dinámica subyace en) dichos modelos de E-L? Hay una diferencia importante entre la modelación que buscamos, la de la E-L y las expuestas en (a) y (b). Si en (a) y (b) el énfasis se carga en elaborar un modelo de redes que contenga determinados rasgos topológicos compatibles con los valores de los parámetros concretos propios de la redes grandes y del MP, se trata ahora de captar cuál es la dinámica de las redes de E-

L. El hilo conductor es el de su evolución dinámica como criterio para dar con la topología pertinente, Barabási (2002a).

(i) Adamic y Huberman, (2000) diseñaron un algoritmo de búsqueda y exploración estadística de los rasgos de la estructura de una red a fin de dar cuenta de comportamientos.

(ii) Por otra parte Kleinberg (2000a), observó que la gente es capaz de navegar por las redes sociales eficazmente con sólo información local de su estructura y sin pensar en formas sofisticadas de actuación. Es lo que pasa con las misivas que envió Milgram: simplemente la carta se pasa a la persona que se sospecha que puede mejor aproximarla a la persona-objetivo final, precisamente así son instruidos remitentes y destinatarios en el experimento. El hecho de que la media de las distancias recorridas sea pequeña indica que la red tiene una estructura que, desde luego, no es aleatoria. El modelo que sugiere Kleinberg es una variante del modelo del MP de Watts-Strogatz. Kleinberg añade cortocircuitos en la red, ahora regular cuadrada, entre pares de lugares, pero no de manera uniformemente aleatoria como Watts-Strogatz sino de manera sesgada. La probabilidad de empalmar cortocircuitos entre i y j , (dos nodos de la red) sigue ley potencial o de E-L tal, $p(i,j) = r^{-\alpha}$ donde r es la distancia euclídea entre los lugares i, j y α una constante. Kleinberg demuestra para su modelo un umbral más bajo en la DMG.

(iii) Watts, Dodds y Newmann, (2002) y el mismo Kleinberg, (2000b) ofrecen un modelo alternativo al original de Kleinberg, que clarifica más la estructura social de la red social. La gente navega por la red social teniendo en cuenta la comunalidad entre sus conocimientos de las personas, nodos inmediatos de la red, y la persona o personas-objetivo: por ejemplo, la localización geográfica y ocupación de los nodos con los que contacta. Por ello el modelo que construyen supone que las personas están agrupadas (al menos como redes personales-cognitivas en la mente de los participantes) en categorías como por ejemplo el trabajo, que, a su vez, pueden estar agrupadas mentalmente en super-categorías. Es decir que se crea una jerarquía taxonómica como dendrogramas o árboles con una distancia social entre las personas que se mide por la altura a la que están las particiones en el árbol. Insistamos en que el árbol no es la red real, es una red cognitiva que anuncia determinados enlaces como determinadas probabilidades. Se asume que la probabilidad de un vínculo real posible

entre dos individuos potenciales para seguir la red real es menor cuanto mayor sea la distancia (definida sobre el dendrograma de jerarquía cognitiva) a la que están las personas. Watts et al. y Kleinberg asumen que esta probabilidad baja exponencialmente con dicha distancia. Watts et al. demuestran por simulación que tal modelo asegura bien los valores de los índices del MP. La ventaja del modelo jerárquico sobre el de categorías es que en el jerárquico los individuos-nodos no se superponen, aunque Kleinberg ha propuesto una generalización del modelo que permite categorías superpuestas.

