

# ¿Cómo se forman los mundos pequeños? Individualismo metodológico y redes sociales<sup>1</sup>

*How are small worlds created? Methodological  
individualism and social networks*

LEONARDO RAFFO LÓPEZ<sup>2</sup>

Profesor Universidad Autónoma  
leoraff@yahoo.es

Recibido: 17.03.09  
Aprobado: 08.06.09

## Resumen

En este artículo se analiza el rol de los incentivos, de la racionalidad y de las elecciones y el conocimiento de los agentes en la formación de redes sociales y, en particular, en la emergencia de mundos pequeños. Proponiendo una definición de los mundos pequeños basada en los análisis de Duncan Watts y de Kleinberg se hace una reflexión metodológica en la que se precisa el papel del individualismo metodológico en la investigación sobre la manera como emergen los mundos pequeños. Se concluye que éste actúa como una etapa metodológica complementaria al enfoque estructural de las redes sociales, en el que se parte de las decisiones individuales para explicar la emergencia de determinados equilibrios en red.

**Palabras Clave:** Redes sociales, Mundos pequeños, Individualismo metodológico, Enfoque estructural.

## Abstract

In this paper is analysed the role of incentives, of the rationality, and of agent's choices and knowledge in the formation of social networks, i. e. of small worlds. Suggesting a definition of small worlds based in the Duncan Watts and the Kleinberg's works, here is made a methodological reflection, where the role of methodological individualism in the emergence of small worlds is clarified. The conclusion is that it acts as a methodological stage complementary to the structural approach in social networks research, in which the individual choices are the point of departure to explain the attainment of certain network equilibria.

**Keywords:** Social networks, Small worlds, Methodological individualism, Structural approach.

JEL Classification: D85, D79, B41.

- 1 Este artículo se inspiró en las discusiones realizadas con Boris Salazar en el seminario "Teoría de Grafos y de Redes Sociales", llevado a cabo durante el primer semestre del 2006 en la Maestría en Economía Aplicada de la Universidad del Valle. Es fruto de una investigación sobre Metodología de la Economía y Redes Sociales que he venido desarrollando bajo el apoyo del grupo de Conflicto, Aprendizaje y Teoría de Juegos de la Universidad del Valle. Agradezco los comentarios hechos por Boris Salazar, Pilar Castillo y los demás miembros del grupo de Conflicto, Aprendizaje y Teoría de Juegos de la Universidad del Valle, sin los cuales no habría sido posible culminar este artículo y descubrir las verdaderas perspectivas futuras de esta investigación.
- 2 Miembro del grupo de investigación de Conflicto, Aprendizaje y Teoría de Juegos de la Universidad del Valle y del grupo de investigación de Crecimiento y Desarrollo Económico de la Universidad del Valle, miembro del grupo GIED de la Universidad Autónoma de Occidente.

## 1. Introducción

La idea de los *mundos pequeños* de Milgram y Watts es sugestiva y revolucionaria. Sugestiva, porque no deja de ser sorprendente imaginar al mundo como un lugar “pequeño”: una pequeña aldea en el universo en la que todos sus habitantes pueden llegar a conocerse entre sí con unos cuantos apretones de manos. Y esto no es tan ingenuo como parece a primera vista, porque ese sólo descubrimiento representa un cambio vital en la manera como se puede concebir al mundo, esto es, una forma diferente de entender el problema filosófico fundamental de la cosmología. De hecho, el fenómeno de los mundos pequeños no es una mera curiosidad de las redes sociales, ni un artefacto de un modelo idealizado —es probablemente un fenómeno genérico en muchas redes grandes y poco densas de la naturaleza— (Watts y Strogatz 1998, 40). Pero la idea de mundos pequeños también es revolucionaria, porque ofrece argumentos para pensar que en la definición y el análisis de las *estructuras sociales* subyacentes a los procesos socioeconómicos que se tejen en cualquier sociedad son fundamentales las ciencias sociales.

Los estudios experimentales realizados, incluyendo no sólo el famoso experimento de Travers and Milgram (1969) sino también los trabajos posteriores de Kochen (1989) y Dodds, Muhamad y Watts (2003), e incluso los cálculos realizados por Pool y Kochen en la primera formulación e investigación matemática del problema del mundo pequeño han revelado que un individuo está conectado con cualquier otro a través de una cadena corta de vínculos sociales no menor de tres ni mayor de doce. En particular, Travers y Milgram (1969) encontraron que la longitud promedio de las cadenas de vínculos requeridas para comunicar a cualesquiera dos individuos es de alrededor de seis. Pero, ¿qué tan cierto es todo esto? ¿Qué dice la teoría de los grafos y de las redes sociales al respecto? Y lo que es más importante: ¿Cómo se forman los mundos pequeños? Los resultados del primer experimento a gran escala de *mundos pequeños* llevado a cabo por Dodds, Muhamad y Watts, publicados en el número 301 de *Science* y el comentario en torno a éstos de Granovetter, publicado en ese mismo número, pueden dar algunas pautas sobre las preguntas de investigación que se deberían formular alrededor del fenómeno de los mundos pequeños, y en ese sentido inspiran las siguientes líneas.

En este trabajo evaluamos el rol que juega el individualismo metodológico en el análisis de las redes sociales. A partir de una definición del fenómeno de los mundos pequeños basada en Watts (1999) y Kleinberg (1999) proponemos que el individualismo metodológico puede aplicarse como una etapa metodológica del análisis de las redes sociales en la que se analiza la formación de los equilibrios a partir de las decisiones individuales. Llamando a esta *etapa de formación*, argumentamos que debe complementarse con otra etapa metodológica en la que se analizan las decisiones individuales de los agentes a partir de la incidencia de la estructura de red dada exógenamente. A esta última la denominamos *etapa estructural*, y corresponde a la aplicación del enfoque estructural moderno para las ciencias sociales propuesto por Mark Granovetter (1985).

Desde esta perspectiva metodológica sugerimos que la aplicación del individualismo metodológico a la teoría de las redes sociales posee varias particularidades. En cuanto a la aplicación del principio de racionalidad pueden detectarse tres diferencias

con respecto a su aplicación en la teoría de juegos convencional: en primer lugar, los espacios de estrategias así como los niveles de complejidad de las estrategias tienden a ser mayores. En segundo lugar, tanto los espacios de estrategias como los pagos, y por ende las elecciones individuales, son altamente sensibles a los cambios en la estructura de red. En tercer lugar, la presencia de vínculos indirectos activa una serie de externalidades que deben ser tenidas en cuenta en el análisis. Por estas especificidades, en la práctica los agentes en redes prefieren actuar como si tuvieran racionalidad acotada e imponen unos límites superiores a la información y conocimiento utilizados, probablemente por debajo de sus niveles óptimos, y aún así las tasas de transmisión de la información pueden ser tan altas como para que emerjan “mundos pequeños”.

Además, las transformaciones endógenas de las redes llevan a que con frecuencia se presenten simultáneamente cambios múltiples en los vínculos. Por esto, la *condición de estabilidad por pares* no es una condición suficiente para la existencia de equilibrios estables en redes, sino tan sólo una condición necesaria. De hecho, la presencia constante de estos procesos endógenos de cambio hace que el concepto de eficiencia en el sentido de Pareto tampoco sea tan importante en este campo como en la economía ortodoxa.

Las siguientes líneas se organizan así: En la segunda sección se detectan los puntos decisivos de la crítica de Granovetter al experimento de Watts. En la tercera se expone una evaluación de aquella crítica y se plantean las que parecen ser las preguntas de investigación a pensar en lo que sigue. Posteriormente se presenta una caracterización de las interconexiones de mundos pequeños a partir de los modelos probabilísticos computables existentes. Luego se exponen los fundamentos del llamado *análisis estructural* y se hace un primer análisis de posibles explicaciones alternativas de la emergencia de mundos pequeños y de determinadas estructuras de red a partir de los incentivos, la racionalidad, las elecciones y el conocimiento de los agentes, intentando precisar el papel que puede jugar el individualismo metodológico como enfoque epistemológico. Finalmente se plantean las conclusiones.

