



LA INVESTIGACIÓN EN CRECIMIENTO, EL CASO DE LAS UNIVERSIDADES COLOMBIANAS

Eixo temático: Produção e Produtividade Científica

Modalidade: Apresentação oral

1 INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica y específicamente en Colombia, la investigación se desarrolla principalmente en las universidades que concentran gran parte de los recursos, el personal calificado y los esfuerzos para la investigación (CINDA, 2010; Villaveces & Forero-Pineda, 2007). En las universidades colombianas la gestión de la investigación ha cobrado cada vez mayor importancia, debido a su reconocimiento científico y a los procesos de acreditación de calidad. Algunas universidades colombianas han definido políticas internas de investigación basadas en indicadores, que han sido útiles como marco de referencia para representar y medir sus capacidades de investigación; estos indicadores se relacionan con las entradas y salidas del proceso de investigación (Vicerrectoría de Investigaciones, 2009; Villaveces et al., 2010).

Se propone un modelo no solo con el fin de reproducir el comportamiento de la actividad científica de las universidades, sino también como herramienta que permita reflexionar sobre la organización del sistema de producción de conocimiento de las universidades. El modelo conceptual permite estudiar la investigación en las universidades como un sistema con estructuras de realimentación, en el cual, además de sus entradas y salidas es de interés sus dinámicas e interacciones. Se plantea que estas estructuras en los procesos de investigación generan la acumulación o fuga de capacidades para investigar (capital intelectual), que finalmente afectarán la producción científica de las universidades.

El documento está organizado en las siguientes secciones: en la primera se presenta una breve descripción sobre la investigación en las universidades colombianas y el concepto de capital intelectual; en la siguiente parte se describe el modelo construido desde el enfoque propuesto. Por último, se muestran los datos de publicaciones de las universidades colombianas y se discute cómo los comportamientos observados se relacionan con las estructuras de realimentación definidas en el modelo.



2 ESTRUCTURAS DE REALIMENTACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN

2.1 LA INVESTIGACIÓN EN LAS UNIVERSIDADES COLOMBIANAS

Los planes y estrategias que guían la investigación de las universidades colombianas se han basado en indicadores que les permiten medir en cada período de tiempo las entradas y salidas del proceso de investigación. Sin embargo, las universidades son “sistemas dinámicos, complejos y no lineales” (Kennedy, 2002); los indicadores relacionados con la investigación permiten representar las entradas y salidas de los procesos de investigación que se llevan a cabo en la universidad, pero no logran capturar toda su complejidad. Además, dado que en estos procesos se involucran diversos actores que toman decisiones y que interactúan dinámicamente, los modelos no dinámicos podrían no ser apropiados para apoyar la toma de decisiones (Schwaninger, 2009).

La investigación en las universidades es un proceso dinámico que permite la acumulación continua de “capacidades de producción de conocimiento” o de capital intelectual (CI) (Villaveces et al., 2008), proceso en el que los recursos destinados a la investigación de un periodo son capitalizados y permiten desarrollar la investigación en el periodo siguiente (V. Bucheli, Villaveces, & Daza, 2008; Villaveces, et al., 2008). El CI se divide en cuatro categorías: capital humano, capital estructural, capital relacionas y capital financiero.

2.2 MODELO CONCEPTUAL

En la Figura 1. se presenta un modelo conceptual de los procesos de investigación en las universidades, que se basa en (Díaz, Bucheli, & Zarama, 2010), con el fin de representar la estructura del sistema y entender las estructuras de realimentación que generan la acumulación del capital para investigar.

La herramienta que se utiliza es el Diagrama de Ciclos Causales (DCC) de la metodología de dinámica de sistemas, que permite representar la estructura causal del modelo (Sterman, 2000): las variables se relacionan por enlaces causales que indican la existencia de una relación causal entre dos variables, cada enlace causal tiene una polaridad “+” o “-”, que indica el efecto que tiene una variable sobre la otra (si la variable independiente se incrementa y genera un incremento en la variable dependiente entonces se dice que es “+”, si la variable independiente se incrementa y produce una disminución en la variable dependiente se dice

que es una relación “-“). A partir de los enlaces causales se identifican los ciclos de realimentación que pueden ser de Refuerzo (+: ciclos que buscan sacar del equilibrio al sistema reforzando el incremento o disminución de cierto efecto) o de Balance (-: ciclos que buscan llevar al sistema al equilibrio).

