REFLEXIONES DESDE LA UNIVERSIDAD

Fernando Urbina: *Río Vaupés*, 1968

Construcción de una red de aprendizaje*

nomadas@ucentral.edu.co • Págs.: 211-222

Luis Facundo Maldonado Granados**
y Edel Serrano Iglesias***

Este documento analiza el proceso de construcción de la red de aprendizaje generada por el proyecto "Simas y Coolmodes en el desarrollo de competencias básicas", desde los referentes teóricos proporcionados por la teoría de grafos y la teoría de las redes complejas, aplicados a redes de conocimiento. Se pretende identificar la estructura y la dinámica de la red y las conexiones preferenciales ocurridas. Así mismo, describir el efecto que en la complejidad de la red tienen estrategias adoptadas por el grupo para mejorar la conectividad entre los participantes.

Palabras clave: redes de aprendizaje, ambientes digitales para el aprendizaje, trabajo colaborativo, gestión de conocimiento, conocimiento compartido.

Este documento analisa o processo de construção da rede de aprendizagem generada pelo projeto "Simas e Coolmodes no desenvolvimento de competências básicas", desde as referências teóricas proporcionadas pela teoria de grafos e a teoria das redes complexas, aplicadas à redes de conhecimento. Pretende-se identificar a estrutura e a dinâmica da rede e as conexões preferenciais ocorridas. E assim, descrever o efeito que na complexidade da rede tem estratégias adotadas pelo grupo para melhorar a conectividade entre os participantes.

Palavras-chaves: redes de aprendizagem, ambientes digitais para o aprendizagem, trabalho colaborativo, gestão de conhecimento, conhecimento compartilhado.

In this document we present our analysis of the construction process followed by the learning network that emerged from the project "Simas and Coolmodes in the development of basic competencies". In doing so, we took as our theoretical frame the graph theory and the theory of complex networks, applied to knowledge networks. Our aim is to identify the structure and dynamic of the network and the preferred connections that happened within it. In addition, we want to describe the effect that the strategies adopted by the group to enhance the connectivity among the participants had on the complexity of the network.

Key words: learning networks, digital environments for learning, collaborative work, knowledge management, shared knowledge.

ORIGINAL RECIBIDO: 22-II-2008 – ACEPTADO: 14-III-2008

* Este artículo es resultado del proyecto "Simas y Coolmodes en el desarrollo de competencias básicas: una experiencia de comunidad de aprendizaje medida tecnológicamente"; desarrollado con la participación de los grupos Tecnice, Collide, Guane, Tecnimat, Temas y Remas; y cofinanciado por el Ministerio de Educación, a través de convocatoria de Colciencias, y las universidades Central, de Cundinamarca y Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD.

** Filósofo, PhD en Inteligencia Artificial. Investigador y líder del grupo Tecnice, avalado por la Universidad Central y la UNAD. E-mail: lufamagr@gmail.com

*** Matemática, Magíster en Ciencias Financieras y de Sistemas. Investigadora del grupo Tecnimat, con aval de la Universidad Central. E-mail: edelserrano@yahoo.com

1. Introducción

Para atender a la convocatoria de Colciencias, Redes de Aprendizaje, y acorde con la práctica de investigación adoptada de manera general, que involucra bajo un mismo ejercicio investigadores de diferentes campos de conocimiento, el proyecto "Simas y Coolmodes en el desarrollo de competencias básicas" es adelantado por tres grupos de investigación de experiencia incipiente: Tecnimat de la Universidad Central, Temas y Remas de la Universidad de Cundinamarca y Guane de la Universidad Abierta y a Distancia (Bucaramanga), que en este documento se identifican como G2, G3 y G4, bajo la dirección del reconocido grupo Tecnice, G1, y el apoyo del grupo Colide, G5, de la Unión Europea.

En el proceso de construcción de la red se pueden identificar tres momentos: en el primero, sólo intervienen los grupos de investigación participantes en el proyecto; en el segundo, se incorporan a la red los docentes de tres instituciones de educación media; y en el último momento del proceso, se incluyen los estudiantes de grado décimo de estos mismos colegios.

El proyecto tiene como objetivo central, la conformación de una comunidad de aprendizaje que trabaja de manera conjunta en el desarrollo de competencias básicas en cuatro áreas de conocimiento, a saber: vida ciudadana, español, física y matemáticas, mediante la intervención en las prácticas educativas de tres instituciones de educación secundaria ubicadas en ciudades diferentes.

El análisis de la conformación de la red atiende a su estructura, al observar el número de nodos o participantes en el proyecto, el número de aristas de comunicación entre los nodos integrantes, el peso de estas aristas o la frecuencia de la comunicación entre los nodos y los cambios ocurridos en cada uno de los momentos señalados. Así mismo, atiende a las características de una red de conocimiento, al observar el sentido de la comunicación, esto es, la dirección seguida por las aristas que salen de cada nodo cuando requieren consultar para construir conocimiento.

2. Antecedentes

El desarrollo de Internet ha servido de catalizador para una serie de fenómenos que antes eran de ámbito reducido. La gestión de conocimientos, entendida como el proceso de crear, probar, debatir y usar conocimiento, se convierte en objeto de estudio sistemático. Aquél es activado en los procesos cognitivos y sociales incorporados a las estructuras, prácticas, rituales y creencias. La escuela comienza verse como un artefacto social incorporado al proceso general de gestión de conocimientos de las organizaciones sociales, en particular, y la sociedad en general. Los centros educativos son instancias del concepto de *institución escolar*, una de cuyas mejores representaciones es una red. Cada institución es portadora de conocimiento tácito y de conocimiento explícito.