(iv) El modelo de Barabási y Albert (1999), también se basa en observaciones de mecanismos reales reticulares: primero, el crecimiento de muchas redes en n en sistemas abiertos se hace por adición de nuevos nodos y, segundo, la probabilidad de vinculación entre dos nodos (cambio de conexión) depende de una atracción especial entre ellos por ejemplo del grado del nodo previamente existente, (por ejemplo, enlaces en las páginas Web). A partir de estas constataciones en modelo se construye en dos fases. La primera, en la que partiendo de un pequeño número n_0 de nudos se añaden nuevos n_1, n_2, \dots, n_p tal que $n_1 \ll n_0$, $n_2 \ll (n_0 + n_1)$, etcétera. La segunda, la de la atracción preferencial, la adición de un nuevo vínculo a un nodo está dada por una probabilidad P que depende del grado k_i del nodo i , tal $P(k_i) = k_i / \sum_j k_j$. Las simulaciones numéricas muestran que la evolución de esta red es de E-L, es decir que la FDG sigue una ley potencial con $g_{AB} = 3$. El cálculo de los otros parámetros-índices aseguran la buena salud de modelo (ver Albert y Barabási, 2002).

4. Conclusiones y/o resumen

El simple repaso tomado de la literatura corrobora los objetivos de estas reflexiones:

1. Primero, se muestra que la formalización de las redes sociales, en particular las que nos atañen ahora como son las del MP, no es abstracta, teórica y/o axiomática como caracterización de los tipos de modelos correspondientes, sino más bien de tipo metodológico, esto es, (i) modelos extraídos de los fenómenos observados en redes reales con grandes similitudes en sus indicadores esenciales, que se formalizan para mejor explicarlas y (ii) modelos dispuestos a la validación (o falsación) para aumentar el cúmulo o capital de la teoría. Esta caracterización metodológica de los modelos elaborados se extiende a la misma identificación o definición de lo que entendemos

por fenómeno reticular del MP: redes que tienen en común un conjunto de propiedades reales, que se pueden representar por magnitudes formalizadas e índices de medición.

2. Segundo, se muestra que el proceso de construcción de los modelos para las redes reales del MP, (i) es ingenioso y sutil: búsqueda de intermediaciones reales entre modelos que representan situaciones ideales, (de la aleatoriedad total a la introducción de condiciones que sean homologables con dichas redes reales), (ii) es por ensayo y error, es decir paso a paso, y acumulativo, mejorando sucesivamente los logros adquiridos, (iii) son procesos que introducen progresivamente mayores grados de complejidad tratando siempre de tener referencias o faros cotejables de comprobación como son los valores de los indicadores definidos y medidos de las redes del MP.

3. Los condicionantes que se introducen sucesivamente en la progresiva construcción de los modelos son de carácter, inicialmente, algo abstractos aunque homologables a las condiciones reales pero, poco a poco, se van introduciendo condiciones de carácter más asimilables socialmente como categorías, jerarquías, atracciones, (asociaciones), redes personales cognitivas.

Lejos de sospechar, como parecería desprenderse del punto 1 que la búsqueda en las redes del MP se queda en plan paradójicamente sorprendente y chocante con una frase-slogan que condensa y oculta la verdadera explicación, bien al contrario, la búsqueda de los modelos es un verdadero trabajo de desocultación y des-velo de lo latente y oculto en la realidad y en la explicación para acercarse a ella con precaución, asegurando cada paso, perfilando los conceptos y modelos. ¿No se pretende también en la metodología *cualitativista* el descubrimiento conceptual paso a paso, corrigiendo y puliendo cada concepto, cada tipología, pero sin condiciones de falsación y validación?

BIBLIOGRAFÍA

Adamic L. & Huberman B.A. (2000). Power law distribution of the World Wide Web. *Science*. 287:2115.

Albert, R. & Barabási A-L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews*

of Modern Physics. 74 (1), 47-97.

Barabási, A-L. (2002). *Linked: The New Science of Networks*. Cambridge MA: Perseus.

Barabási, A-L. (2002a). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*. 74, 1: 47-97.

Barabási A.-L., Jeong H., Ravasz R., Néda Z., Vicsek T. & Schubert A. (2002). On the topology of the scientific collaboration networks. *Physica A*, 311: 590-614.

Barabási A-L. & Albert R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286, 509-512.

