

20 años de guía en la construcción del capital social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes

20 years Guiding the Construction of Social Capital of the Engineering School of Universidad de los Andes

Roberto Zarama^{(1)*}, Adriana Díaz^{(2)*}, Felipe Montes^{(2)*}, José David Meisel^{(2)*}, Juan Pablo Calderón^{(3)*}, Pablo Lemoine^{(2)*}, Víctor Bucheli^{(2)*}, Viviana Russy^{(4)*}

⁽¹⁾ Doctorat d'État, Profesor Asociado. Director, Departamento de Ingeniería Industrial, CeIBA-Complejidad. rzarama@uniandes.edu.co

⁽²⁾ Estudiante Doctoral, M.Sc. CeIBA-Complejidad. Correo: ad.diaz167@uniandes.edu.co, fel-mont@uniandes.edu.co, jd.meisel28@uniandes.edu.co, pa-lemoi@uniandes.edu.co, vbucheli@uniandes.edu.co.

⁽³⁾ Doctor en Ingeniería, Investigador, CeIBA-Complejidad, ju-cald1@uniandes.edu.co.

⁽⁴⁾ Ingeniera Industrial, v.russy21@uniandes.edu.co

*Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá D.C. Colombia.

Recibido 18 de septiembre de 2011, modificado 1 de noviembre de 2011, aprobado 4 de noviembre de 2011.

Palabras claves

Redes de coautoría, capital social, producción científica, estrategias colectivas de producción de conocimiento, análisis de redes.

Key words

Co-authorship networks, social capital, scientific production, collective strategies of knowledge production, networks analysis.

Resumen

Este documento es un tributo a 20 años de ediciones ininterrumpidas de la *Revista de Ingeniería* de la Universidad de los Andes. En estas dos décadas la revista ha guiado la construcción de capital social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. En este artículo se presentan algunas características del capital social de la facultad. Se estudian las relaciones de coautoría en libros, artículos en conferencias, artículos publicados en libros y artículos publicados en revistas indexadas en *ISI Web of Knowledge* durante los últimos 10 años. El propósito es estudiar la relación entre la producción científica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes y su acumulación de capital social. Se propone que las relaciones de coautoría representen una red dinámica donde grupos de actores trabajan colectivamente en la producción de conocimiento. Las características estructurales (tamaño y conectividad) de la red de coautorías proporcionan una representación del capital social. El estudio de la dinámica de la red da indicios de la acumulación de capital social y de las estrategias colectivas de producción de conocimiento. Los resultados muestran que existe una relación de dosis-respuesta entre la producción científica y las características estructurales de la red de coautorías. La conectividad de los autores y el tamaño de la red (números de nodos y número de arcos) están relacionados positivamente con las dinámicas de producción de conocimiento.

Abstract

This work is a tribute to the 20th anniversary of the *Revista de Ingeniería* de la Universidad de los Andes. In these two decades this journal has guided the construction of social capital of this School of Engineering. This work presents the relationship between the scientific production of the School of Engineering and its accumulation of social capital. Social capital is represented by coauthorships. These relations represent a dynamic network where groups of actors work together in the production of knowledge. The proposal is that structural characteristics (size and connectivity) of the network represent a measure of social capital. Therefore, the study of the dynamics of the network gives hints of the accumulation of social capital and the collective strategies of knowledge production. The results show a dose-response relation between scientific production and the structural characteristics of the network. The connectivity between coauthors and the size of the network (number of nodes and number of arcs) are positively related with the dynamics of knowledge production.

INTRODUCCIÓN

La *Revista de Ingeniería* de la Universidad de los Andes celebra 20 años de ininterrumpida labor cumpliendo la función de proveer un espacio para que se reúnan autores y compartan sus investigaciones. Esto ha guiado el incremento de capital social en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Este estudio presenta un análisis del valor de la colaboración y comunicación de coautores en la producción de conocimiento.

La revista ha guiado la construcción de aquello que, en este artículo, caracterizaremos como el capital social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. El documento muestra que las estrategias adoptadas han generado un crecimiento de capital social. Dicho capital sitúa a la Facultad de Ingeniería como líder en Colombia contribuyendo en el posicionamiento de la Universidad de los Andes en el top 10 de universidades en América Latina de acuerdo al Ranking QS.

Nosotros consideramos que la acumulación de capital social en los Andes es una muestra del desarrollo para Colombia de los factores que constituyen la grandeza de las universidades norteamericanas articulados con el sistema de valores que han configurado las mejores universidades del mundo. De acuerdo con Cole [4] trece factores que muestran la grandeza de una universidad son: alta productividad de los profesores, calidad de la investigación, captación de dinero que reciben de las agencias financiadoras de investigación, reconocimiento de la facultad por parte de sus pares, excelentes estudiantes, excelente docencia que frecuentemente se refuerza mutuamente con la investigación, excelente infraestructura, acceso a recursos financieros, grandes departamentos, una cultura de libre indagación junto con una administración que la soporte, una ubicación atractiva para profesores, mecanismos de ayuda al país y un liderazgo sobresaliente [4].