2.1 Las comunidades de práctica y de conocimiento innovador

La relación entre comunicación y constitución de comunidades es aceptada por las diferentes disciplinas que estudian las organizaciones humanas, de tal manera que podemos sostener que su vínculo es la comunicación y que ésta asume un valor positivo o negativo: el positivo, en contraste con el negativo, es generador de comunidad.

La dinámica de la formación de comunidades es estudiada desde la perspectiva de la construcción de conocimiento con la denominación de "comunidad de práctica", que inicialmente se usó para caracterizar la socialización en comunidades de pertenencia como Yucatán, Costa Ivory o alcohólicos anónimos (Lave y Wenger, 1991). Estas comunidades aparecen como estables y el conocimiento experto se transmite de una generación a otra sin cambios deliberados o notorios. Esta tendencia a la estabilidad se puede observar como una tendencia dominante también en las instituciones escolares, y es una explicación posible de su resistencia al cambio aun en la edad del conocimiento (Wenger, 1998).

Las tecnologías contemporáneas naturalmente afectan la organización de las comunidades humanas de diferente naturaleza, en la medida en que establecen, fortalecen o debilitan la comunicación entre personas y grupos. Una de sus manifestaciones se ubica en el campo de la economía, la cual depende de la producción de información e innovaciones. Por contraste, a las instituciones educativas se les pide generar cambios y producir los expertos que requiere la sociedad global.

Una forma de generar esos cambios en educación se basa en la introducción de proyectos (Nardi, Whitaker y Schwarz, 2002). Este tipo de iniciativas surgen de individuos o grupos de individuos que se proponen construir y administrar redes personales con las tensiones que ello implica. Estas redes tienden a ser de ámbito restringido o cerradas, en el nivel de una organización, o incluso de unidades dentro de una organización que les sirve de entorno. Por ejemplo, un departamento o un centro especializado.

Una tipo de innovación en comunidad es conocida como trabajo en nodos (*knotworking*), proceso por el cual en una organización se vinculan actores que antes no estaban integrados, para lograr determinados objetivos, generalmente por un período corto de tiempo. A diferencia de las comunidades de práctica, esos grupos no son estables y sus narrativas no son comunes entre los miembros (Engeström, 1999).

Stutt y Motta (1998) señalan dos procesos como factores que están afectando profundamente la dinámica del conocimiento y el trabajo humano: por un lado, tanto el trabajo como los artefactos que se usan en él incorporan significado, conocimiento e inteligencia que progresivamente son usados por una proporción mayor de ciudadanos (epistemización[1]) y, por otro, se integran actividades tanto simbólicas como materiales (hibridización[2]). En consecuencia, la sociedad intenta extender su inteligencia usando artefactos materiales en los procesos de pensamiento y de comprensión de fenómenos complejos como son las redes sociales. Las comunidades de conocimiento se apoyan en una red heterogénea y compleja de instrumentos y progresan gracias a nuevos instrumentos y métodos de medida, control y representación.

En el marco de organizaciones innovadoras, Nardi *et al*. (2002) señalan que para los individuos la competencia esencial: es la capacidad de crear relaciones de comunicación entre expertos que representen diferentes dominios de conocimiento, de manera espontánea y rápida; mientras que para las organizaciones, las competencias fundamentales son visualizar, administrar y analizar los procesos de reticulación, colaboración y construcción de conocimiento. Los dispositivos digitales actuales juegan un papel potenciador en ambos casos.

Hakkarainen *et al.* (2004) presentan el concepto de *comunidades innovadoras de conocimiento*[3], en contraste con las *comunidades de práctica* y caracterizadas por: 1. orientarse a resolver problemas que impiden la generación de conocimiento como la superación de rupturas, tensiones y disfunciones de las prácticas cotidianas; 2. proponer como motivación de la colectividad la creación de conocimiento, la incorporación deliberaba de artefactos para apoyar la actividad cognitiva y el desarrollo de métodos y representaciones nuevas de su realidad; 3. interesarse por generar una cultura propicia para la generación e incorporación de conocimiento nuevo; 4. reducir intencionalmente la comunicación jerárquica y propiciar las relaciones simétricas entre sus miembros; 5. desarrollar responsabilidad colectiva por el crecimiento colectivo y realizar esfuerzos explícitos para incrementar el conocimiento individual; 6. desarrollar un ambiente dinámico adaptable a los cambios del entorno y a la representación del mismo; 7. generar, mantener y fortalecer relaciones con otras comunidades y culturas para el intercambio de conocimiento y la colaboración. La comunidad misma es objeto de diseño para lograr sus propósitos.

2.2 Análisis de redes de conocimiento compartido

Para entender la dinámica de una comunidad de aprendizaje o de una red humana, es importante caracterizar tanto los patrones de comunicación entre los miembros como el papel de éstos dentro de la red. En el primer caso se trata de analizar quién comunica a quién, para determinar la estructura, intensidad o frecuencia de la comunicación. En el segundo caso se trata de evaluar el flujo de conocimiento experto, en la estructura funcional de la red (Hakkarainen *et al.*, 2004).

La investigación muestra los grados de influencia de la fuerza de las relaciones sobre la innovación: a. los procesos tanto de producción como de innovación se difunden a través conexiones fuertes entre miembros de la red: estos miembros tienen un buen conocimiento mutuo y poseen metaconocimiento de la experticia de cada uno, como fundamento de su colaboración (Burt, 1987); b. el segundo nivel de difusión opera a través de afiliación de redes: miembros claves de una red se comunican entre sí, y cada uno de ellos se comunica con su grupo o subred (Frank y Yasumoto, 1998); c. en un tercer nivel, opera una especie de contagio social: diferentes actores entran en contacto sin que ten-

gan una comunicación estable o permanente y comparten con los miembros de sus propias comunidades (Marsden, 1998).