## 2. La crítica de Granovetter

En su famoso experimento Dodds *et al.* convocaron a un total de 61,168 individuos de 166 países para que ayudaran a transmitir un mensaje a un objetivo específico asignado de un total de 18 personas-objetivo de 13 países, definidas de antemano. De un total de 98,847 individuos registrados inicialmente en línea, únicamente alrededor del 25% proporcionó información personal e inició cadenas de mensajes. Sin embargo, luego del primer paso de las cadenas, la tasa de participación pasó a ser del 37%. Cada participante debía pasar el mensaje a un conocido a quien se le considerara más cercano que ellos mismos al objetivo. Más de la mitad de los participantes residía en Norteamérica y era de clase media, profesional y de religión cristiana, reflejando estándares de la población usuaria de Internet.

Algunos resultados sobresalientes fueron los siguientes:

(a) Al pasar los mensajes, los emisarios usaron típicamente relaciones de amistad más que vínculos de negocios o familiares, aunque al menos la mitad de esas relaciones de amistad fueron formadas a través del trabajo o de filiaciones escolares.

(b) Las cadenas exitosas, en comparación con las cadenas incompletas, involucraron en mayor proporción vínculos profesionales (33.9 % contra 13.2%) que relaciones de amistad y de familia (59.8% contra 83.4%). Las cadenas exitosas fueron más proclives a establecer vínculos originados a través de trabajo o educación superior (65.1% contra 39.6%).

(c) Al menos la mitad de los emisarios dio dos razones para considerar buen receptor a un conocido: la proximidad geográfica y la similitud de ocupación con el objetivo. La geografía se consideró la razón más importante durante las tres primeras etapas de las cadenas –cuando las distancias geográficas de los emisarios con respecto a los objetivos eran grandes–. A partir de la cuarta etapa fueron citadas otras características, de las cuales la más frecuente fue la ocupación.

A partir de sus resultados, Dodds, Muhamad y Watts son enfáticos al afirmar que la búsqueda social parece ser un ejercicio igualitario, mas no uno cuyo éxito dependa de una minoría de individuos excepcionales. “Participants relatively rarely nominated an acquaintance primarily because he or she had many friends, and individuals in successful chains were far less likely than those in incomplete chain to send messages to hubs (1.6% contra 8.2%).” (Dodds, Muhamad y Watts 2003, 828). Por lo tanto, desde el punto de vista de Dodds *et al.*, los *hubs* no parecen ser esenciales en la constitución de las redes experimentales. Si el experimento es confiable, tampoco lo serían en la constitución de las redes sociales y económicas.

Por otra parte, ellos afirman que sus hallazgos apoyan la llamada hipótesis de *falla aleatoria*, que plantea que los casos de cadenas incompletas –esto es, los casos de deserción en la búsqueda– se presentan aleatoriamente, ya sea por apatía o falta de incentivos de los individuos para seguir participando, por haber perdido el rumbo, o simplemente por tener una baja propensión a continuar al estar relativamente lejos del objetivo. Se deduce que el éxito o fracaso de los procesos de búsqueda social es altamente sensible a los incentivos que tienen los individuos para alcanzar sus objetivos. Y tal sensibilidad sería proporcional a la “distancia” entre los individuos y sus objetivos.

Our results suggest that if individuals searching for remote targets do not have sufficient incentives to proceed, the small-world hypothesis will not appear to hold, but even a slight increase incentives can render social researches successful under broad conditions (*Ibid.* 828-829).

Con base en lo anterior, los autores concluyen que la estructura de red empíricamente observada sólo puede ser interpretada significativamente a la luz del comportamiento individual de los agentes sociales incrustados en la red, tal como se expresa por sus creencias, estrategias y acciones. *Esta conclusión sugiere que el estudio de las redes sociales debe ser complementado con el análisis del comportamiento de los individuos participantes y sus interacciones.* Esto no implica que la conducta individual explique más que la estructura, pero sí que ambos enfoques son complementarios e insuficientes por separado.

Esta es la base para la hipótesis que planteamos en este artículo. Las preguntas que surgen de inmediato, y que serán discutidas luego, son: ¿Cómo

debe aplicarse en este caso el individualismo metodológico como complemento metodológico del análisis estructural de las redes? ¿Qué tipo de racionalidad tendrían los participantes en una red social?

El eje argumentativo del comentario crítico de Granovetter es que la idea de *mundos pequeños* pierde vigor si no se hace un análisis del nivel de conocimiento que tienen los individuos sobre sus propias redes sociales. El carácter asombroso del fenómeno de los *mundos pequeños* —empezando por el nombre que se le da al fenómeno y en especial por la cualidad de *pequeñez* de los “mundos”— podría ser precisamente una medida de la ignorancia de los agentes con respecto a sus propias redes sociales, y si se lleva hasta sus últimas consecuencias, también podría estar develando el poco avance que las ciencias sociales han logrado hasta ahora en la comprensión de las estructuras sociales y los espacios sociales, y por ende de las dimensiones de las redes sociales. Me parece que Granovetter siembra la semilla de la discordia en este punto cuando afirma:

Thus the very name of the phenomenon alludes to surprise at and Ignorance of one's social network (Granovetter 2003, 773).

Para Granovetter, los descubrimientos de Dodds *et al.* pierden valor cuando se pone en evidencia que no resuelven la cuestión de *cuánto conoce realmente la gente sobre sus propias redes*, ni la de *por qué esto puede ser importante*. Aquí habría un vacío teórico en su artículo: analíticamente sería imprescindible estimar el nivel de conocimiento de la red que tienen los individuos que participan en ella, ya que el fenómeno de los *mundos pequeños* no sería del todo evidente o, como más, su percepción sería difusa si a pesar de obtenerse un bajo número promedio de vínculos requeridos para llegar al objetivo los participantes no conocen suficientemente sus propias redes. El nivel y tipo de conocimiento que los individuos poseen sobre sus redes estarían ligados a una serie de determinantes no aleatorios que juegan un papel importante en su elección —y más exactamente, en su decisión de elegir los caminos mínimos para alcanzar sus objetivos—. En efecto, en muchos contextos socio-históricos existen diversas limitaciones de conocimiento y de tiempo que hacen que “la red” sea no aleatoria y pequeña (*Ibid.* 773). Esto, además, estaría cuestionando la utilidad del tipo de experimentos en redes desarrollados por Dodds *et al.* ¿Son relevantes sus condiciones experimentales? ¿Simulan el tipo de situaciones más frecuentes en la vida real?

Dada la alta probabilidad de poseer altos niveles de ignorancia sobre la red, pocos llegan a conocer la forma más eficiente de completar la cadena. Por eso, las longitudes de las cadenas observadas serían solamente una cota superior de los mínimos reales. Debe esperarse que los participantes utilicen estrategias a partir de la información limitada que se les ofrece para alcanzar sus objetivos. Pero, según Granovetter, el hecho de que en el experimento de Dodds *et al.* los participantes hayan escogido canalizar el mensaje a través de contactos en función de su ubicación geográfica y de su ocupación no quiere decir que en las redes reales se asignen los nodos de acuerdo con esas *categorías de identidad específicas*, porque cada red concreta permite a sus participantes disponer de un determinado tipo de información. De ser así, los

*hubs*<sup>3</sup> serían más importantes que lo que suponen Dodds *et al.*, puesto que la *identidad por categorías* podría estar reflejando la existencia de *hubs* o de una manera particular de ponderar los nodos. De hecho, la conclusión de que los *hubs* son menos relevantes que lo que ha sido sugerido por autores como Barabási se basaría –según Granovetter– en la manera inexacta como se identificó a los *hubs* en el estudio. Se supuso que estos eran captados por la propensión de los participantes a enviar mensajes a amigos. Es probable que las elecciones en redes reales se lleven a cabo por individuos con un mayor número promedio de vínculos, pues tales individuos no son elegidos aleatoriamente sino por tener mayores probabilidades de ser elegidos en las relaciones de red. Por consiguiente, puede estar subestimándose el número de *hubs* existentes en las redes sociales. Se concluye, entonces, según la crítica de Granovetter, que es necesario diseñar y realizar nuevos experimentos que logren simular diferentes tipos de situaciones socio-históricas para obtener más y mejor evidencia del *fenómeno de mundos pequeños*. En particular, el experimento de Dodds *et al.* no era el más apropiado para detectar *hubs* y su papel en las búsquedas.