La Facultad de ingeniería comprende los mencionados factores mediante la acumulación de capital social obteniendo como uno de sus principales resultados la producción de conocimiento. Es por esto que, en este trabajo, proponemos estudiar la relación entre el capital social, medido en función del tamaño y conectividad de la red de coautorías de la Facultad de Ingeniería, con la producción de conocimiento de la Facultad representado por medio de las publicaciones indexadas en revistas *ISI*. Para esto, realizamos una revisión bibliográfica del concepto y medición del capital social y de su relación con la producción de conocimiento. Planteamos una forma de calcular el capital social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Posteriormente, presentamos los resultados de las mediciones del capital social de la Facultad de Ingeniería y su relación con la producción de conocimiento. Por último, realizamos una discusión sobre

cómo el capital social influye en las dinámicas de producción de conocimiento de la Facultad de Ingeniería.

EL CAPITAL SOCIAL Y LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

Realizamos la revisión de literatura sobre capital social desde tres enfoques. Primero, describimos las diferentes corrientes que conceptualizan el capital social; posteriormente, presentamos las formas de medición del capital social y, por último, mostramos los trabajos que relacionan el capital social con la producción de conocimiento.

En primer lugar conceptualizamos el capital social. Este es un tema que ha sido de mucho interés para diferentes autores. Ha sido definido como un concepto multidimensional, sin embargo, no se ha llegado a un consenso sobre qué es capital social y cómo se mide [6, 7]. En los estudios actuales, diferentes autores distinguen tres corrientes principales que abordan la definición de capital social [7, 8, 9, 10, 11, 12]. La primera corriente está vinculada a los trabajos de Pierre Bourdieu [13], quien define el capital social como el agregado de los recursos actuales y potenciales, los cuales están conectados a la posesión de una red duradera de relaciones, más o menos institucionalizadas, de conocimiento mutuo y reconocimiento¹. Bourdieu argumenta que el conflicto es una dinámica fundamental de toda la vida social, que ocurre sobre recursos simbólicos tales como el capital social y los recursos materiales. Sugiere que el capital social está conectado al capital económico, pero no puede ser reducido simplemente a una forma económica [13]. La segunda corriente está asociada con los trabajos de Robert Putnam [14, 15, 16] quien concibe el capital social como un recurso a nivel de la comunidad y lo define como las características de la organización social, tales como redes, normas y confianza social que facilitan la coordinación y cooperación para el beneficio mutuo [15]. En el tercer caso se encuentran los estudios de Coleman [17, 18] en el área de educación que contribuyeron en el debate para conectar el capital social al proceso educativo. Coleman [17] define capital social como un recurso dentro de las relaciones sociales que permite a los individuos y / o comunidades alcanzar las metas deseadas.

La noción de capital social que guía esta investigación está relacionada con los conceptos de Coleman y Putman. Se propone que el capital social de las redes de producción de conocimiento se puede observar por medio de las características estructurales de la red, en la que grupos de actores trabajan colectivamente en la producción de conocimiento. Así, creemos que la red de coautorías es una forma de representar el capital social de la Facultad y, en este sentido, el estudio de la dinámica de la red da indicios de la acumulación de capital social y de las estrategias colectivas de producción de conocimiento.

¹ Traducción del artículo de [8], pp. 248.

En segundo lugar, revisamos la medición del capital social. Diferentes autores han trabajado en la construcción de mediciones de capital social. Generalmente, se acepta la dificultad que presenta desarrollar estudios empíricos acerca del capital social, puesto que no hay un consenso claro sobre cuáles son los indicadores, los niveles de agregación o las formas más apropiadas de medición [7, 11, 12]. Stone [19] plantea que hay un abismo entre el entendimiento teórico de capital social y las formas utilizadas para medirlo.

En la literatura revisada sobre la medición de capital social, encontramos dos trabajos que condensan y organizan las diferentes propuestas para calcularlo. El primero es la investigación que realiza Stone [19], quien entiende el capital social como las relaciones de redes sociales caracterizadas por las normas de confianza y reciprocidad. En el segundo, Brunie [7] propone una distinción entre variantes significativas del concepto de capital social.

Este trabajo se enfoca en uno de los componentes claves del capital social definidos por Stone [19]; la estructura de las relaciones sociales (dimensión estructural). De esta manera, las redes de co-autoría se entienden como la dimensión estructural del capital social en la Facultad de Ingeniería que acorde con Brunie [7] representa un recurso colectivo que facilita la cooperación entre grupos. En este trabajo se exploran algunas medidas de la red de co-autorías de la Facultad con el fin de estudiar la relación entre el capital social y su producción científica.

Por último, revisamos la producción de conocimiento a través del capital social. En la literatura, se encuentran varios puntos de vista sobre la relación entre las redes sociales y el desempeño de las personas. En la primera propuesta, actores que pertenecen a redes altamente conectadas se desempeñan mejor porque los miembros tienen mayor coordinación, hay más confianza entre ellos y desarrollan mejores habilidades de comunicación ([17], como se cita en [27]). El segundo punto de vista propone que las estructuras sociales abiertas, con muchos huecos estructurales, pueden construir puentes para conectarse con miembros de otros grupos ([21], como se cita en [20]). Adicional a las dos anteriores, hay otro punto de vista que se concentra principalmente en la identificación del actor más importante, porque tiene mayor acceso a la información que actores en la periferia [22]. Finalmente, otros autores dan mayor importancia a la dimensión relacional de las redes, específicamente a los aspectos relacionados con la centralidad.