Sin embargo, existe una discusión entre los investigadores sobre la importancia de las relaciones fuertes o débiles. Hakkarainen *et al.* (2004) hacen una comparación entre éstas: si se considera el flujo de información, en las relaciones fuertes hay redundancia, en contraste con las débiles, en las cuales también las relaciones tienden a ser asimétricas; en cuanto a la naturaleza del conocimiento compartido, en las relaciones fuertes el conocimiento es complejo, mientras que en las débiles es simple y preciso; en cuanto a la forma de conocimiento, en las fuertes domina el no codificado y tácito, en tanto en las débiles domina el codificado; en relación con el entorno, la vinculación con el contexto es proporcional a la fuerza de las relaciones; en cuanto al tipo de comunicación, domina en las relaciones fuertes la especialización de términos, la expresión compacta o encapsulada, en contraste con la relación débil en la cual dominan las expresiones fáciles de entender; finalmente, las relaciones fuertes exigen más recursos que las relaciones débiles.

La investigación muestra que el dinamismo de las redes hace que cuando las innovaciones se consolidan, tienden a transformar relaciones débiles en fuertes (Barabasi, 2002). En el extremo de las relaciones débiles está la situación de redes vinculadas a través de un solo nodo; cuando éste se desvincula se generan los "huecos-estructurales[4]". La información relevante y significativa entre subredes deja de fluir.

Frente al problema de los "huecos-estructurales", aparecen los "cuidadores de compuertas[5]" o los "facilitadores[6]" de la reticulación. Sverrison (2001) considera tres formas de promotores de reticulación: promoviendo la inclusión de personas a la red, haciendo labores de traducción de conceptos para acercar a las personas y promover interacción e identificando elementos nuevos para mostrarlos a potenciales miembros de la red. Las personas que ejercen este papel tienen suficiente conocimiento sobre el nivel de comprensión de los miembros, metaconocimiento, y de los recursos disponibles.

Las comunidades educativas institucionales, tales como los colegios, tienden a ser comunidades de práctica. La comunicación con otras comunidades tiende a hacerse mediante algunos miembros que se vinculan esporádica o permanentemente a otras redes. Las redes son, por su naturaleza, un fenómeno complejo y heterogéneo. La Figura 1 muestra una red posible con posibles sub-redes. *A* muestra una subred con todos sus miembros comunicados y con un miembro que sirve de puente con la red *T.* Wenger (1998) señala que después de cierto tiempo de interacción, los miembros de la comunidad de práctica tienden a llegar a los límites de competencia exigidos por la misma, en ese momento la conexión con otra comunidad puede generar conflictos y potenciales rupturas, en tanto surgen nuevas visiones y competencias. En estos casos, los miembros que intentan superar los límites de su comunidad y entrar a otra, sufren conflictos tanto emocionales como cognitivos, dependiendo de su flexibilidad mental y de la intensidad de comunicación con cada una de las redes a las cuales pertenece (Engeström, 1999). Superar los límites de una red y entrar en otra permite desarrollar competencias: el conjunto de competencias relacionales y cognitivas que habilitan el trabajo en red.

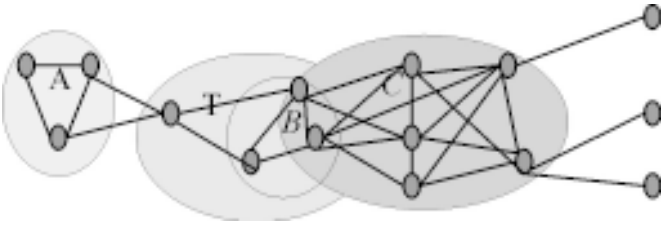
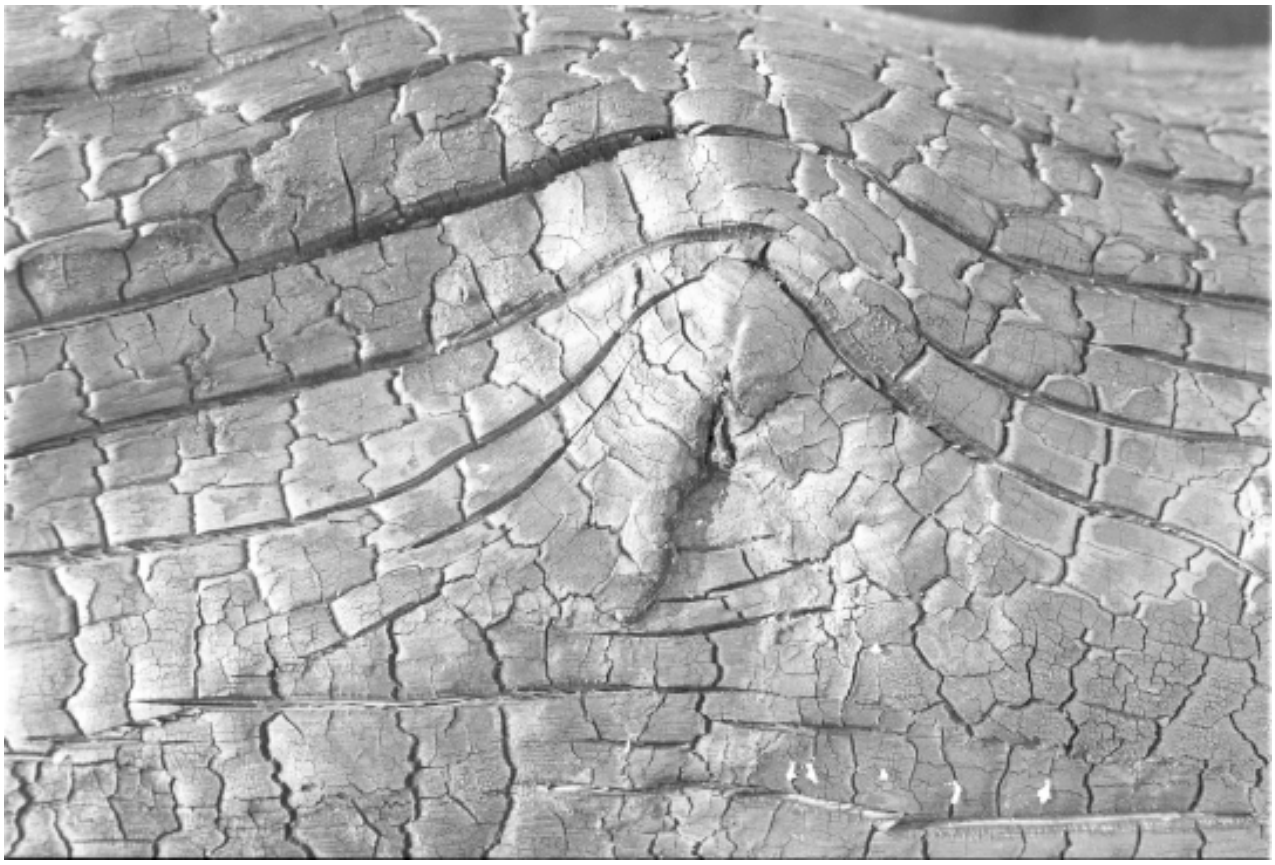