### 3. ¿Es válida la crítica de Granovetter?

En general la crítica de Granovetter es válida. El experimento de Dodds *et al.* no es suficiente para comprender la manera como las personas eligen sus vínculos sociales para alcanzar sus fines en la compleja realidad. No sólo sería necesario diseñar nuevos y más precisos experimentos que intenten superar las limitaciones del experimento original para captar el tipo de vínculos utilizados en los procesos de búsqueda –por ejemplo, para detectar cuándo se trata de vínculos débiles o de vínculos fuertes–, sino que sería indispensable inspeccionar en redes reales no controladas cómo actúan los networkers en diferentes circunstancias socio-históricas. Las últimas palabras de su comentario son incisivas al respecto: *As in other branches of science, progress in understanding requires that tightly controlled experiment and real-world complexity regularly and systematically inform one another* (*Ibid.* 774). De la misma manera, se requiere plantear nuevas preguntas de investigación teórica sobre los mundos pequeños para comprender su origen y su funcionamiento.

Granovetter dio luces al respecto: debe investigarse sobre el conocimiento que tiene la gente de sus propias redes sociales y sobre la importancia que esto comporta. Pero proponemos que estas preguntas sean complementadas con otras tres preguntas iniciales, sin las cuales este nuevo camino de investigación correría el riesgo de encauzarse apresuradamente hacia unos objetivos demasiado específicos y complejos, sin haber examinado primero las pistas más generales y evidentes; en este caso, sin haber examinado las claves teóricas de los mundos pequeños como fenómenos de las redes sociales. Una primera pregunta a responder es: *¿De qué manera están interconectados los agentes en redes de mundos pequeños?* Para responder a esta pregunta debe darse primero una definición del fenómeno mismo en el seno de teoría de los grafos y de las

---

3 Un hub se define como un nodo con muchos otros vínculos a otros nodos.

redes sociales. La siguiente pregunta sería: ¿Cómo se forman los mundos pequeños? Y de aquí se deriva una última pregunta inicial: ¿Por qué se forman redes con las características de mundos pequeños? Creo que para responder las últimas dos preguntas es crucial el concepto de eficiencia en redes. Si la eficiencia se entiende en este caso como *la utilización de las trayectorias más cortas* para alcanzar unos determinados fines en redes, entonces es un hecho que los incentivos para la realización de búsquedas eficientes en la red potencial son relevantes. Beneficios y costos de oportunidad de los agentes serían decisivos en la toma de decisiones a nivel micro. De ahí que el análisis estructural proporcionado por el estudio de la *arquitectura de las redes* o, en palabras de Jackson y Rogers (2004), de modelos “mecánicos” (en los que se especifica un proceso particular de formación de vínculos pero no hay explicación de por qué las redes pueden formarse de acuerdo con tales procesos) debe ser complementado con un análisis de la economía de las redes, más exactamente de la economía de los mundos pequeños. Esto sugiere una aplicación sistemática del individualismo metodológico. Pero, ¿cómo? Granovetter no parece ser mucho más propositivo que Dodds *et al.* al respecto, por lo que, en definitiva, su crítica parece no proporcionar muchas más luces sobre lo que los otros *dejan servido en bandeja de plata* en su informe de investigación. ¿Será que la crítica de Granovetter a Dodds *et al.* es “justa”? Una respuesta afirmativa implicaría que Dodds *et al.* no hubiesen sido conscientes de los límites de sus hallazgos empíricos como instrumento metodológico para acercarse a la verdad. Pero nos parece que esto no es cierto. Porque ellos hacen énfasis al final de su informe en la necesidad de considerar *las acciones, estrategias y percepciones de los individuos para interpretar significativamente la estructura de red empíricamente observada.*

More generally, the experimental approach adopted here suggests that empirically observed network structure can only meaningfully interpreted in light of the actions, strategies, and even perceptions of the individual embedded in the network: Network structure alone is not everything (Dodd, Muhamad y Watts 2003, 829).

Creo que aquí ya está implícito el problema de cómo se forman y cómo funcionan las redes de mundos pequeños e, incluso, el problema del *conocimiento que la gente tiene de sus propias redes y de por qué esto importa.*

## 4. ¿Cómo funcionan las interacciones en redes de mundos pequeños?

### 4.1 Interconexiones de mundos pequeños

El punto de partida es la definición misma de los mundos pequeños. Tal como afirma Watts (1999), refiriéndose al fenómeno empírico detectado, los mundos pequeños corresponden a una situación en la que dos personas elegidas aleatoriamente de la población mundial “están conectadas” a través de una cadena de pocos contactos (entre cuatro y siete). Pero más allá de su expresión fenoménica, los mundos



pequeños, como problemática teórica, aluden en principio, a estructuras sociales expresadas a través de grafos no dirigidos y no ponderados en las que las distancias sociales mínimas—definidas como distancias geodésicas, más exactamente, como las trayectorias mínimas o los caminos más cortos— entre cualesquiera dos individuos (nodos) no llegan a más de siete vínculos. Esto implica que la longitud de trayectoria característica ( $L$ ) de un grafo de mundos pequeños, definida como la mediana de las medias de las longitudes de trayectorias más cortas que conectan cada vértice  $v$  perteneciente al conjunto de vértices  $V(G)$  con todos los otros vértices, oscila alrededor de seis. Simbólicamente,  $L = \text{mediana}\{d\bar{v}\} \approx 6$ , donde cada  $d\bar{v}$  corresponde a la media de  $d(v, j) \forall j \in V(G)$ .

Este resultado ha tenido dos interpretaciones basadas en modelos probabilísticos computables que explican la mecánica de los mundos pequeños. La primera, data del análisis de Pool y Kochen que precede el famoso experimento de Milgram: *La explicación de los mundos pequeños se basa en los diámetros pequeños que poseen las redes aleatorias*. Si todos los individuos de una red tuvieran un número pequeño de conocidos seleccionados uniformemente de forma aleatoria de una población, y si los vínculos fuesen simétricos, entonces dos individuos seleccionados aleatoriamente estarían vinculados por una cadena corta de conocidos con una alta probabilidad (Kleinberg 1999). ¿Qué explicaría desde ésta perspectiva la emergencia de mundos pequeños? Dos factores son cruciales aquí: por una parte la incidencia de vínculos débiles y de puentes en el sentido de Granovetter (1973). Los *vínculos débiles* expanden más las redes que los *vínculos fuertes*, disminuyendo con ello los sesgos de *cerradura triádica*, y, además, mantienen bajas densidades de red. Cuanto menos triangulares sean las células geométricas de las redes, en especial aquellas que interconectan las diferentes  $k$ -ésimas vecindades de los nodos, mayor sería su expansión. Y cuanto menor número de vínculos se tenga por nodo, menor es su densidad, por lo que más rápida es la comunicación entre subgrafos diferentes. De ahí que los mundos pequeños se asocien a altos *coeficientes de clustering* entre nodos cercanos (a nivel local), aunque no suceda lo mismo para toda la red<sup>4</sup>. Los *puentes*,<sup>5</sup> en especial, proporcionan *atajos* y conexiones excepcionales entre localidades distantes. El otro factor es la uniformidad de las redes; su estructura local debe reflejar su estructura global. Esta es una característica inherente a redes completamente aleatorias o a redes completamente ordenadas, como rejillas.

La otra interpretación ha sido propuesta recientemente por Kleinberg (1999) con base en el modelo de Watts y Strogatz (1998), cuyo rasgo distintivo es la división de los vínculos entre los contactos de “corto alcance” y los de “largo alcance” en el

4 Una baja densidad de red dictamina que hay pocas aristas por nodo, lo cual implica que el número de vínculos  $M$  es mucho menor que el número máximo de vínculos,  $\binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$ ; esto es,  $m \ll \frac{n(n-1)}{2}$ , donde  $n$  es el número de nodos. Ahora, como el grado medio de un grafo  $G$  se define en el caso de grafos no dirigidos como  $\frac{M}{n} = \kappa$  (por el teorema de los apretones de manos), se infiere que  $\kappa \ll n$ . Un coeficiente de clustering local indica cuántos de los vínculos de un agente están vinculados a otros. Formalmente, el *coeficiente de clustering local* para el nodo  $v$  se define como  $\frac{c(v) \cdot \frac{M_v}{d(v)}}{\binom{d(v)}{2}}$  en donde  $M_v$  representa el número de vínculos efectivos del nodo  $v$ , y  $\binom{d(v)}{2} = \frac{d(v)(d(v)-1)}{2}$  número máximo de vínculos que podría tener.