A nivel mundial la investigación ha venido cambiando, pasando de procesos de investigación cerrados y con poca colaboración, a procesos de investigación científica cada vez más interconectados y con mayor colaboración internacional [23]. A pesar de lo anterior, de que se ha estudiado la estructura de las redes de colaboración científica [24] y se ha encontrado evidencia que demuestra que la colaboración científica incrementa la eficacia de la investigación ([25], como se cita en [20], [23]), pocos autores han estudiado la relación que existe entre la dimensión estructural de la red de

coautorías y la producción de conocimiento [20]. Dentro de éstos, se puede destacar el estudio que realizaron McFadyen y Cannella Jr. [26], en el que se empleó una muestra de las publicaciones de científicos biomédicos de dos universidades para probar la relación entre capital social y producción de conocimiento a nivel individual, a través del método de cuadrados mínimos ordinarios. Los resultados del estudio muestran que, al principio, hay una relación positiva entre el número, la fuerza de las relaciones directas y la producción de conocimiento; sin embargo, con el tiempo se presenta un efecto negativo en la producción de conocimiento.

Por lo anterior, este trabajo se enfoca en estudiar los cambios en la estructura de las redes de colaboración científica de la Facultad de Ingeniería y su relación con la producción.

CAPITAL SOCIAL EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Para realizar una aproximación al estudio de capital social en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, tomamos las publicaciones de los profesores de la Facultad entre el año 2001 y 2010 en libros, artículos en conferencias, artículos publicados en libros y artículos publicados en revistas indexadas en *ISI Web of Knowledge* empleando el sistema ACADEMIA. Empleamos las coautorías como una de las formas en las que los profesores de la Facultad se organizan para producir conocimiento. Sugerimos además que las características estructurales de la red resultante de las interacciones entre los coautores, dan indicios del capital social del sistema. Estas características hacen posible la producción y la difusión de conocimiento en una red de coautorías.

En este artículo estudiamos el capital social entendido como la estructura que da lugar a una red dinámica de relaciones que perduran en el tiempo y que son un potencial de producción de conocimiento de una organización. En este sentido, una red que incrementa o mantiene su tamaño promedio, que aumenta su conectividad y que cuenta con subgrupos interconectados, da indicios de acumulaciones de capital social.

Para medir la acumulación de capital social de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes se proponen dos variables basadas en las características estructurales de la red de coautorías: el tamaño y la conectividad de la red. Este estudio se hace para un periodo de 10 años (2001-2010).

El tamaño de la red indica cuántos nodos y conexiones entre los mismos en promedio posee una red. Con esta medida, planteamos que entre mayor sea el número de nodos y conexiones promedio, mayor capital social poseerá la red de coautorías y mayor será el potencial para que un autor pueda trabajar con otros en la red.

Medimos la conectividad de la red a través de la densidad, del grado promedio, de los componentes conectados y del *clustering* de la red (triadas). La densidad es la proporción de posibles conexiones que actualmente están presentes en

la red [22], el grado promedio cuantifica la conectividad promedio de los vértices, el *clustering* provee una medida de la interconectividad de la vecindad de vértices [27] y los componentes conectados indican el número de subgrafos completos presentes en la red [22].

Con esta medida inferimos que, coautores que pertenecen a redes altamente conectadas son más productivos (número de artículos) puesto que tienen un mayor capital social. Los miembros tienen mayor coordinación, hay más confianza entre ellos y desarrollan mejores habilidades de comunicación ([17] citado en [20]).

RESULTADOS

Con el fin de estudiar la relación entre el capital social de la Facultad de Ingeniería, medido en función del tamaño y conectividad de su red de coautorías y la producción de conocimiento de la misma, medida a través del número de artículos *ISI*, observamos la evolución de estas publicaciones y la comparamos con la evolución de las medidas de tamaño y conectividad de la red.

Del total de artículos publicados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes (aquellos artículos en los que al menos un autor tiene como afiliación institucional la Facultad) se encontró que el 52% de los coautores pertenecen a otras universidades (Figura 1). A pesar de que los artículos escogidos fueron de personas de la Facultad, solamente el 35% de los coautores pertenecen a la Facultad. Adicionalmente se puede observar un progreso a través de los años de la producción de artículos de la Facultad. La Facultad pasó de 5 artículos en el 2001 a 87 en el 2010: en menos de diez años incrementó más de diez veces su producción (Figura 2). Este resultado sugiere que el incremento en la producción podría estar relacionado con el crecimiento y la conectividad de la red. Esto se puede observar más adelante al analizar las medidas de la red.