Figura 1. Múltiples sub-estructuras en una red

Hay un factor de liderazgo asociado con la capacidad de entrar en red. En las empresas contemporáneas, las personas con gran capacidad de compartir conocimiento son valoradas positivamente y son objeto de asignación de tareas administrativas de intercambio. En términos de innovación, el potencial de estos líderes radica en que permiten superar los límites de su propia comunidad a través de la comunicación simultánea con varias redes (Il. 1. Actor B). Teóricamente las comunidades institucionales educativas también podrían mantener una dinámica de innovación, si se dan condiciones de este tipo.

Los investigadores sobre la dinámica de las redes de innovación se han interesado también por lo que han denominado "relaciones incorporadas[7]". Se trata de relaciones no-contractuales, basadas en confianza y

Fernando Urbina: *Robledal de Mosquera.* Cundinamarca, c. 1972



Fernando Urbina: *Tronco calcinado.* Río Caquetá, 1982

amistad. Pueden tener valencia positiva o negativa, en tanto motivan y promueven la comunicación o bloquean canales e ideas nuevas. Están normalmente asociadas con trabajo adicional, generalmente oculto a los observadores, e incluso a algunos miembros de la red (Nishiguchi, 2001). Quienes tienen este tipo de relaciones tienden a invertir esfuerzos para resolver problemas a través de procesos intensivos de negociación (Larson, 1992).

3. Marco Conceptual

Una red de aprendizaje es una comunidad que basada en la comunicación, crea una organización con el objetivo de construir conocimiento. En el caso particular de este proyecto, el conocimiento al que se hace referencia es conocimiento explícito, esto es, aquél señalado por los programas curriculares que deben seguir las instituciones de educación media en décimo grado. Sin embargo, al vincular investigadores de tres instituciones de educación superior con estudiantes y docentes de colegios ubicados en ciudades diferentes, se crea una estructura que también permite la comunicación del conocimiento tácito pertinente a cada uno de los participantes y a sus respectivas instituciones y sociedades, por tanto, para la observación de la conformación y evolución de esta red, es necesario adoptar referentes conceptuales en las siguientes dimensiones:

3.1 Posiciones frente a la gestión de conocimiento

La *gestión de conocimiento*, entendida de manera general como el proceso de construir, probar, representar, debatir y usar conocimiento, presenta, según Hakkarainen *et al.* (2004), tres posiciones diferentes, de acuerdo con el énfasis que se dé a la adquisición, la participación o la creación en este proceso. El enfoque orientado a la adquisición de conocimiento centra el proceso en la representación y en la transmisión de contenidos expresados en datos y códigos, lo cual es frecuente en instituciones de educación media y superior. El enfoque encaminado a la participación centra el proceso en la construcción del conocimiento, mediante la realización de actividades colaborativas que comparten un sistema de referencia; y para quienes adoptan el enfoque conducente a la creación, el conocimiento como tal es el que se consolida en comunidades o redes que enfrentan problemas cognitivos reales y desarrollan prácticas.

Los tres enfoques tienen vigencia y muestran desarrollos y resultados. Se diferencian de manera significativa en la unidad que adoptan para realizar sus análisis. El primero observa al individuo, el segundo a grupos y culturas y el tercero a comunidades y redes que desarrollan prácticas constructoras de conocimiento. En este proyecto, si bien existe un grupo de investigadores interesados en construir nuevo conocimiento, resulta más pertinente el segundo enfoque, no sólo por la realización de actividades colaborativas, sino por el hecho de que los integrantes del proyecto comparten el conocimiento tácito propio de cada una de las instituciones y de las respectivas comunidades. Por esta razón, aun cuando es posible visualizar en la red el flujo de conocimiento experto, o sentido de la comunicación realizada por un nodo que pregunta a otro para construir conocimiento, éste no será el mismo en los nodos que han establecido comunicación, es decir, no hay simetría en la relación.