Barabási, A.L., y Bonabeau, E. (2003). Redes sin escala. *Investigación y Ciencia*, julio, 58-67.

Barabási, Albert-László (2002). *Linked. The New Science of Networks*. Cambridge, MA: Perseus Publishing.

Berger J., Zelditch M. Jr. & Anderson B. Ed. (1966) *Sociological Theories in Progress* 2 vols. New York: Houghton-Mifflin.

Bernard, Russell H., Peter D. Killworth, Michael J. Evans, Christopher McCarty y Gene Ann Shelley (1988). Studying social relations cross-culturally. *Ethnology*, 27 (2), 155-179.

Bernard, Russell H., Eugene C. Johnsen, Peter D. Killworth, Christopher McCarty, Gene A. Shelley y Scott Robinson (1990). Comparing four different methods for measuring personal social networks. *Social Networks* 12, 179-215.

Bianconi, G. & Barabási A-L. (2001). Competition and multi-scaling in evolving networks. *Europhysics Letters*, 54: 436-442.

Blalock, H.M.Jr. (1964). *Causal Inferences in Non-experimental Research*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Blumen, I., Kogan, M. & McCarthy, P.J. (1955). *The Industrial Mobility of Labor as a Probability Process* New York: Cornell University Press Ithaca New York.

- Buchanan, M. (2002). *Nexus : Small Worlds and the Groundbreaking Science of Networks*. New York: Norton.
- Casas, F. (1996). *Bienestar Social: Una introducción psicosociológica*. Barcelona. PPU.
- Coleman J.S. (1954). An expository analysis of some of Rashevskys social behavior models. En Lazarfeld P.F. ed. *Mathematical Thinking in the Social Sciences* . New York: Free Press.
- Coleman J.S. (1964). *Introduction to Mathematical Sociology* The Free Press: Glencoe, New York.
- Coleman J.S., Katz E. & Mezel H. (1966). *Medical Innovation*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Coleman. S. (1990). *Foundations of Social Theory*. Cambridge: Belknap, Harvard University Press.
- Dabas, E. (1995). De la desestructuración de lo macro a la estructuración de lo micro: Las redes sociales en la reconstrucción de la sociedad civil. En E. Dabas y D. Najmanovich. *Redes. El lenguaje de los vínculos*. Barcelona. Paidós.
- Dabas, E., y Najmanovich, D. (Eds.) (1995). *Redes. El lenguaje de los vínculos*. Barcelona. Paidós.
- Ebel H., Davidsen J. & Bornholdt S. (2003). Dynamics of Social Netwice. *Complexity*. V 8, nº 2, pg. 24.
- Erdös P. & Rényi A. (1959). On random graph. *Publicationes Mathematicae*. 6, 290-297.
- Erdös P. & Rényi A. (1960). The evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*. 5, 17-61.
- Erdös P. & Rényi A. (1961). On the strength of connectionedss of random graphs. *Acta Mathematica Scientia Hungary*. 12, 261-267.
- Fararo, T.J. (1997). Reflection on Mathematical Sociology. *Sociological Forum* 12(1) 73-

191.

Fararo, T.J. (1984). Mathematical Ideas and Sociological Theory. [*Special Issue*]. *Journal of Mathematical Sociology* 10.

Fararo, T.J., (1984). "Neoclassical Theorizing and Formalization in Sociology" en Id. ed. *Mathematical Ideas and Sociological Theory. A Special Issue of the Journal of Mathematical Sociology* New York:Gordon and Breach Science Publishers. 10(3-4) 361-393.

Fararo, T. J. (1989). The biased net theory of social structures and the problem of integration. En Berger J., Zelditch M. Jr. & Anderson B. Eds. (1989) *Sociological Theories in Progress: New Formulations*. Newbury Park, CA: Sage.

Fararo, T. J. & Sunshine M. A. (1964). *A study of a Biased Friendship Net*. New York: Syracuse University Youth Development Center and Syracuse University Press.

Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40, 35.

Freeman, L. C. & Claire R. T. (1989). Estimating acquaintanceship volume. En Kochen, M. (ed.), *The Small World*. Norwood, NJ: Ablex (147-158).

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

Guimerà, 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.

Harary F., Norman R. & Cartwright D. (1965). *Structural Models*. New York:John Wiley and Sons New York.

Hayes A.C. (1984). Formal Model Building and Theoretical Interests in Sociology. Fararo T.J. ed. *Mathematical Ideas and Sociological Theory. A Special Issue of the Journal of Mathematical Sociology* . New York: Gordon and Breach Science Publishers, 10(3-4) 325-342.

Karinthy, F. (1929). *Chains. Everything is Different*. Budapest.

Kendall, P. & Lazarsfeld, P.F. (1950). Problems of survey analysis. Merton R.K. & Lazarsfeld P.F. eds. *Continuities in Social Research* New York: Press New York.

Kleinberg, J.M. (2000a). Navigation in a small world. *Nature*, 406, pg. 845.

Kleinberg, J.M. (2000b). The small-world phenomenon: An algorithmic perspective. *Symposium on Theory of Computing*. New York: Association of Computing Machinery, pgs 163-170.

Lazarsfeld P.F. (ed), (1954). *Mathematical Thinking in the Social Sciences*. New York: Free Press.

Lazarsfeld, P.F. & Henry, N.W. (1968). *Latent Structure Analysis*. Boston: Houghton Mifflin.

Martínez, M. F., García, M., & Maya Jariego, I. (2001). Una tipología analítica de las redes de apoyo social en inmigrantes africanos en Andalucía. *Reis*, 95, 99-125.

Maya Jariego, I. (2003). El mundo es un pañuelo: La técnica "small-world" de Milgram. Sevilla. Propuesta de Dossier (policopiado).

McCarty, C., Bernard, H. R., Killworth, P. D., Shelley, G. A. & Johnsen, E. C. (1997). Eliciting representative samples of personal networks. *Social Networks*, 19, 303-323.

Milgram S., 1967. The small world problem. *Psychology Today*, 1, 61-67.

Munné, F., Fernández, I., & Martínez, F. (1993). *Epistemología y procesos psicosociales básicos*. Sevilla. Eudema.

Munné, F. (1994). Complejidad y caos: Más allá de una ideología del orden y del desorden. En M. Montero: *Conocimiento, realidad e ideología*. Caracas. AVEPSO.

Munné, F. (1995). Las teorías de la complejidad y sus implicaciones en las ciencias del comportamiento. *Revista Interamericana de Psicología*, 29, 1, 1-12.

Najmanovich, D. (1995). El lenguaje de los vínculos. De la independencia absoluta a la

- autonomía relativa. En E. Dabas y D. Najmanovich. *Redes. El lenguaje de los vínculos*. Barcelona. Paidós.
- Newell A. & Simon H.A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.
- Newman, M.E.J. (2000). Models of the Small World. *Journal Statistical Physics* 101,819-841.
- Newman, M.E.J. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review* 45, 167-256.
- Newman, M.E.J. (2001). Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review Letters*. 64, 016132.
- Newman, M.E.J. (2002). Assortative mixing in networks. *Physical Review Letters*. 89, 208701.
- Newman M.E.J. & Watts D.J. (1999). Scaling and percolation in the small-world network model. *Physical Review Letters*. 60, 7332-7342.
- Odell, J. (2000). Multiagent Systems using Small World Networks. Documento de Foundation for Intelligent Physical Agents. Product design and manufacturing working group.
- Pool I. De S. & Kochen, M. (1978). Contacts and influence. *Social Networks*. 1, 1-48.
- Rapoport, A. y Horvath, W.J. (1961). A study of a large sociogram. *Behavioral Science*. 6, 279-291.
- Rapoport A. (1951). Net with distance bias. *Bulletin of Mathematical Biophysics*. 13, 85-91.
- Rapoport A. (1957). Contributions to the theory of random and biased nets. *Bulletin of Mathematical Biophysics* .19, 257-277.
- Rapoport, A. (1960). *Fight, Games and Debates* . An Arbor, MI: The University of Michigan.