Desde el año 2001 hasta el año 2010 el tamaño de la red anual de coautorías de la Facultad de Ingeniería ha venido

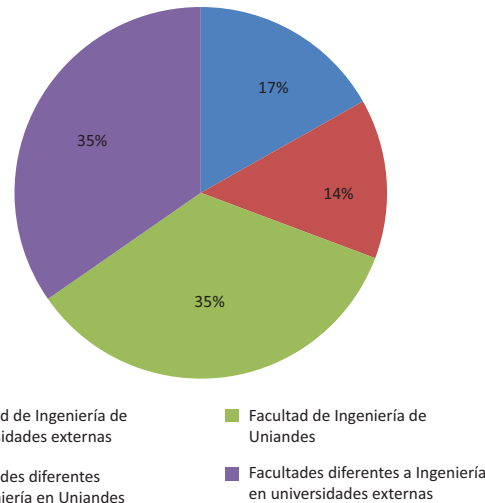


Figura 1. Distribución de co-autores en artículos *ISI* con al menos un co-autor perteneciente a la Facultad de Ingeniería de Uniandes (2001-2010)

creciendo en número de coautores y número de conexiones entre éstos (Figura 3). En la figura 4 se observa un incremento en el número de coautores (nodos) a partir del año 2006. Desde este mismo año, se observa un crecimiento en la colaboración (conexiones) entre los coautores. El diámetro² del subgrafo más grande de la red también crece con el tiempo (Figura 3) lo cual significa que el tamaño de los grupos está creciendo a través del tiempo. El crecimiento de la red implica un crecimiento en el capital social de la Facultad de la Universidad de los Andes ya que significa que el tamaño de los equipos investigando es más grande (subgrafos), que hay más investigadores (nodos) y más relaciones (conexiones). Estos equipos de personas y relaciones son un capital social porque se mantienen en el tiempo y pueden dar a la Facultad acceso a ciertos recursos que no sería posible obtener sin la red que se está construyendo.

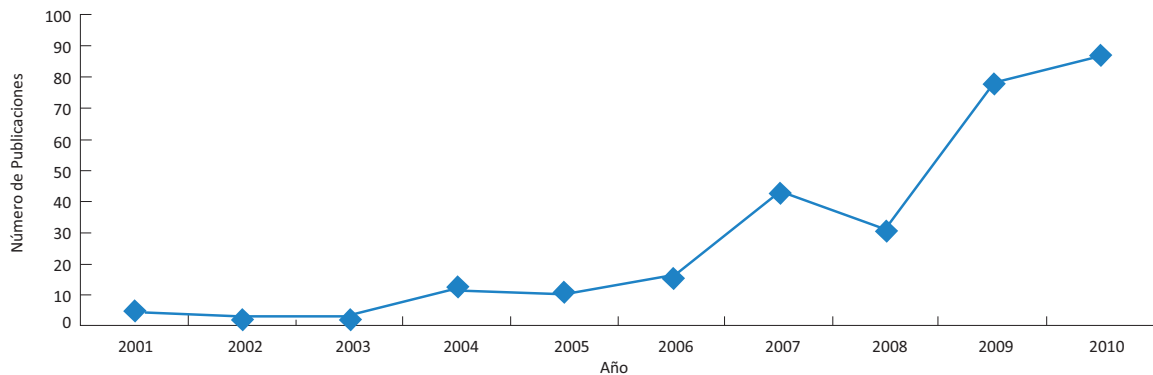


Figura 2. Artículos indexados en revistas *ISI* de la Facultad de Ingeniería de Uniandes según ACADEMIA

² Diámetro de un grafo o subgrafo es la longitud de la distancia geodésica (longitud de la distancia más corta entre dos nodos) más larga entre cualquier par de nodos [29].