3.2 Conceptos y técnicas estadísticas

Se tendrán en cuenta al calcular el grado de cada nodo o la probabilidad de que un nodo elegido al azar tenga un determinado grado, resultados con los que se construye la función de distribución de probabilidad del grado, que a su vez determina la ocurrencia de características importantes en la red. Sin embargo, métodos estadísticos multivariados pertinentes para el análisis detallado de los coeficientes de cluster, por ejemplo, no son utilizados en este ejercicio.

3.3 Conceptos de la teoría de grafos y de las redes complejas

Aplicables al estudio de las relaciones construidas entre los investigadores, docentes y estudiantes que participan en el proyecto, para su modelado, representación matricial, determinación de medidas e identificación de los atributos que permiten determinar las características y cambios ocurridos en la red en cada uno de los momentos establecidos para su observación, y así mismo, para la caracterización de las propiedades emergentes que otorgan la calidad de complejo a la red.

4. Evolución de la estructura de la red

La viabilidad del proyecto se concreta gracias a los contactos y al trabajo previo adelantado por los grupos

de investigación G1 y G2, del cual se obtiene como resultado el proyecto elaborado de manera conjunta y presentado a Colciencias, respondiendo cada uno de los grupos por el trabajo por realizar en las áreas de física y matemáticas.

El tiempo transcurrido en espera de los resultados de la convocatoria, permite incorporar al proyecto a los grupos G3 y G4 para atender las áreas de español y vida ciudadana y, así mismo, la consolidación de todos ellos mediante el trabajo realizado en sus respectivas instituciones. Este hecho puede representarse usando una relación que definida sobre cada conjunto particular de investigadores, sirve a todos los grupos de manera general. Para ello, usamos el enunciado: "*x* se encuentra con *y*, para compartir conocimiento", en donde *x* y *y* son investigadores de un grupo.

La relación así definida construye una matriz simétrica de tamaño *n* para cada uno de los grupos, que asigna el valor uno (1) a los encuentros de investigadores acordados y respaldados por actas, y cero (0) en caso contrario, situación que en el grafo correspondiente a cada matriz, se representa con la existencia o no de arista entre los respectivos investigadores. Esta matriz determina el grado de cada nodo dentro del grafo.

La matriz suma o "resumen", correspondiente al trabajo de cada grupo durante la primera etapa del proceso, al ser representada en un grafo, permite asignar a las aristas el "peso" que resulta del acumulado o suma de *unos* por cada encuentro en las reuniones acordadas. Al comparar las matrices resumen de los grupos, se encuentra en ellas una diferencia significativa en el valor de los pesos de sus aristas, como consecuencia de la antigüedad en la vinculación al proyecto.

Para facilitar la comparación de los encuentros entre los investigadores de cada grupo sin importar el tiempo de vinculación al proyecto, es posible establecer una escala que asigne los valores del conjunto (0, 1/3, 2/3, 1), a las categorías cualitativas: "*x* no se encuentra con *y*", "*x* se encuentra pocas veces con *y*", "*x* se encuentra regularmente con *y*" y "*x* se encuentra siempre con *y*", con lo cual, las matrices resumen tienen en sus aristas pesos comparables.

Un período importante en la evolución del proyecto, es el transcurrido entre su aprobación por parte de Colciencias y la asignación de los primeros recursos. Durante ese período se realizan reuniones generales de investigadores, para construir la plataforma conceptual soporte de los futuros desarrollos teóricos en las competencias específicas de cada dominio de conocimiento, reuniones que integran los grupos en una comunidad que puede ser modelada como lo muestra la red de la Figura 2, en la cual es visible la relación construida y la función de facilitadores de la comunicación asumido por algunos de los participantes, como es el caso de los nodos (G11 y G22).

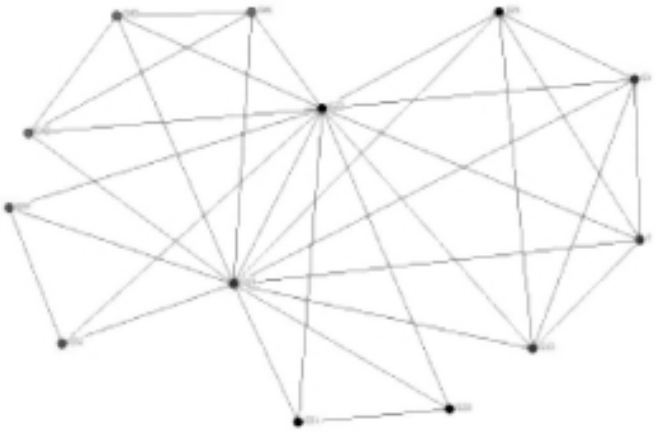


Figura 2

En febrero del 2006 se inicia la intervención en los colegios que participan en el proyecto y con ella, los encuentros entre investigadores y docentes de cada área para construir y compartir conocimiento, con la definición de un plan de trabajo y la identificación y delimitación de los objetos de aprendizaje por desarrollar en las aulas de clase, hecho que amplía el conjunto sobre el cual se define la relación, al incluir en el mismo a los docentes de cada área de los tres colegios participantes, y en la relación, las parejas de la forma investigador-profesor. Esta red puede caracterizarse desde la teoría de grafos como un grafo G(21,46), esto es, un grafo con 21 nodos y 46 aristas que representan las comunicaciones existentes entre ellos en razón de sus prácticas investigativas presentadas en la figura 3.