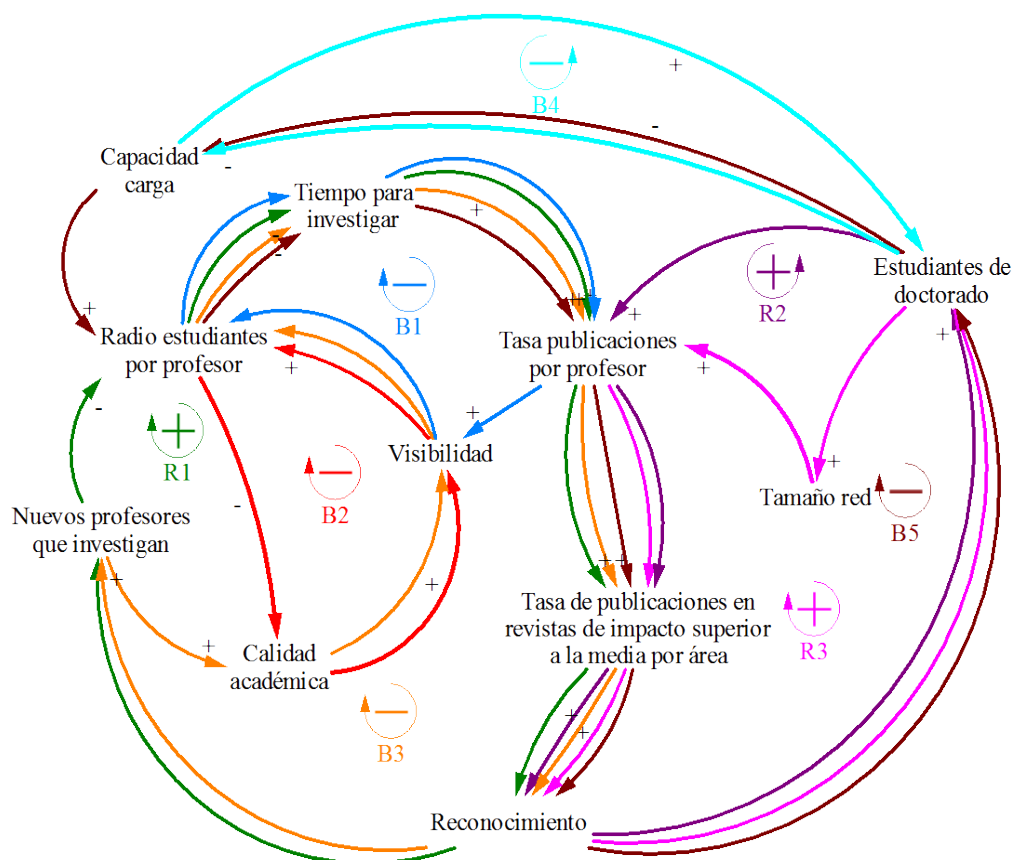


Figura 1. *Modelo conceptual crecimiento producción de conocimiento*

2.2.1 Variables utilizadas en el modelo

Variable	Descripción
Capacidad de carga	El crecimiento de un sistema esta regulado por su capacidad de carga, en el caso de una universidad, esta capacidad se relaciona con la planta física y recursos financieros que limitan entre otras cosas, el número de estudiantes y profesores.
Tiempo dedicado a investigar	Tiempo dedicado por los profesores a investigar, este tiempo es afectado por la carga docente, consultorias, actividades administrativas y otras propias de la vida académica.
Tasa producción de publicaciones por profesor	Indica el número de publicaciones promedio que un profesor produce en un año. Las publicaciones son uno de los resultados de investigación, en éstas se puede observar la comunicación entre pares o miembros de una comunidad científica. Es por esto que el indicador de número de publicaciones se asocia a la actividad científica. En este trabajo tomamos los artículos publicados en revistas indexadas en Thomsom ISI Web of Knowledge (WoS).
Visibilidad	Está asociada a cuál es el tamaño de la producción de una universidad respecto al total de publicaciones en el sistema Thomsom ISI Web of Knowledge (WoS) por año. Así, las universidades con un mayor porcentaje de publicaciones son más visibles que otras.
Tasa de publicaciones en revistas de impacto superior a la media por área	Una medida utilizada para la comparación de revistas es el factor de impacto, dicha medida se calcula como el promedio de citas obtenidas por los papers publicados en los últimos dos años. Cada revista pertenece a un tema y por lo tanto es posible calcular la tasa de publicaciones en revistas que tienen un factor de impacto mayor que el de la media del área.



Variable	Descripción
Reconocimiento	Para una universidad el reconocimiento de la comunidad científica es central y en muchos casos se asocia con su capacidad de producción de conocimiento. Una forma de representar el reconocimiento en la producción científica es la cita, esta puede ser entendida como "dar el crédito a otros investigadores por el trabajo que han hecho".
Estudiantes de doctorado	Para una universidad que investiga los estudiantes de doctorado son capital humano para la actividad científica pues traen nuevas ideas, métodos, redes, e incrementan la tasa de producción de sus asesores.