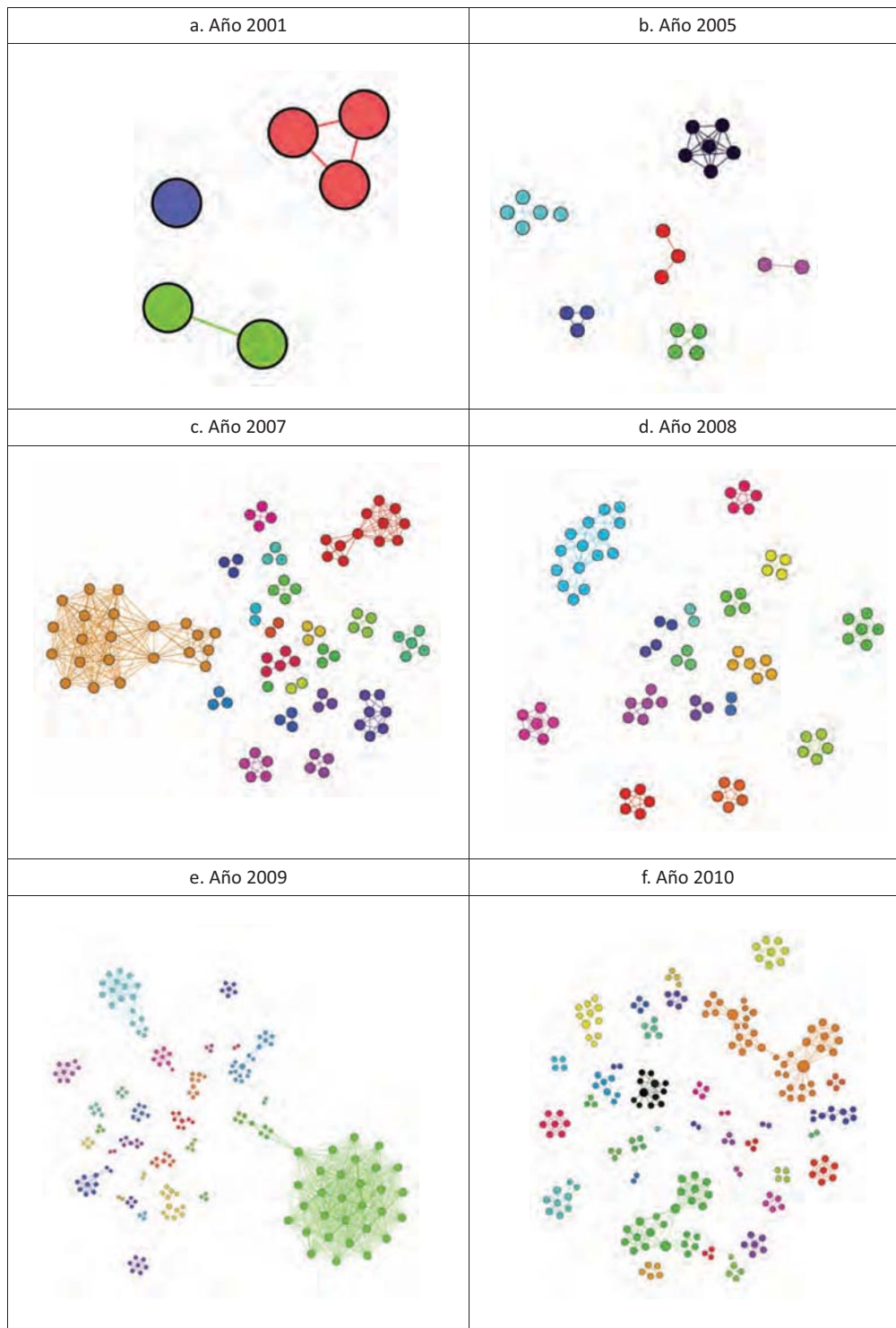


Figura 3. Redes de coautoría de la Facultad de Ingeniería de Uniandes para diferentes años del periodo 2001-2010. El color representa cada componente (sub-grafo) de la red.

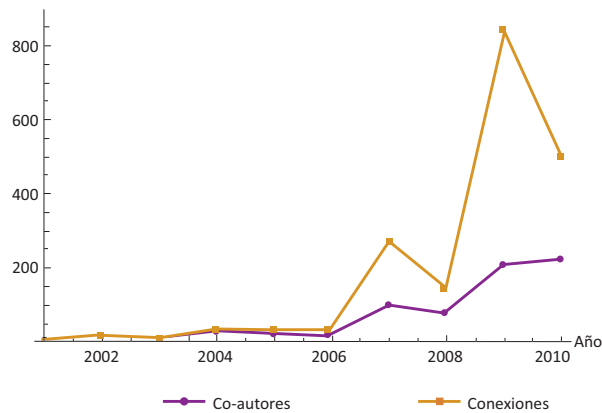


Figura 4. Evolución del número de co-autores y conexiones de la red de coautorías (2001-2010)

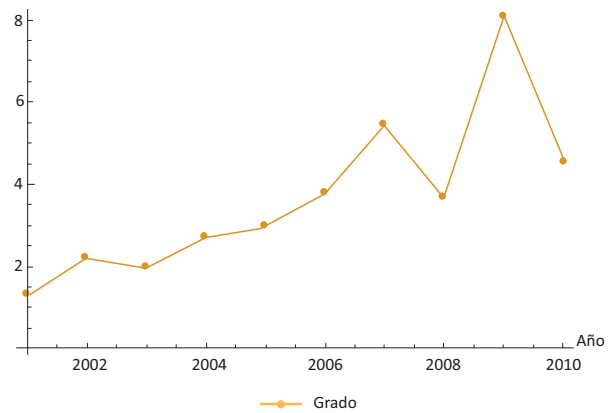


Figura 5. Evolución del grado promedio de los nodos (co-autores) de la red de coautorías (2001-2010)

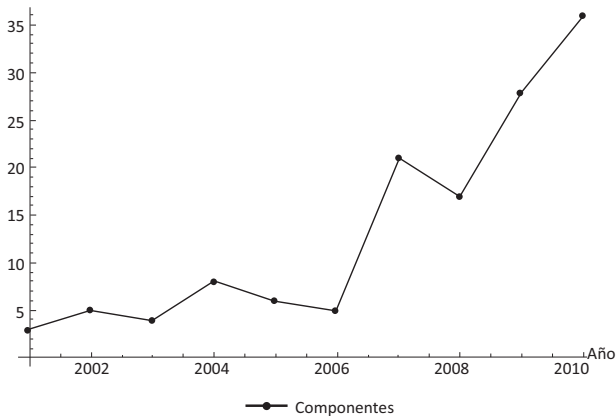


Figura 6. Evolución del número de componentes conectados (sub-grafos) de la red de coautorías (2001-2010)