5 En estricto, un puente local de grado  $m$  es uno para el que  $m$  representa la longitud de trayectoria más corta aparte de la del puente mismo. (Granovetter 1973, 1365).



contexto de cierta clase de redes aleatorias. Se propone una arquitectura de red configurada a partir de dos componentes estructurales: una estructura simple y ordenada que comanda la organización de contactos de “corto alcance” –la mayor parte de los contactos–, y un proceso aleatorio que comanda la confección de los contactos de “largo alcance”, que no respeta la estructura anterior. Esta combinación estructural lleva a que las redes de mundos pequeños se caractericen por ser sistemas con altos niveles de clustering, como rejillas regulares, a pesar de poseer longitudes de trayectorias características pequeñas (Watts y Strogatz 1998). Pero, ¿cómo es posible esta combinación estructural aparentemente contradictoria? El elemento clave es que en este tipo de redes los clusters tienden a estar vinculados por personas que pertenecen al mismo tiempo a múltiples clusters, lo cual hace posible que incluso comunidades constituidas por muchos clusters separados estén conectadas y sean cohesionadas. La pertenencia simultánea a varios cluster permite a aquellas personas crear atajos entre mucha gente (Uzzi y Spiro 2005).

Desde esta segunda perspectiva, la piedra angular es que dos pares arbitrarios de extraños pueden ser capaces de encontrar cadenas cortas de conocidos que los conectan entre sí sabiendo muy poco de sus objetivos individuales, más precisamente, conociendo al menos la estructura de rejilla subyacente (esto es, el conjunto de contactos locales entre todos los nodos) y su ubicación específica sobre la rejilla. Por lo tanto deben poder hallarse con altas probabilidades los algoritmos “descentralizados” que permitan la construcción colectiva de trayectorias cortas entre dos nodos en la red. Su existencia exige que el tiempo de búsqueda de los contactos de los nodos sea limitado y que la distribución de probabilidad de la realización de contactos según sus distancias posea una cierta forma que “proporcione pistas” sobre la geografía de la red. Sorprendentemente, esto último se logra únicamente cuando la probabilidad de consumir un contacto desciende de acuerdo con una *distribución potencial inversa* (en función de la distancia de los nodos involucrados) del tipo  $f(u, v) = \frac{d(u, v)^{-r}}{\sum_v d(u, v)^{-r}}$ ,  $r$ , el parámetro estructural que pondera el efecto de la distancia, es exactamente dos.

[...] we can show a strong characterization theorem for this family of models:  $r=2$  is the *only* value for which there is a decentralized algorithm capable of producing chains whose length is a polynomial in  $\log n$  (Kleinberg 1999, 6).

Lo que explica la emergencia de mundos pequeños en este caso es, entonces, *la identificación de una serie de propiedades “geográficas” de la red por parte de los individuos, a partir de la información que ofrece la estructura local. Estas propiedades proporcionan pistas sobre las probabilidades de alcanzar los contactos lejanos, las cuales son cruciales en la configuración de una determinada “tasa de transmisión”, propia de las redes de mundos pequeños.*<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Entendiendo “tasa de transmisión” como el tiempo de salida esperado mínimo que requiere cualquier algoritmo descentralizado para operar en una red aleatoria (Kleinberg Op. Cit.).

Aunque estas dos interpretaciones dan luces sobre los mecanismos en redes que permiten la aparición de mundos pequeños, aún no ofrecen explicaciones explícitas de cómo las decisiones de búsqueda y contacto de los networkers configuran la emergencia de una determinada estructura estable. Antes de pasar a tratar estas últimas cuestiones propongo una definición de los mundos pequeños basada en la distribución de vecindades por orden de cada uno de los nodos. Ésta se encuentra implícita en las definiciones de Watts (1999) y permite definir de manera compacta los mundos pequeños del número de Bacon y de la World Wide Web de Dodds et al. Considérense las siguientes definiciones propuestas por Watts (1999):

**Definición 1:** La vecindad  $\Gamma(v)$  de un vértice  $v$  es el subgrafo que consiste en los vértices adyacentes a  $v$  sin incluir a  $v$  mismo.

**Definición 2:** La vecindad  $\Gamma(S)$  de un subgrafo conectado  $S$  es el subgrafo que consiste en todos los vértices adyacentes a cualquiera de los vértices en  $S$ .

**Definición 3:** En el caso especial en que  $S = \Gamma(v)$  se tiene que  $\Gamma(S) = \Gamma(\Gamma(v)) = \Gamma^2(v)$ . En general si  $\Gamma(\Gamma^{k-1}(v)) = \Gamma^k(v)$  entonces  $\Gamma^0(v) = \Gamma\{v\}$ , en el que  $k$  representa el orden de la vecindad.

**Definición 4:** La secuencia  $\Lambda_j(v) = \sum_{k=0}^j |\Gamma^k(v)|$  para  $0 \leq j \leq j_{max}$  es la frecuencia de distribución por vecindades de  $v$ , en el que  $\Lambda_{j_{max}}(v) = G$ .

A partir de estas cuatro definiciones puede darse una definición empírica del fenómeno de mundos pequeños.

**Definición 5 (Mundos pequeños):** Una red con vínculos no dirigidos, no ponderados, simples y esparcidos es un mundo pequeño,  $\Theta$ , si y sólo si la mediana de los órdenes medios de vecindades de todos los nodos tiende a 6. Simbólicamente

$G$  es  $\Theta \Leftrightarrow \forall v \in V(g)$  mediana  $\{\eta_v(G)\} \approx 6$ , en donde  $\eta_v(G) = \sum_{k=0}^{j_{max}} k \cdot \left[ \frac{\Gamma^k(v)}{\Lambda_j} \right]$  es el grado medio de vecindades del nodo  $v$ .

Como teóricamente no es posible conocer las frecuencias relativas de nodos por vecindades  $k$ -ésimas, sino las funciones de densidad discretas correspondientes al número de contactos (o nodos) por vecindad  $k$ -ésima para cada nodo, es posible plantear la siguiente proposición.

**Proposición 1 (Mundos pequeños):**

Una red con vínculos no dirigidos, no ponderados, simples y esparcidos, es un mundo pequeño,  $\Theta$ , si y solo si las funciones de densidad correspondientes al número de contactos por vecindad  $k$ -ésima de cada nodo se distribuye como una función inversa cuadrada. Simbólicamente,

$$G \text{ es } \Theta \Leftrightarrow \forall v \in V(g), f_v(k) \sim \text{inversa cuadrada}; \tag{1}$$

$$\text{así que } \forall v \in V(g), f_v(k) = \frac{k^{-2}}{\left[ \sum_{k=0}^{j_{max}} k^{-2} \right]}. \tag{2}$$

**Prueba:** Por el teorema 2 de Kleinberg (1999) en el caso de distribuciones inversas cuadradas existe un algoritmo descentralizado que permite hallar contactos lejanos en un tiempo limitado ■

**Corolario:**

$$G \text{ es } \Theta \Leftrightarrow \forall v \in V(g), \text{ mediana } \{E_v, [k]\} \approx 6 \quad (3)$$

con  $E_v[k]$  como el orden de vecindad esperado para el nodo  $v$ .

A partir de estas precisiones puede darse una definición teórica del número de Bacon y de los mundos pequeños en Web de Dodds *et. al.* El número de Bacon correspondería simplemente a la esperanza matemática del orden de vecindades de un solo nodo: Kevin ( $Kv$ ). Esto es,  $E_{kv}[k]$ . Se trata del tipo del mundo pequeño más simple; un mundo pequeño monocéntrico. Los “7 grados de separación” de los mundos pequeños de Dodds *et. al.* corresponderían a la mediana de las esperanzas matemáticas del orden de vecindades de los objetivos de búsqueda, es decir, sería un mundo pequeño multicéntrico, donde los centros son los objetivos. Simbólicamente, vendría dado por mediana  $\{E_v, [k]\}$  con cada  $v$  representando un objetivo de búsqueda.

