

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 bús-

queda 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 mojonos (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 Correvidiles 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 si-

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).

multánea 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 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, $DMG = [\sum_{i,j} d_{ij}] / [n(n+1)/2]$, 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 $DMG^{-1} = [\sum_{ij} d_{ij}^{-1}] / [n(n+1)/2]$. 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 $P(k_i) \gg k_i^{-\gamma}$ 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 reescalación 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 ‘ γ ’ 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 ‘latices’ 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 latices 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 latices. 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 desidada 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 las 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 leticce) 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 dendrogama 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 $P(k_i) = k_i / S_j(k_j)$. 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 sorpresivo y chocante con una frase-eslogan que condensa y oculta la verdadera explicación, bien al contrario, la búsqueda de los modelos es un verdadero trabajo de desocultación y ‘desvelo’ 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., Nédá 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 Rashevsky's 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 Networks. *Complexity*. V 8, nº 2, pg. 24.
- ERDŐS, P. & Rényi A. (1959). On random graph. *Publicationes Mathematicae*. 6, 290-297.
- ERDŐS, P. & Rényi A. (1960). The evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*. 5, 17-61.
- ERDŐS, P. & Rényi A. (1961). On the strength of connectedness of random graphs. *Acta Mathematica Scientia Hungaria*. 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.
- GUIMERA, R., Diaz-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*. NY: 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 prespective. *Symposium on Theory of Computing*. New York: Association of Computing Machinery, pgs 163-170.
- LAZARSELD, P.F. (ed), (1954). *Mathematical Thinking in the Social Sciences*. New York: Free Press.
- LAZARSELD, 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. 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.