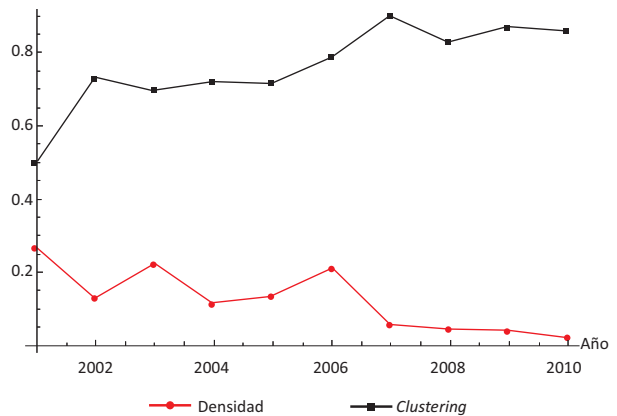


Figura 7. Evolución de la densidad y del coeficiente de clustering en la red de coautorías (2001-2010)

En cuanto a la conectividad de la red se observa que el número de componentes conectados de la red ha crecido, es decir, el número de subgrafos ha aumentado en el tiempo (Figura 6). En general se puede observar que hay una baja conexión entre los subgrafos. También se puede notar que la densidad de la red disminuye con el tiempo, mientras que la proporción de *clusters* en la red aumenta, conservando una correlación negativa (Figura 7). Estos resultados muestran que la red ha crecido porque hay un mayor número de coautores y conexiones entre estos a nivel general de la red, y también se ha dado por el aumento del número de subgrafos que están desconectados entre sí. Sin embargo, la conectividad entre los grupos no aumenta con el tiempo. Mark Granovetter [28] plantea que el número de conexiones que comparten dos nodos es una medida de la fortaleza de la conexión entre ellos. También muestra que las conexiones débiles (conexiones entre dos nodos que comparten pocas conexiones) son muy importantes en la difusión de la información porque unen subgrafos y permiten que la información se distribuya a través de toda la red. La red de coautorías de la Facultad ha crecido en el número de grupos

pero hay pocas conexiones débiles y por lo tanto es difícil que la información se distribuya a través de la red.

Al comparar la evolución del tamaño de la red de coautorías de la Facultad de Ingeniería y el aumento de la conectividad de la red con la producción de artículos *ISI* de los miembros de la Facultad se puede observar que la red evoluciona en el tiempo con patrones similares a cómo evoluciona la producción de artículos. Por ejemplo, se puede observar que la producción de artículos tiene una disminución en el año 2008 y un pico en el año 2009 (Figura 2) que se relaciona con las curvas de grado promedio, componentes conectados y el coeficiente de *clustering*. Esto proporciona una primera evidencia de que la producción de conocimiento no sólo se afecta por el número de coautores y conexiones de la red, sino también por el número y el tamaño de los subgrupos (Figuras 3, 4, 6 y 7). Particularmente se puede observar que la producción de conocimiento de los últimos 3 años se incrementó no sólo por el aumento de los subgrupos sino también por el crecimiento en el tamaño y la conectividad al interior de los mismos. Lo anterior, muestra la relación que se está observando entre el capital social de la red de coautorías y la producción de conocimiento de la misma.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes ha sido exitosa promoviendo las publicaciones *ISI* mediante diferentes estrategias que han fortalecido la actividad investigativa. Algunas de estas estrategias son el incremento de profesores con doctorado, el fortalecimiento de los grupos de investigación, programas de movilidad, apoyo para participación en eventos a profesores y estudiantes, y mejoras en los laboratorios. La aplicación de estas estrategias ha resultado en el crecimiento que ha tenido año tras año la facultad en número de publicaciones. Estas estrategias se evidencian en el crecimiento de la red de coautores, en número de investigadores que pertenecen a ella, en el número de relaciones entre éstos y en la diversidad de su red. El crecimiento de la red es un capital de la Universidad, pues las relaciones de investigación facilitan el desarrollo de nuevos proyectos y muestran un aprendizaje obtenido en los últimos años gracias al trabajo en conjunto. El crecimiento de esta red, con el tiempo, se ha dado de dos formas; la red ha crecido en su número de componentes, lo cual quiere decir que han surgido nuevos equipos de investigación y también ha crecido el tamaño de los grupos, lo que indica que los equipos de investigación, previamente establecidos, se están haciendo más grandes en número de nodos y conexiones. En las redes estudiadas para los diferentes periodos, observamos una desconexión entre los diferentes grupos de coautores. En efecto, se evidencia que los coautores de la Facultad de Ingeniería tienden a colaborar en su mayoría con coautores de otras universidades y de otras facultades. La falta de cohesión entre los grupos de la Facultad puede representar un problema ya que la información relevante puede no ser difundida a través de la red.

REFLEXIONES FINALES

En el caso de la Facultad de ingeniería de la Universidad de los Andes pudimos corroborar, con este trabajo, que el modelo anglosajón utilizado por los fundadores de los Andes contaba con una estructura de capital social que lo haría generar la más alta producción de conocimiento a nivel mundial. Por ello, para cerrar, haremos una reflexión sobre la intuición de los fundadores de Uniandes, pues es, tal vez, la razón para haber podido acumular el capital social que hemos mostrado. Esta reflexión abre otro ámbito de exploración que profundizaremos en un futuro artículo.