**4.2 ¿Cómo se forman los mundos pequeños? Los incentivos y las decisiones de los agentes**

En un artículo que podría estar señalando nuevos caminos de investigación en mundos pequeños, Jackson y Rogers (2004) se preguntan: ¿Por qué las redes se forman de acuerdo con los procesos que permiten la emergencia de mundos pequeños? Su respuesta implica la búsqueda de razonamientos de carácter económico que eluciden la manera como emergen y como funcionan las estructuras de red de mundos pequeños. Esto por supuesto apunta a que es necesario construir modelos basados en la heurística de la teoría económica contemporánea para entender los mundos pequeños. Las implicaciones metodológicas son claras: el análisis estructural de redes debería conjugarse con el individualismo metodológico para avanzar en el conocimiento de los mundos pequeños. Pero ¿es esto posible? Sería posible si a partir de las acciones individuales, con las limitaciones y condiciones impuestas por las restricciones de los agentes y los entornos institucionales, se pueden reconstruir los fenómenos macro, es decir, los hechos sociales como resultados colectivos. Pero esto no resulta ser nada trivial en este caso, porque las acciones de los individuos, sus estrategias y tanto sus creencias como su nivel de conocimiento están en buena medida determinados por la misma estructura de red. De hecho, tanto las dotaciones de recursos como las preferencias y la tecnología de un agente en red dependen de la arquitectura de la red y de su ubicación en ésta. Esto haría mucho más complejo el análisis de cómo ha sido en la teoría económica tradicional: habría más variables endógenas y, en consecuencia, un mayor costo computacional y más fenómenos por explicar. Es más: la endogeneidad de las preferencias, de las dotaciones de recursos y de la tecnología implicaría que las instituciones, las coaliciones y demás factores de carácter colectivo juegan un rol explicativo fundamental en el análisis, y esto determina una contraposición al individualismo metodológico, o al menos, a la manera como éste se ha aplicado tradicionalmente en la economía. *Porque el individualismo metodológico difiere de otros tipos de explicación de los fenómenos sociales precisamente en lo que postula como*

variables exógenas. En economía (usualmente) las variables exógenas son las preferencias individuales (conjuntamente con las dotaciones y la tecnología), mientras que los “hechos sociales” –como el nivel de precios y la existencia de entidades colectivas como mercados, organizaciones, uniones comerciales, o partidos políticos, por nombrar algunos pocos– tienen que ser explicados con referencia a las acciones individuales inducidas por tales preferencias. El hecho de que tales instituciones sean en sí mismas explicadas con referencia a las acciones individuales no significa que las instituciones no jueguen un papel en la toma de decisiones individuales. Sin embargo, su rol explicativo es más bien limitado, en el sentido de que únicamente representan restricciones sobre las decisiones individuales (Bicciari 1993, 9).<sup>7</sup> Por lo tanto en la teoría de redes sociales no puede trabajarse exclusivamente desde la perspectiva del individualismo metodológico a la usanza de la teoría económica ortodoxa. La aplicación de este enfoque sería viable únicamente como un complemento al *análisis estructural* de las redes sociales. De hecho, debería concebirse como una *etapa metodológica* de cualquier investigación en redes sociales circunscrita al estudio de la conformación, equilibrio, y estabilidad de las redes, es decir, como una fase analítica (del estudio de los diferentes procesos sociales en redes) dedicada al estudio de redes endógenas. Con esto queremos proponer que las investigaciones en redes sociales sugieren la aplicación de dos etapas metodológicas diferentes: Una etapa en la que se analizan las características e implicaciones de los procesos sociales de interés a partir de una estructura de red dada *exógenamente*. Podría denominársele a ésta, *etapa estructural*. Y otra etapa en la que el objetivo es comprender el proceso de formación de la red a partir de las decisiones individuales. Llámese a ésta, *etapa de formación*.<sup>8</sup> En la primera no se estaría aplicando el *individualismo metodológico* sino el *análisis estructural de redes sociales*; las variables exógenas serían todos aquellos hechos sociales, decisiones colectivas o instituciones que configuran la estructura de la red; las variables endógenas serían las preferencias, las dotaciones de recursos y la tecnología de los agentes en red. En la segunda etapa el primer conjunto de variables pasa a ser endógeno y el segundo pasa a ser exógeno, tal como se hace en las aplicaciones tradicionales del individualismo metodológico en economía; en este caso, las decisiones individuales generan determinadas estructuras de red de forma espontánea. Esto tiene una connotación interesante: el estudio de la emergencia, equilibrio y estabilidad de redes sociales endógenas y, para ser más precisos, los modelos de *redes endógenas* podrían considerarse como un conjunto de modelos que contiene buena parte de los modelos tradicionales de la teoría económica, ya que el resultado de su estudio es la comprensión de una serie de *equilibrios sociales o estados de coordinación* que se pueden expresar en una determinada estructura de red. Este conjunto de ideas parece ser consecuente con las ideas de Dodds *et al* y de Granovetter discutidas en las primeras secciones de este escrito.

7 Las cursivas y la traducción son propias.

8 Popper propuso en la *Miseria de historicismo* complementar la lógica situacional tradicional basada en el individualismo metodológico con una suerte de análisis de los movimientos sociales, que podría tener puntos en común con la que he llamado etapa estructural. Sin embargo, él aduce que éste análisis debería también emprenderse desde el individualismo metodológico.

## El análisis estructural en redes sociales

El enfoque estructural moderno en el estudio de las ciencias sociales responde a una pregunta planteada años atrás por Mark Granovetter, la cual desde luego ya había sido formulada con otros matices siglos atrás por los economistas clásicos y algunos sociólogos estructurales: ¿Cómo son afectados el comportamiento y las instituciones por las relaciones sociales? Su hipótesis implica que los actores sociales no se comportan como átomos por fuera del contexto social, ni que se adhieren servilmente a un código escrito para ellos por la intersección de ciertas categorías sociales (Granovetter 1985), por lo que un análisis fructífero de la acción humana –según Granovetter– requiere obviar la atomización implícita en los extremos teóricos de las llamadas concepciones subsocializadas y las concepciones sobresocializadas en las ciencias sociales. Las primeras hacen referencia a aquellas en las que se opera bajo una concepción subsocializada de la acción humana, en la que se deja de lado por hipótesis cualquier impacto de la estructura social y las relaciones sociales sobre la producción, la distribución y el consumo. Este es el caso de toda la tradición utilitarista, en la que el comportamiento individual racional se afecta mínimamente por las relaciones sociales. Por otro lado, las concepciones sobresocializadas, en las que se supone que el comportamiento individual está “encajado” o “incrustado” en un orden social. Desde el punto de vista de sociólogos, antropólogos, politólogos e historiadores estructuralistas como Polanyi, Tompson y Scott se ha sostenido que el comportamiento de los individuos ha estado “encajado” en mayor medida en las sociedades precomerciales que en las sociedades modernas. En cambio, desde las concepciones subsocializadas se ha argumentado que el nivel de “encaje” en las sociedades tempranas no era sustancialmente mayor al bajo nivel que poseen las sociedades actualmente. Granovetter aduce en su hipótesis que el nivel de “encaje” del comportamiento en las sociedades precomerciales es menor que el que le imputan los sustantivistas y ha cambiado menos de lo que ellos creen, pero se encuentra a una dimensión mucho más importante que la reconocida por los formalistas y los economistas (clásicos y neoclásicos), tanto para las sociedades precomerciales como para las actuales.

En el estudio de las redes sociales el enfoque estructural parte de una estructura de red definida exógenamente para hacer inferencias sobre las elecciones individuales examinando las transacciones sociales que se desenvuelven allí. La conjunción de las diferentes transacciones sociales configura la incidencia de una serie de procesos sociales que determinan las condiciones específicas en que se realizan las decisiones individuales de los agentes en red: las preferencias, las dotaciones de recursos y la tecnología son el resultado endógeno del funcionamiento del sistema.