4.1 Grafos probabilísticos

Los grafos proporcionan una representación estática de una red, cuyo análisis conduce a la descripción de la misma en un momento determinado. Con los referentes

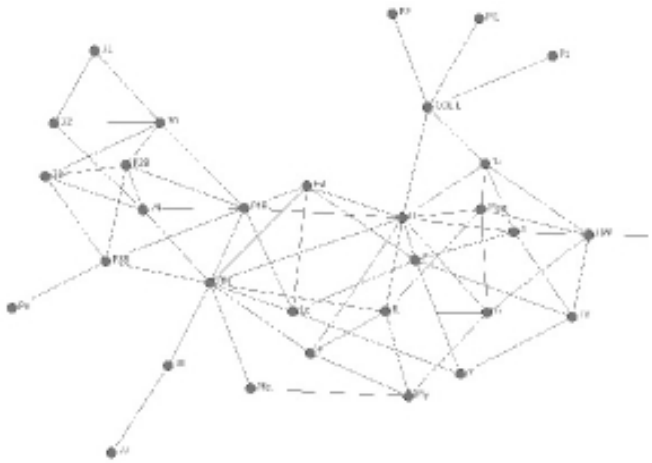


Figura 3

teóricos de los grafos probabilísticos y los conceptos asociados con su *medida*, es posible determinar en el G(21,46), funciones y comportamientos de los participantes: con las *trayectorias mínimas*, la existencia de rutas de comunicación cortas o inmediatas entre casi todos los nodos, la comunicación entre los participantes más alejados; o con el *diámetro del grafo,* la innecesaria intervención de muchos intermediarios o *nodos betweenness*; y los *coeficientes de cluster*, el grado de agrupamiento de los investigadores alrededor de un nodo determinado. De igual forma, el conexo de la relación evidencia en el G(21,46) la existencia de una comunidad.

En el contexto de los grafos probabilísticos, el grado de un nodo no indicará, como en la teoría de grafos, el número *k* de aristas que llegan o inciden en un nodo determinado, sino la probabilidad de que un nodo escogido al azar en la red tenga grado *k*. Con esta definición, y usando el concepto de *frecuencia relativa* como medida de esta probabilidad, es posible construir la *función de distribución de probabilidad de grado de la red*. Para ello, se lista en una tabla el grado *k* de cada uno de los nodos que presenta la red, para construir a continuación una función que tiene en su dominio la variable *k*, y en su imagen, los valores encontrados como la frecuencia relativa del dato *k*, esto es, el cociente realizado entre el número de veces que el valor *k* aparece y el número total de nodos.

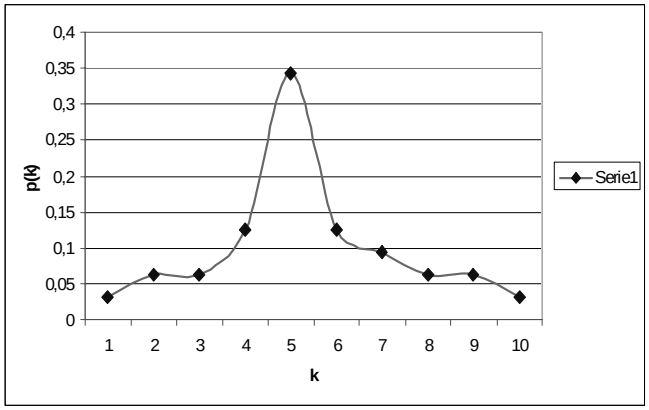


Figura 4

5. Modelos de redes

5.1 Redes uniformes

Los modelos usados para representar redes reales se clasifican en dos categorías: redes uniformes y redes complejas. Las *redes uniformes* se caracterizan por tener un número fijo de nodos y una función de distribución de probabilidad que "sigue" una normal. De acuerdo con esta primera categoría, la red representada en el G(21,46) guarda concordancia con esta definición, con una función de distribución de probabilidad de grado, que sigue una normal con media 5 y desviación estándar de una unidad, lo que indica que en la red, el 68% de los participantes, que son aquellos ubicados a una distancia de una desviación estándar de la media, tienen de cuatro a seis aristas incidentes, o comunicación con otros nodos de la red.

5.2 Redes complejas

Los modelos de redes no son excluyentes, es decir, una misma red puede tener simultáneamente características de las redes uniformes y de las redes complejas, las cuales se caracterizan por tener una estructura irregular que evoluciona en el tiempo, en una dinámica en la que de manera permanente entran y salen nodos de la red. En el caso de estas últimas existen dos atributos de relevancia que son: 1. existe en la red una tendencia o conexión preferencial entre nodos altamente conectados, nodos *hubs*, y la función de distribución de probabilidad de grado sigue una ley de potencias representada con una gráfica de "cola", propiedad que clasifica a la red compleja como de *libre-escala* (Barabási, 1999); y 2. resulta relativamente fácil llegar de un nodo a otro cualquiera de la red, es decir, existe un camino corto, de máximo seis pasos relacionales de un nodo a otro de la red, propiedad que clasifica a la red como de *mundo pequeño* (Watts-Strogatz, 1998), en la cual, además de encontrar rutas breves, el grafo tiene vecindarios densos en cada nodo.