Cabe recordar que para seguir el modelo norteamericano, los fundadores de los Andes constituyeron una junta consultiva conformada por diecisiete miembros [1]. De éstos, ocho estaban vinculados a la Universidad de Columbia, dos a la Universidad de Princeton, uno a la Universidad de Fordham, uno a la Universidad de California, uno a la Universidad de Georgia, uno a la Universidad de Duke, uno a la Universidad de Harvard y uno era un escritor que vivía en New York. La cantidad de miembros de la junta consultiva provenientes de la Universidad de Columbia no ha sido resaltada de la misma manera como el hecho de que Einstein formó parte de ella. En este sentido, creemos que los fundadores de la Universidad de los Andes percibieron que la Universidad de Columbia contaría con el capital social para generar una producción que la ubicaría, hoy en día, en el *top* diez a nivel mundial.

Hemos mostrado el camino de acumulación de capital social que se ha conseguido en estos años. En estos 20 años la *Revista de Ingeniería* ha sido una guía para esta construcción. Comprendemos que todavía queda mucho camino por

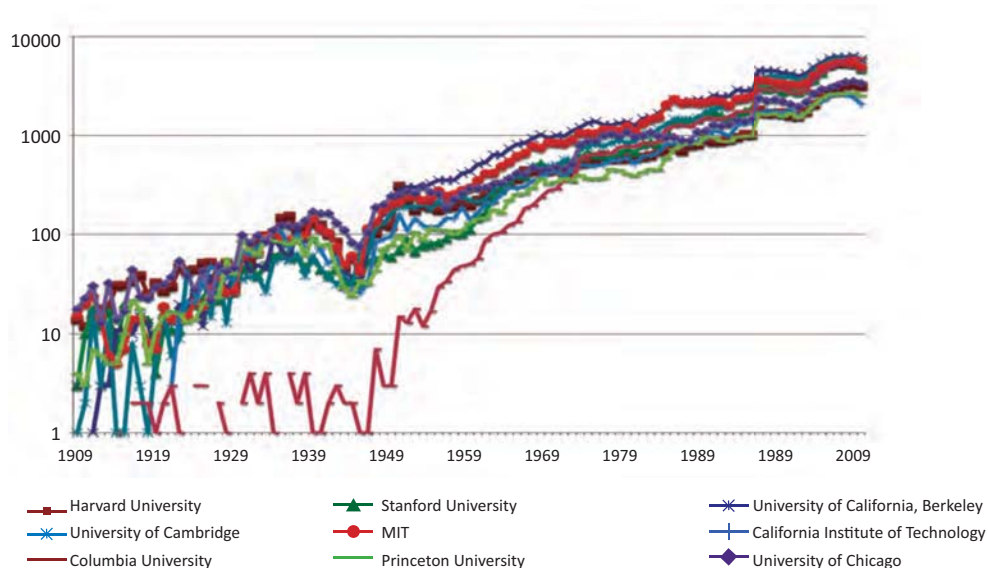


Figura 8. Patrones en el crecimiento de las publicaciones en las universidades –Top 10 ARWU -
Fuente: Academic Ranking of World Universities (ARWU) [29]

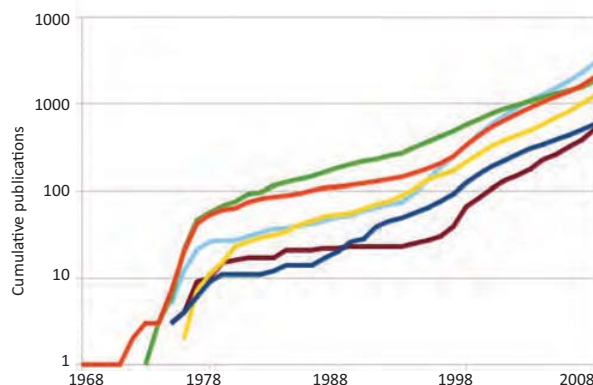


Figura 9: Patrones en el crecimiento de las publicaciones de las universidades colombianas más productivas (Gráfica Log normal) [5]

recorrer. A nivel local, las universidades colombianas con mayor producción de artículos indexados presentan un patrón de crecimiento en publicaciones de tipo exponencial similar al de las mejores universidades del mundo (en un estado diferente y en órdenes de magnitud menores). Lo anterior da indicios de que las universidades colombianas están en una etapa por la que ya pasaron hace varios años las mejores universidades del mundo (Figuras 8 y 9).