¿Cómo se opera mediante este enfoque? La clave metodológica es el análisis de los vínculos mas no de las esencias en los procesos sociales. Se trata de construir modelos relacionales de vida social que permitan descubrir las dinámicas estructurales que subyacen a los fenómenos sociales, para así entender el comportamiento de los agentes. ¿A partir de qué se desenvuelve este tipo de análisis?, y ¿cómo?

El punto de partida es el examen de los intercambios y las transacciones sociales, y no de los individuos, ni de la aprehensión de las “leyes sociales” que supuestamente determinarían las dinámicas sociales. De ahí que este enfoque se contrapona al

individualismo metodológico, al individualismo fenomenológico y a los holismos –incluyendo la teoría de sistemas– (Tilly, 2000). Por lo tanto es fundamental aquí el estudio sistemático de los vínculos sociales a través de la teoría de grafos. Siguiendo a Tilly, cabe señalar que este enfoque comporta tres implicaciones pertinentes. 1) Las categorías (sociales) se tratan como invenciones sociales que solucionan problemas y/o subproductos de la interacción social, las cuales no son importantes *per se* sino como resultado concreto de unas determinadas interrelaciones sociales. 2) La significación de la cultura en la vida social es de gran importancia. La cultura se entrelaza incesantemente con las relaciones sociales, cultura y estructura son simplemente dos abstracciones convenientes de la misma corriente de transacciones (*Ibid.*). Y 3) Los fenómenos sociales son multidimensionales, muchas redes y pares categoriales se pueden superponer entre sí.

Este tercer aspecto es particularmente importante en la estructura de las redes de mundos pequeños, porque la participación de agentes (nodos) en varios clusters a la vez es esencial en la creación de atajos y de vínculos de largo alcance entre nodos distantes.

Por otra parte, las instituciones también juegan un papel clave desde esta perspectiva. Como restricciones humanas proyectadas que estructuran la interacción política, económica y social, permiten comprender las interacciones entre los fenómenos microsociales y los fenómenos macrosociales, así como las incrustaciones sociales de los primeros. Éstas crean orden y reducen la incertidumbre en el intercambio y proporcionan la estructura de incentivos que requiere la economía y, por ello, moldean la dirección del cambio económico (hacia el crecimiento, el estancamiento o el declive) (North, 1991).

### **El Individualismo Metodológico en la etapa de formación**

Teniendo en cuenta lo anterior, nos concentraremos ahora en lo que hemos llamado *etapa de formación*. La pregunta que surge es: Teniendo en cuenta el argumento anterior, ¿cómo debe aplicarse el individualismo metodológico en los modelos de redes endógenas? Más exactamente, ¿cómo debe aplicarse en el estudio de la formación de mundos pequeños? Para ello debería construirse, como lo sugiere Bicchieri (1993), un argumento desde la racionalidad y otro desde el equilibrio.

La construcción del argumento desde la racionalidad tiene como punto de partida la especificación del tipo de racionalidad que poseen los agentes en redes endógenas y el nivel de conocimiento de sus propias redes que utilizan para poder lograr la coordinación social. Al respecto, es claro que la existencia de interacción estratégica en los entornos de redes exige que los agentes no sólo tengan *racionalidad práctica* –es decir, que haya una coherencia entre sus deseos, creencias y acciones–, sino que tengan *racionalidad epistémica*, de modo que sus creencias sobre las acciones de los demás y sobre las creencias de los demás sean consistentes entre sí. De manera que sus propias creencias circulares generalmente se autoconfirman. Supóngase que se tienen dos agentes *i* y *j* en una determinada vecindad de su red social. Si *i* cree que *j* cree que él elegirá una determinada estrategia –digamos, establecer un determinado vínculo directo–, entonces, si *i* tiene *racionalidad epistémica*, debe elegir aquella estrategia que



crea que *j* cree que él elegirá –por ejemplo, que él elija un vínculo directo con un tercer miembro *k* de su vecindad–. Pero es posible que la creencia que este agente imputa a *j* no corresponda con lo que aquel realmente espera. Así que aparte de la consistencia interna de creencias, como sucede en cualquier juego, alcanzar la coordinación social requiere algo más: exige que las creencias de todos los agentes sean mutuamente consistentes. Por lo que las conjeturas de un agente sobre lo que el otro tiende a creer deben coincidir en equilibrio con lo que este último efectivamente tiende a creer. Y lo mismo para todos los jugadores que interactúan, de modo que las creencias cruzadas de los agentes (o sea las creencias que uno tiene sobre lo que los otros hacen y creen) son correctas. Sólo de esta forma sería posible alcanzar un equilibrio al igual que en un juego tradicional; así los agentes serán capaces de *elaborar creencias racionales objetivas fuertes* en una situación de equilibrio, o en general *creencias racionales subjetivas fuertes*. Ahora, obviamente, esto sólo es posible si los agentes tienen un conocimiento de los pagos, las preferencias y las funciones de mejores respuestas de todos los jugadores, lo que exige que la racionalidad sea de *dominio público* (*common knowledge*). No obstante, el análisis de la racionalidad y del conocimiento en redes plantea una serie de especificidades y complejidades que lo diferencian del de los juegos comunes. De ahí que sea fundamental, como plantea Salazar (2006), desarrollar una teoría del conocimiento en redes sociales.

La primera diferencia entre el análisis de la racionalidad y del conocimiento en redes y el de los juegos tradicionales es un asunto de proporciones, pero no por ello deja de ser importante, especialmente en la práctica investigativa. Si las estrategias de los agentes en red corresponden a las decisiones de establecimiento de vínculos directos no sólo con sus “contactos cercanos” en sus respectivas vecindades de orden 1, sino con “contactos lejanos” en vecindades de orden superior, entonces los espacios de estrategias puras serán lo suficientemente grandes como para que el costo computacional de calcular los equilibrios de una red sea mucho más alto, en el caso de que estos efectivamente existan. Así mismo, el nivel de complejidad de las conjeturas que deben elaborar los agentes debe tender a ser mayor, incluso si existieran límites superiores para las cantidades de conocimiento de los agentes sobre sus redes, como afirma Salazar (*Ibid.*).

La segunda diferencia está relacionada con el hecho de que tanto los espacios de estrategias como los pagos y las elecciones individuales son altamente sensibles a modificaciones en la estructura de la red. La emergencia de una red puede implicar simultáneamente cambios significativos en la estructura de pagos e incluso en las preferencias de los agentes, por lo que la *consecución de un equilibrio de redes* parece ser un proceso sumamente complejo en el que no sólo pueden cambiar los deseos, las creencias, las estrategias y las acciones de los agentes sino también sus funciones de pagos, las dotaciones de recursos y sus preferencias. La interdependencia de las preferencias crea un condicionamiento mutuo entre las creencias de los agentes y sus ordenamientos de estrategias y acciones posibles, en la medida en que estas últimas son correlativas a la probabilidad subjetiva que los agentes asignan a las acciones de los demás. Por tal motivo, una teoría de la elección de vínculos directos en redes no puede limitarse a una teoría de la elección bajo riesgo, sino que debería captar la existencia

de incertidumbre y la formación de *preferencias condicionales*, al estilo de la teoría de Leonard Savage (1954). Aunque un primer paso en el planteamiento de los juegos en redes –por ejemplo, de juegos de redes en mundos pequeños– puede ser la obtención de las funciones de reacción en estrategias mixtas en redes muy sencillas a partir del planteamiento de funciones de utilidad esperada a la von Neumann-Morgenstern. Este es un punto que no tienen en cuenta Jackson y Rogers (2004) en su modelo de mundos pequeños. Las funciones de utilidad de sus agentes en redes de islas, que en realidad corresponden en estricto a funciones de pagos porque incluyen los costos de la creación de vínculos, no tienen en cuenta que los beneficios son esperados y que por ende deben ponderarse de acuerdo con la distribución de probabilidades subjetivas que los agentes asignan a las estrategias puras de los demás jugadores para cada una de sus propias estrategias puras. Esta, a nuestro parecer, es una imprecisión que de corregirse, cambiaría no sólo el contenido de la proposición 1 de su artículo, sino, en general, la forma de proceder para analizar las *consecuencias del cumplimiento de la condición de estabilidad por pares* y de la *condición de truncamiento* de los beneficios.