Calidad académica	La actividad de investigación se relaciona con la docencia, para el modelo suponemos que la investigación tiene implicaciones en la forma de diseñar los cursos y currículos en una universidad, teniendo en cuenta que los profesores que investigan cuentan con las capacidades para no solo transmitir currículos predefinidos, sino también, nuevos temas propios de su investigación. De igual manera, la actividad de investigación impacta en el capital cultural del profesor y esto lleva a que las competencias para desarrollar un curso sean de calidad.
Tamaño de la red	La red de producción de conocimiento que conforman los profesores de la universidad, estudiantes de doctorado, asesores internacionales e investigadores externos a la universidad tiene un impacto positivo en la producción. Esto se debe a los beneficios de trabajar en red tales como la eficiencia y accesibilidad a recursos dispuesto en la red.

Tabla 1. *Variables del sistema*

2.2.2 Estructuras de realimentación

Capital humano profesores: el ciclo R1 muestra el refuerzo de la producción de conocimiento por contratación de profesores que investigan. En las universidades los profesores son un capital humano importante para la investigación (Villaveces, et al., 2008). En este sentido incrementar el profesorado de planta con personal calificado para investigar impulsa las publicaciones de la universidad las cuales le generaran un mayor reconocimiento. Las publicaciones en revistas de mayor impacto refuerzan el reconocimiento por dos vías: la primera por el reconocimiento directo que logra la universidad al publicar en este tipo de revistas que cuentan con canales de comunicación de mayor visibilidad y por ser reconocidas en su área; y la segunda relacionada con las citaciones que pueden recibir los artículos dado que las revistas con mayor factor de impacto son las que tienen un mayor número de citas promedio. Este reconocimiento es central en la competencia entre universidades por recursos, ideas, profesores y estudiantes (Samil, 2009).

Capital humano estudiantes de doctorado: el ciclo R2 define el refuerzo de la producción de conocimiento a partir del reconocimiento de la universidad y su efecto en el ingreso de los estudiantes de doctorado. Como se había planteado anteriormente el reconocimiento de la universidad es un factor clave al momento de atraer estudiantes y profesores. Lo que se propone es que los estudiantes de doctorado fortalecen la investigación en las universidades ya que incrementan la tasa de producción de los profesores que los asesoran dado que traen consigo nuevas ideas, redes, tecnologías, tiempo para investigar, entre otros; que finalmente refuerza la producción de conocimiento.