Como en toda gran travesía los primeros pasos son muy importantes y ya se han dado en la Universidad de los Andes. Por ello podríamos recordar para cierre de esta reflexión, la expresión de Warren McCulloch: “No muerdas mi dedo, mira hacia dónde está apuntando” (“Don’t bite my finger, look where I am pointing”).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Bell, P. Pinzon de Lewin, L. Morales, D. Rojas. *Historia de la Universidad de los Andes. Tomo I Inicios 1948-1977*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes, Ediciones Uniandes, 2008.
- [2] R.P. Atcon. *La universidad latinoamericana clave para un enfoque conjunto del desarrollo coordinado social, económico y educativo en América Latina*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 1961.
- [3] C. Tünnerman. *Aproximación histórica a la Universidad y su problemática actual*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes, Ediciones Uniandes, 1997.
- [4] J. R. Cole. *The Great American University*. United States, New York. PublicAffairs, 2009.
- [5] Bucheli, V., Diaz, A., Zarama, R.. "The growth of the scientific production of colombian universities: An intellectual capital-based approach". *The 13th biennial International Conference on Scientometrics and Informetrics. Proceedings of ISSI 2011*. In: Ed Noyons, P. N. J. L. (Ed.), International Society for Scientometrics and Informetrics, 2011, pp. 135–142.
- [6] K. Annen. “Social Capital, Inclusive Networks, and Economic Performance”. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 50, No. 4, 2003, pp. 449-463. doi:10.1016/S0167-2681(02)00035-5
- [7] A. Brunie. “Meaningful Distinctions within a Concept: Relational, Collective, and Generalized Social Capital”. *Social Science Research*, Vol. 38, No. 2, 2009, pp. 251-265. doi:10.1016/j.ssresearch.2009.01.005
- [8] F. E. Baum, & A. M. Ziersch. “Social Capital”. *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. 57, No. 5, 2003, pp. 320 -323. doi:10.1136/jech.57.5.320
- [9] Y. K. Chou. “Three Simple Models of Social Capital and Economic Growth”. *Journal of Socio-Economics*, Vol. 35, No.5, 2006, pp. 889-912. doi:10.1016/j.soccec.2005.11.053
- [10] S. Dinda. “Social Capital in the Creation of Human Capital and Economic Growth: A Productive Consumption Approach”. *Journal of Socio-Economics*, Vol. 37, No. 5, 2008, pp. 2020-2033. doi:10.1016/j.soccec.2007.06.014
- [11] N. Jones. “Environmental Activation of Citizens in the Context of Policy Agenda Formation and the Influence of Social Capital”. *The Social Science Journal*, Vol. 47, No.1, 2010, pp.121-136. doi:10.1016/j.soscij.2009.05.008
- [12] A. D. Mitchell, & T. J. Bossert. “Measuring Dimensions of Social Capital: Evidence from Surveys in Poor Communities in Nicaragua”. *Social Science & Medicine*, Vol. 64, No.1, 2007, pp. 50-63. doi:10.1016/j.socscimed.2006.08.021
- [13] P. Bourdieu. “The Forms of Capital”. In: *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*. J.Richardson, (Ed.). Westport, CT: Greenwood Press, 1986, pp. 241–258.
- [14] R. Putnam, R. Leonardi, R. Nanetti. *Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1993.
- [15] R. D. Putnam. “Bowling Alone: America’s Declining Social Capital”. *Journal of Democracy*, Vol. 6, No. 1, 1995, pp. 65–78.
- [16] R. D. Putnam. *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. New York: Simon & Schuster, 2000.
- [17] J. S. Coleman. “Social Capital in the Creation of Human Capital”. *The American Journal of Sociology*, Vol. 94, Supplement: Organizations and Institutions: Sociological and Economic Approaches to the Analysis of Social Structure, 1988, pp. 95–120.
- [18] J. S. Coleman. *Foundations of social theory*. Cambridge: Harvard University Press, 1990.

- [19] W. Stone. "Measuring Social Capital: Towards a Theoretically Informed Measurement Framework for Researching Social Capital in Family and Community Life". Research paper, No. 24. Melbourne: Australian Institute of Family Studies, Febrero 2001.
- [20] C. N. Gonzalez-Brambila, & F. Veloso. "Social Capital in Academic Engineers". PI CMET 2007 Proceedings, 5-9 August, Portland, Oregon - USA © 2007 PI CMET, pp. 2565-2572.
- [21] R.S. Burt. *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press, 1992.
- [22] S. Wasserman and K. Faust. *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge, England: Cambridge University Press, 1994.
- [23] *Knowledge, Networks and Nations: Global scientific collaboration in the 21st century*. The Royal Society. Excellence in Science. ELSEVIER, 2011.
- [24] M. E. J. Newman. "The Structure of Scientific Collaboration Networks". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 98, No.2, 2001, pp. 404-409.
- [25] P. Stephan, and S. Levin. "The Critical Importance of Careers in Collaborative Scientific Research". *Revue d'Economie Industrielle*, Vol. 79, 1997, pp. 45-61.
- [26] A. McFadyen & A. A. Cannella Jr. "Social Capital and Knowledge Creation: Diminishing Returns of the Number and Strength of Exchange Relationships". *Academy of Management Journal*, Vol. 47, No. 5, 2004, pp. 735-746.
- [27] A. Barrat, M.Barthélemy, & A.Vespignani. *Dynamical Processes on Complex Networks*. New York: Cambridge University Press, 2008.
- [28] M. S. Granovetter. "The strength of Weak Ties". *American Journal of Sociology*, Vol. 78, No. 6, 1973, pp. 1360-1380.
- [29] V. Bucheli, R. Zarama. *Growth common patterns in the knowledge production of the ranked universities*. Tesis de Doctorado no publicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes 2011.