En tercer lugar, la incidencia de los *vínculos indirectos* produce una serie de externalidades positivas que también deben ser tenidas en cuenta en el análisis. Éstos no generan costo alguno, pero producen una corriente de utilidades que en buena medida depende también de la arquitectura de la red. Por ejemplo, considérese una red (endógena) en equilibrio en la que se cumple la *condición de estabilidad por pares*, como la de Jackson y Rogers (2004) o la que trabajan Calvó-Armengol e Yves Zenou (2004). Supóngase que el nodo *i* se enfrenta a la disyuntiva de establecer un vínculo adicional de largo alcance con otra localidad de su red hasta ahora no explorada (un vínculo *entre islas*, en la terminología de Jackson y Rogers, o *un puente*) o mantenerse conectado únicamente a su propia vecindad (o isla). Las ganancias netas que puede obtener de la conexión adicional dependerán de qué tan alto sea su *costo* en relación con la utilidad adicional derivada del nuevo vínculo directo de largo alcance, y de las utilidades derivadas de los nuevos vínculos indirectos ganados en la nueva “isla”. Estas últimas no sólo dependerán del número de nodos y vínculos existentes en la otra isla, sino también de la forma específica como los primeros están conectados; más exactamente, dependerá de la forma geométrica de las “células” de las redes de la otra isla y de la existencia de conexiones de largo alcance dentro de ella misma.

Con todo esto, las tres diferencias identificadas son claves para comprender por qué los problemas de elección y el tipo de racionalidad de jugadores en redes son particularmente especiales. *Dada la enorme cantidad de información y conocimiento que puede circular en una red y la consecuente complejidad algorítmica que esto supone a los jugadores, ellos prefieren, en buena medida, actuar “como si” tuviesen racionalidad acotada, imponiendo unos límites superiores al conocimiento y a la información obtenida, probablemente por debajo de sus niveles óptimos. Por esto, los procesos de contagio, difusión y emulación en diversas actividades sociales en redes, son tan importantes.* Ningún agente racional parece interesado, en principio, en conocer más de lo que ya conoce acerca de las redes sociales en las que vive. Si no lo está, es porque no tiene incentivos para hacerlo (Salazar, 2006). Esto, a su vez, implica que los agentes se conforman con el conocimiento que obtienen de sus vecindades más próximas o incluso de sus vecinos

directos. De hecho, hay otros dos factores que inciden en la existencia de unos límites superiores del conocimiento en redes. En primer término, el conocimiento obtenido de vínculos directos no es aleatorio, pero el que se podría obtener buscando en partes alejadas de la red sí lo es, especialmente si la red es grande y posee altos niveles de aleatoriedad. Y como, adicionalmente, no hay nada que, en principio, centralice la información —como sería en el caso en que hubiese una cantidad suficiente de *hubs*—, los agentes no tienen incentivos para adquirir conocimiento lejos de sus vecindades cercanas, dados los altos niveles de incertidumbre que enfrentan. En segundo lugar, si la red tiene una geografía claramente identificable, los agentes pueden limitarse a utilizar la información de sus vecinos directos, si saben que los vecinos de sus vecinos están haciendo lo mismo que los primeros para alcanzar unos objetivos. Aquí es clave la existencia de una correspondencia entre la vecindad y la del resto de la red. Así, pues, el conocimiento que circula en una red no está en la cabeza de nadie en particular —en ningún nodo específico—; está difundido por toda la red. En palabras de Salazar (2006), este conocimiento no es individual sino colectivo: no hay una persona que encuentre, por su cuenta, el algoritmo de búsqueda exitoso. Se infiere que la emergencia de una estructura de red específica implica a su vez la emergencia de una determinada partición del conocimiento sobre la misma entre los jugadores en red.

Lo anterior permite plantear una primera proposición sobre la aplicación del individualismo metodológico al análisis de redes sociales y de mundos pequeños.

**Proposición 2:** *Los agentes que toman decisiones en redes de mundos pequeños ponen límites a su racionalidad en la práctica al actuar como si tuvieran racionalidad acotada.*

**Prueba:** *A pesar de que la interacción en redes exige que los agentes estén dotados con fuertes requerimientos de racionalidad —en particular con racionalidad epistémica y creencias mutuamente consistentes—, los experimentos de mundos pequeños realizados han mostrado que la emergencia de mundos pequeños exige únicamente que los agentes en red utilicen información local. Kleinberg (1999) ha corroborado teóricamente que esto es posible cuando la estructura de red cumple unas propiedades geográficas particulares que permiten hacer inferencias sobre la estructura global a partir de la local. Estas se pueden expresar por las condiciones a las que se hace referencia en la Proposición 1 de este artículo, las cuales se basan en el teorema 2 de Kleinberg (1999) y en las definiciones de Watts (1999).*

Antes se dijo que para examinar la posibilidad de aplicar el individualismo metodológico en la *etapa de formación* de una red es necesario construir un argumento desde la racionalidad y otro desde el equilibrio. Ya se construyó un argumento desde la racionalidad; ahora haré lo propio desde el equilibrio. No parece fácil analizar la existencia, unicidad y estabilidad de un equilibrio en redes, y esto se debe a la alta complejidad computacional que implicaría encontrar algoritmos descentralizados que lleven a determinadas sendas de equilibrio. No obstante, el concepto de *estabilidad por pares* parece ser una herramienta útil para estudiar los equilibrios obviando las dificultades propias de la agregación en presencia de agentes heterogéneos. Planteado por primera vez por Jackson y Wolinsky (1996), y utilizado luego por Calvó-Armengol y Yves Zenou (2004), y Jackson y Rogers (2004), entre otros, este concepto puede entenderse como una condición que debería cumplirse para los grafos límites de un proceso dinámico de formación de redes. Supóngase, de hecho, que los jugadores adicionan o suprimen

vínculos miopemente para mejorar su estatus corriente, y que únicamente un vínculo es adicionado o suprimido al mismo tiempo. Cuando este proceso converge, las redes por fin alcanzan la *estabilidad por pares* (Calvó-Armengol e Yves Zenou 2004, p 951). Esta condición puede definirse de la siguiente manera:

**Definición 6 (Estabilidad por Pares):**

*Una red es estable por pares si*

- (i)  $\forall ij \in G, u_i(G) \geq u_i(G-ij) \wedge u_j(G) \geq u_j(G-ij)$
  - (ii)  $\forall ij \notin G, u_i(G+ij) > u_i(G) \Rightarrow u_j(G+ij) < u_j(G)$
- donde  $ij$  representa el vínculo marginal que está en juego.

La primera parte de la definición establece que ningún par de agentes  $i$  y  $j$  ya conectados en la red estaría mejor en ausencia del vínculo que los une. Es decir, ningún vínculo menos hace más eficiente la red, y ninguna pareja conectada tiene incentivos para romper sus vínculos. La segunda parte de la definición establece que ninguna pareja no conectada en la red existente tiene incentivos para conectarse, ya que si uno de los dos agentes comprometidos se beneficiara del posible nuevo vínculo, entonces el otro se perjudicaría. De cumplirse estas dos cláusulas se garantiza que la red ha llegado a una situación de equilibrio estable en la que *hay eficiencia en el sentido de Pareto*. Pero cabe preguntarse, ¿qué tan relevante es ésta condición? ¿Es suficiente para garantizar que existe un equilibrio estable? La importancia de la condición de *estabilidad por pares* estriba en que constituye un comodín que, cumplidas otras condiciones, garantiza *ad hoc* la existencia de un equilibrio en redes. Más exactamente se trata de una *condición necesaria*, pero no suficiente, para la existencia de al menos un equilibrio. Esto significa que no se trata de una condición fuerte: es un requerimiento débil, porque no considera la posibilidad de que se presenten múltiples cambios en los vínculos al mismo tiempo (Jackson y Rogers 2004, 4). Lo que la condición permite aseverar es que de presentarse pequeñas desviaciones del equilibrio—esto es, la supresión o adición de un solo vínculo *ceteris paribus*—la red volvería automáticamente a su equilibrio inicial. Pero no asegura que pase lo mismo en el caso de desviaciones no marginales, situaciones en las que se presentan cambios simultáneos en distintas localidades de la red, los cuales podrían ser altamente probables en el caso de redes grandes con suficiente aleatoriedad y alta complejidad algorítmica en sus flujos de información.