- Rapoport, A. (1983). *Mathematical Models in the Social and Behavioral Sciences*. New York: Wiley & Sons New York.
- Rappoport, A. (1968). Cycle distribution in random nets. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 19, 145-157.
- Simon, H. (1957). *Models of Man*. New York: Wiley.
- Simon, H. (1979). The meaning of causal ordering. lang=FR>Merton R.K., Coleman J.S. & Rossi P.H. eds. *Qualitative and Quantitative Social Research: Papers in Honor of Paul F. Lazarsfeld* New York: Free Press.
- Sorensen, A. B. (1978). Mathematical Models in Sociology. *Annual Review of Sociology*, 4, 345-34.
- Svoretz, J., (2003). Complexity Theory and Models for Social Networks. *Complexity*, 8 (1), 47-55.
- Travers J. & Milgram S. (1969). An experimental study of the small world problem. *Sociometry*, 32, 425-443.
- Villalba, C. (1993). Redes sociales: Un concepto con importantes implicaciones en la intervención comunitaria. *Intervención Psicosocial*, II, 4, 69-85.
- Watt, D.J. (1999a). Networks Dynamics and small world phenomenon. *American Journal of Sociology*. 105, 493-592.
- Watt, D.J. (1999b). *Small Worlds: The Dynamics of Networks between Order and Randomness*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Watt, D.J. (2002). *Six Degrees : The Science of a Connected Age*. Norton New York.
- Watts, D. J. & Strogatz, S.H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393:440-442.
- Watts, D. J., Dodds S. & Newmann M. (2002). Identity and search in social networks. *Science*, 296: 1303-1305.

White, H. (1963). *An Anatomy of Kinship: Mathematical Models for Structures of Cumulated Roles*. New York: Prentice-Hall.

White, H. (1970). *Chains of Opportunity: System Models of Mobility in Organizations*. Cambridge MA: Harvard University Press.

White, H. (1997). Can Mathematics Be Social? Flexible Representations for Interactions Process and Its Sociocultural Constructions. *Sociological Forum*, 12 (1), 53-71.

[1] Participan en este monográfico: Albert Díaz-Guilera, del Departament de Física Fonamental de la Universitat de Barcelona <www.ffn.ub.es/albert>; Alex Arenas, del Departament dEnginyeria Informàtica i Matemàtiques de la Universitat Rovira i Virgili <<aarenas@etse.urv.es>>; Roger Guimerá, del Department of Chemical Engineering de la Northwestern University <amaral.northwestern.edu/roger style='font-size:9.0pt; font-family:Arial;'>>; José Luis Molina, de la Divisió dAntropologia Social y Cultural de la Universitat Autònoma de Barcelona <jose Luis.molina@uab.es>; Ferrán Casas, del Departamento de Psicología de la Universitat de Girona y Director del Instituto de Investigaciones sobre Calidad de Vida (IRQV) <ferran.casas@udg.es>; y Carlos Lozares, del Departament de Sociologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, y miembro del QUIT, Centre Especial de Recerca sobre la Vida Quotidiana i el Treball <carlos.lozares@uab.es>.

[2] Formalmente el diámetro de un grafo se define como la longitud de su geodésico más largo, siendo un geodésico el camino más corto posible entre dos nodos.

[3] La expresión que no aparece sino unas décadas más tarde a Milgram. Incluso los efectos del MP habían sido estudiados antes del trabajo de Milgram, en 1929 por el húngaro Karinthy (1929) y por los matemáticos Pool y Kochen (1978) cuyo trabajo tuvo gran circulación sin publicación antes de la de Milgram (ver Newman M.E.J., 2003).