Las redes complejas permiten representar la última evolución ocurrida en la estructura de la red, con la vinculación al proyecto de los estudiantes de grado once de los tres colegios, y la ampliación de la relación con la inclusión de parejas de la forma investigador-estudiante, profesor-estudiante y, por supuesto, estudiante-estudiante. Los obstáculos presentados por las condiciones variables de conectividad de los colegios, los cruces de horario y las dificultades enfrentadas por algunos docentes en el manejo de las tecnologías de la información, aportaron la dinámica de entrada y salida de grupos en el último momento del proyecto, y así mismo, el papel de algunos estudiantes como monitores de grupo, la evidencia de algunos nodos dinamizadores altamente conectados tanto con sus compañeros de grupo como con los docentes e investigadores. De igual forma, es notoria la conexión preferencial entre los nodos directores de los grupos Colide y Tecnice. La red en este último momento crece a un promedio de 129 nodos participantes que realizan actividades colaborativas.

5.2.1 Verificación de la condición de libre escala

Para verificar la primera condición, o *libre escala* en la red, que ahora también incluye en sus nodos a los estudiantes de grado once, con la definición de grado *K* como la probabilidad de que un nodo elegido al azar en la red tenga grado *K*, se construye la tabla de frecuencia para los 129 nodos y su correspondiente función de distribución de probabilidad, realizada a partir de la *tabla de grados* –de la misma manera en que fue realizada en la red de investigadores-docentes– la cual se muestra en la figura 5. En la gráfica, a las barras de la distribución de frecuencias se anexa una curva que aproxima lo que sería de manera continua el comportamiento de las mismas, evidenciando pocos nodos altamente conectados y muchos pobremente conectados.

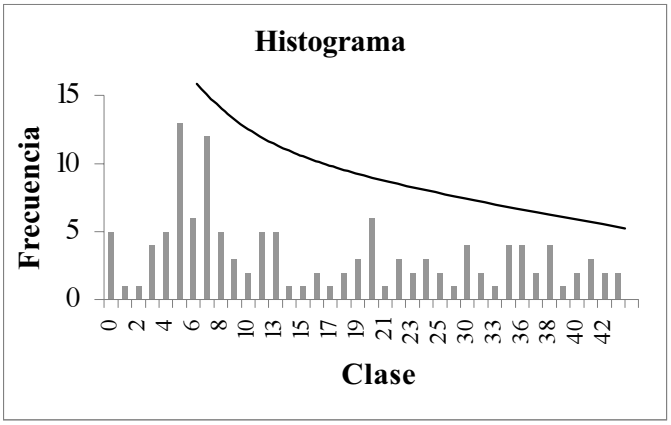


Figura 5. Red ampliada con estudiantes
Función de distribución de grado

5.2.2 Verificación de la condición de pequeño mundo

Para crear nuevas conexiones dentro de la red, se adoptó como referente teórico la metodología de trabajo colaborativo mediante proyectos interdisciplinarios, que agrupó a estudiantes de las tres instituciones participantes, como fue el caso del diseño y proceso de construcción de una montaña rusa, incluyendo en el mismo, el estudio de su viabilidad, su diseño, el modelo matemático que articula sus componentes, el comportamiento físico y el impacto social. Este tipo de actividad generó la emergencia de conexiones nuevas, incidiendo en la dinámica de la red, sin embargo, la red no alcanzó la madurez deseada en el desarrollo de la característica de *pequeño mundo*, respecto a ella, sólo podrían adicionarse unas pocas aristas emergentes, correspondientes a vínculos generados entre estudiantes y algunos docentes de distintas instituciones.

6. Percepción de conocimiento compartido

Finalizada la experiencia, con el propósito de identificar la percepción de conocimiento compartido, se pidió a cada uno de los participantes que señalara la primera, la segunda y la tercera persona a la cual había consultado más durante el proyecto. Con esta información se construyó una nueva relación asimétrica que afirma la complejidad de la red, representada en una red dirigida entre los mismos nodos, con vínculos valorados, de acuerdo con la selección hecha en la encuesta.

Nos preguntamos si a partir de los vínculos de la primera red se pueden predecir los vínculos en la segunda. Para responder a la pregunta, correlacionamos los valores de conexión de cada nodo en las dos redes. El índice de correlación es de 0.174 ($p>0.051$), que se ubica un punto por debajo del nivel de significación estándar en estudios sociales. El nivel de varianza compartida entre los dos conjuntos de datos es del 30% ($R^2=0.30$) y un valor de prueba $F(1,27)=3.87$.

Esto muestra que si bien hay un nivel de relación importante entre la cantidad de participación y la percepción de conocimiento compartido, las dos mediciones son independientes. Por tanto, se puede inferir un efecto diferente de las participaciones de cada uno de los nodos que corresponde a la valoración del conocimiento de cada nodo dentro de la red.

7. Conclusiones

- La red es la representación de una comunidad de práctica mixta que integra actores de cuatro categorías según sus funciones, esto es, investigadores como constructores de conocimiento, significativo en la medida en que es una función adoptada por los docentes o actores del segundo rol, quienes brindan el servicio educativo en su cotidianidad a los estudiantes, actores del tercer rol, es decir, usuarios del servicio. La cuarta categoría la conforman los auxiliares de investigación como agentes intermediarios y dinamizadores del proceso, gracias a su cercanía con estudiantes y docentes, y a su dominio de las tecnologías.

- El carácter mixto de la red es verificable en el análisis estadístico de la misma, en otras palabras, su función de distribución de grado muestra un comportamiento que marca una tendencia hacia una red de libre escala, mientras que la condición de pequeño mundo es incipiente. Esto nos indica que es necesario cambiar el enfoque tradicional de gestión de conocimiento dado en las escuelas y adoptar el de trabajo colaborativo para crear condiciones de mundo pequeño en la red.