Así, puede plantearse la siguiente proposición:

**Proposición 3:** *La condición de estabilidad por pares corresponde a una condición necesaria, mas no suficiente, para la consecución de equilibrios estables en redes, por ejemplo, en redes de mundos pequeños.*

**Prueba:** *Aunque la estabilidad del equilibrio exige el cumplimiento de la condición de estabilidad por pares, esta condición no garantiza por sí sola que la red sea estable. Basta con probar que una red puede no ser estable y al mismo tiempo cumplirse la condición de estabilidad por pares, cuando se presentan múltiples cambios en los vínculos al mismo tiempo.*

Por otra parte, es prudente preguntarse: ¿Qué tan importante es el concepto de eficiencia en el sentido de Pareto como corolario de la condición de estabili-

dad por pares en el análisis de equilibrio y estabilidad en redes endógenas? Aquí hay dos cuestiones a tener en cuenta: la primera tiene que ver con el hecho de que por la presencia de interacciones y de sustituibilidades estratégicas entre las acciones de los diferentes agentes es muy probable que muchos de los equilibrios de juego a los que “en realidad” se llega no sean óptimos en el sentido de Pareto, a pesar de que constituyen equilibrios de juegos resolubles por dominancia, o equilibrios de Nash, o simplemente estados de coordinación social con creencias mutuamente consistentes. De modo que enfocarse en los equilibrios óptimos en el sentido de Pareto, si bien constituye un punto de partida más o menos seguro, no parece ser muy realista, y puede implicar la pérdida de una buena parte de la riqueza analítica de los estudios de redes sociales. La otra cuestión tiene que ver con la pertinencia normativa del concepto de eficiencia en “mundos grandes y complejos”, como los de las redes sociales. La existencia de interdependencia en las preferencias, en las dotaciones de recursos y la tecnología, plantea serias objeciones al diseño e implementación de la política económica teniendo como directriz al *principio de eficiencia*. De hecho, la violación de los supuestos básicos de la teoría económica tradicional (como los de preferencias, dotaciones de recursos y tecnología exógenas) pondría en duda buena parte de la teoría del bienestar tradicional. Baste con recordar a Koopmans: ¿Qué tiene de bueno la utilización eficiente de los recursos para satisfacer preferencias creadas por la propaganda y transmitidas a través del consumo competitivo y conspicuo? Si a partir de cierto estadio por encima del nivel de mera subsistencia el bienestar pasa a ser algo más relativo que absoluto, ¿no deberíamos situar los criterios de equidad en la distribución de oportunidades por encima que los de eficiencia en la asignación de los recursos? (Koopmans 1980,179).

Por último, es claro que el equilibrio en redes está íntimamente ligado al equilibrio de los agentes en términos del conocimiento que poseen sobre sus propias redes. Y si, como se dijo antes, es muy probable que existan unos límites superiores a los niveles de conocimiento que utilizan los agentes, muy seguramente por debajo de los niveles de eficiencia, entonces queda claro que no ha de haber eficiencia en la utilización de conocimiento e información. Se deduce que tampoco debe haber eficiencia en la demanda de otros flujos en red, por lo que la optimalidad en el sentido de Pareto no sería el corazón de la economía en este tipo de mundos, como señalan los ya polvorientos caminos de la ortodoxia. Así que es necesario buscar otras condiciones de equilibrio y estabilidad.

## 5. Conclusiones

El individualismo metodológico es útil en el análisis de redes sociales como una fase metodológica que actúa como un complemento del enfoque estructural. Permite comprender cómo a partir de las decisiones individuales emergen espontáneamente estructuras de red concretas como las de mundos pequeños. Su aplicación en este promisorio campo exige –como es usual– la especificación de un argumento desde la racionalidad y de un argumento desde el equilibrio.

No obstante, estas especificaciones poseen particularidades ligadas a las características de las redes como objetos de estudio complejos: en la práctica, los agentes en redes prefieren actuar como si tuvieran racionalidad acotada imponiendo unos límites superiores a la información y al conocimiento que utilizan. Además, la presencia de constantes cambios endógenos en múltiples vínculos al mismo tiempo implica que la llamada *condición de estabilidad por pares* es una condición necesaria, mas no suficiente, para la consecución de equilibrios estables en red. Por esto, el concepto de eficiencia en el sentido de Pareto no es tan relevante en el estudio de las redes sociales como en la economía tradicional. De ahí que tampoco sea tan importante en consideraciones normativas correlativas a la eficiencia en redes.

Nuestra hipótesis metodológica proporciona bases teóricas al hallazgo empírico de Dodds *et al*: los incentivos, las acciones y las percepciones de los agentes incrustados en las redes son tan importantes para entender la emergencia de mundos pequeños y su estructura; la estructura determina las decisiones individuales, pero estas también moldean y transforman la primera.

## Bibliografía

- Bicciari, C. (1993). *Rationality and Coordination*. New York, Cambridge University Press.
- Calvó-Armengol A. y Zenou Y. (2004). Social Networks and Crime Decisions, The Role of Social Structure in Facilitating Delinquent Behavior, en: *International Economic Review*, Vol. 45, No 3.
- Dodds, P. S., Muhamad R., Watts D.J. (2003). "An Experimental Study of Search in Global Social Networks", en: *Science* 301:827-829.
- Granovetter, M. (1973). "The Strength of Weak Ties", en: *American Journal of Sociology*, vol. 78, No 6.
- \_\_\_\_\_ (1978). "Threshold Models of Collective Behavior", en: *American Journal of Sociology*, vol. 83, No 6.
- \_\_\_\_\_ (1985). "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", en: *American Journal of Sociology*, Vol. 91, No. 3, (Nov.), pp. 481-510.
- \_\_\_\_\_ (2003). "Ignorance, Knowledge, and Outcomes in a Small World", en: *Science* 301: 773-774.
- Jackson M. And Brian W: Rogers. (2004). "The Economics of Small Worlds", California Institute of Technology, Pasadena California (Mimeo).
- Jackson M. And Wolinsky. (1996). "A Strategic Model of Social and Economic Networks", en: *Journal of Economic theory* 71, 909-38.
- Kleinberg J. (1999). "The Small-World Phenomenon: An Algorithmic Perspective", Department of Computer Science, Cornell University, Ithaca NY.
- \_\_\_\_\_ (2000). "Navigation in a Small World", en: *Nature*, Vol 406 (August), p. 845.
- Kochen (1989). "Toward Structural Sociodynamics", en: M. Kochen (ed.), *The Small World*, chapter. 2, pp.52-64. Norwood, NJ: Ablex.
- Koopmans, T, C. 1980. "La Construcción del Conocimiento Económico", en *Tres Ensayos sobre el estado de la Ciencia económica*. Barcelona: Editorial Antoni Bosch.
- North, D. (1991). "Institutions", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, No. 1, (Winter), pp. 97-112.



- Popper K. (1964). *La Miseria del Historicismo*, Madrid: Taurus Ediciones.
- Salazar B. (2006). “¿Qué Tanto Debemos Sobre Nuestras Redes Sociales? Ignorancia y Estructura en Mark Granovetter”, Departamento de Economía, Universidad del Valle. Mimeo.
- Savage L. J. (1954). *The Foundations of Statistics*. New York, John Willey & Sons.
- Tilly, Ch. (2000). *La Desigualdad Persistente*, Buenos Aires, Manantial.
- Travers, J. and S. Milgram (1969). *Sociometrie*, **32**, 425.
- Uzzi, B. and J. Spiro. (2005). “Collaboration and Creativity: The Small World Problem”, en: *American Journal of Sociology*, Vol. 111, No 2.
- Watts, D. J. (1999). *Small Worlds. The Dynamics of Networks between Order and Randomness*. Princeton, NJ, Princeton university Press.
- Watts, D. y S. Strogatz (1998). “Collective Dynamics of ‘small-world’ Networks”, en: *Nature*, Vol. 393, pp. 440-442.