- La dinámica de la red muestra en los colegios en donde se dio un desarrollo normal al proyecto, un crecimiento que partiendo de la red inicial de investigadores, actualmente involucra a docentes y estudiantes de cuatro áreas de conocimiento, de lo cual es posible inferir que la conformación y consolidación de redes de conocimiento requiere la formulación de proyectos y la continuidad en la construcción de sus objetos de conocimiento y en el uso de sus tecnologías.

- Existe un crecimiento en otro nivel que tiene que ver con los monitores y grupos de estudiantes de los cursos involucrados, crecimiento que no está representado en la red por el carácter transitorio de los estudiantes participantes, por tanto, si se desea una continuidad en el funcionamiento de la red, es necesario habilitar estrategias que involucren a monitores de grupos como agentes dinamizadores de procesos.

- Si se desea la transferencia de los resultados a nuevos cursos en los mismos colegios, a cargo de los nodos docentes ya vinculados y a nuevos docentes para consolidar nodos dinámicos en cada uno de los colegios participantes, se hace necesaria una estrategia de continuidad que articule los colegios y a sus profesores como agentes del proceso.

- Las aristas-comunicaciones existentes entre nodos investigadores y nodos docentes, también deben ser fortalecidas mediante actividades conjuntas que pueden ser adelantadas a través del portal Colombia Aprende.

- Las conexiones existentes entre los nodos *hubs* o altamente conectados, en virtud de la propiedad de mundo pequeño existente en la red, deben ser aprovechadas para la cooperación entre las instituciones, dentro y fuera del país, implicadas en el actual proyecto, colaboración representada en la formulación de nuevas propuestas de trabajo conjunto que atiendan a nuevos interrogantes y problemas o profundicen en el trabajo adelantado.

- Cada grupo de investigación debe constituirse en su institución en un nodo dinámico que genere nuevas aristas de contacto con otras instituciones y grupos, con la transferencia de resultados o con el ofrecimiento de servicios de extensión.

El ejercicio de hacer diferentes formas de representación de un problema, puede tener efectos positivos como facilitar el procesamiento de información, ayudando a la memoria de corto plazo, y propiciar el hallazgo de isomorfismos entre contextos, de esta manera posibilita tanto la generalización y la transferencia del aprendizaje como su pertinencia, entendida como la habilidad de aplicar el conocimiento en situaciones concretas.

Citas

1 Epistemification

2 Hibridization

3 Innovative Knowledge Communities

4 Structural holes

5 Gatekeepers

6 Brokers

7 Embebed links

Bibliografía

BARABÁSI, A., 2002, *Linked: The new science of networks*, Cambridge, Perseus.

BURT, R., 1987, "Social contagion and innovation: Cohesión versus structural equivalente", en: *American Journal of Sociology*, No. 92.

ENGESTRÖM, Y., 1999, "Expansive visbilization of wor: an activity theory approach", en: *Journal of Computer Supported Collaborative Work*, No. 8.

FRANK, K. y J. Yasumoto, 1998, "Linking action to social structure within a system: cocial capital within a between subgroups", en: *American Journal of Sociology*, No. 3, Vol. 104.

HAKKARAINEN, Kai, Tuire Palonen, Sami Paavola y Erno Lehtinen, 2004, *Communities of networked expertise: profesional and educational perspectivas*, Ámsterdam, Earli/Elsvier.

LARSON, A., 1992, "Network dyads in entrepreneurial settings: a study of the governance of exchange relationships", en: *Administrative Science Quaterly*, No. 37.

LAVE, J. y E. Wenger, 1991, *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge, Cambridge University Press.

LUKE, D., 2005, "Getting the Big Picture in Community Science: Methods That Capture Context", en: *American Journal of Community Psychology*, Nos. 3/4, Vol. 35, junio.

MARSDEN, P., 1998, "Memetics and social contagion: two sides of the same coin?" en: *Jornal of Memetics – Evolutionary Models of Information Trans mision*, No. 2.

NARDI, B., S. Whittaker; y H. Schwarz, 2002, "NetWORKers and their activity in intentional networks", en: *The Journal of Computer Supported Cooperative Work*, No. 11.

NISHIGUCHI, T., 2001, "Coevolution of interorganizational relations", en: I. Nonaka y T. Nishiguchi (eds.), *Knowledge Emergence: Social, technical, and evolutionary dimensions of knowledge creation*, Oxford, Oxford University Press.

PARK, R., 1924, "The concept of social distance", en: *Journal of Applied Sociology*, No. 8.

STUTT, A. y E. Motta, 2004, "Semantic Learning Webs", en: *Journal of Interactive Media in Education*, No. 10.

SVERRISON, A., 2001, "Translation networks, knowledge brokers and novelty construction: pragmatic environmen talism in Sweeden", en: *Acta Sociológica*, No. 4, Vol. 44.

TICHY, N., M. Tushman y C. Fombrun, 1978, "Social Network Analysis for Organizations", en: *Academy of Management Review*, No. 4, Vol. 4.

WATTS, D. y S. Strogatz, 1998, "Collective dynamics of 'small-world' networks", en: *Nature*, No. 6684, Vol. 393, junio.

WENGER, E., 1998, *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*, Cambridge/ Nueva York, Cambridge University Press.

Fernando Urbina: *Canoeros*. Río Catrú, Chocó, 1973