Capital social, tamaño de la red: el ciclo R3 define el refuerzo de la producción de conocimiento a partir del tamaño de la red de producción de la universidad. El tamaño de la red tiene un efecto positivo en la producción de conocimiento ya que trabajar en red permite acceder a diferentes tipos de recursos y fluyen ideas, conocimientos e información. Un ejemplo de ello, son los artículos publicados en el tema de altas energías en el área de física, donde se encuentran trabajos con más de 500 coautores, entre estudiantes y profesores de diferentes universidades y que en un año producen gran número de artículos como red (cada autor tendría más de 75 artículos al año). En el caso de Colombia, el tamaño de la red de investigación de las universidades se afecta por el número de estudiantes de doctorado, ya que los programas de doctorado exigen un asesor nacional y otro internacional, esto potencia el tamaño de la red y de igual forma el capital social.

Tiempo de profesores dedicado a la investigación: el ciclo B1 captura la regulación entre las estructuras docencia-investigación, que puede verse afectada por la relación estudiantes por profesor. La actividad docente limita el tiempo que un profesor dedica a investigar y por tanto su producción científica. La producción científica de la universidad genera visibilidad de la universidad en la sociedad en general, lo que promueve el interés de estudiantes por ingresar a los programas; un incremento en los estudiantes que ingresan puede limitar el tiempo para investigar de los profesores.

Crecimiento de estudiantes: B2 muestra la regulación de la visibilidad de las universidades por el número de estudiantes que atiende un profesor. Esta razón crece cuando ingresan más estudiantes que profesores lo que afecta negativamente la calidad académica y por consiguiente la visibilidad.

Contratación de profesores: B3 propone que la contratación de profesores que investigan se ve regulada por la visibilidad y el ingreso de estudiantes a la universidad. Como en el ciclo anterior, el ratio de estudiantes por profesor limita la actividad investigada de la universidad y por tanto su reconocimiento en la actividad científica; lo anterior disminuye los nuevos profesores potenciales, con capacidades para investigar

Capacidad de carga: Los ciclos B4 y B5 regulan el tamaño de la universidad. Como se explicó, una universidad tiene una capacidad máxima que limita el crecimiento del número de estudiantes.

3. RESULTADOS

En el modelo propuesto se presentan algunas estructuras de realimentación de la producción de conocimiento, estas se relacionan con el crecimiento del sistema. De igual manera, estas estructuras regulan el tamaño de la universidad y auto-regulan su producción intelectual. El comportamiento esperado de un sistema con capacidad de carga (como en el caso de las universidades) es un crecimiento *S-shaped* como el presentado en la figura 2. Este se caracteriza por un crecimiento exponencial en la primera fase de la curva, seguida por un punto de inflexión a partir del cual se presenta un crecimiento constante o regulado dadas la restricciones de capacidad del sistema; sin embargo, una nueva estrategia de crecimiento podría generar un nuevo crecimiento exponencial.

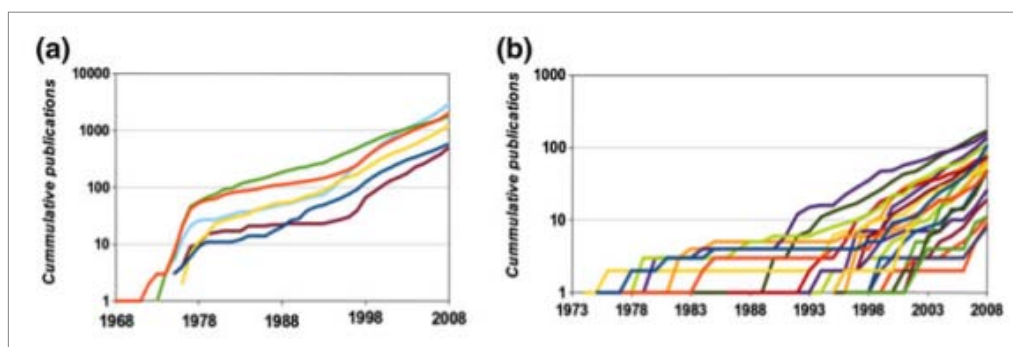


Figura 2. Crecimiento *S-shaped*

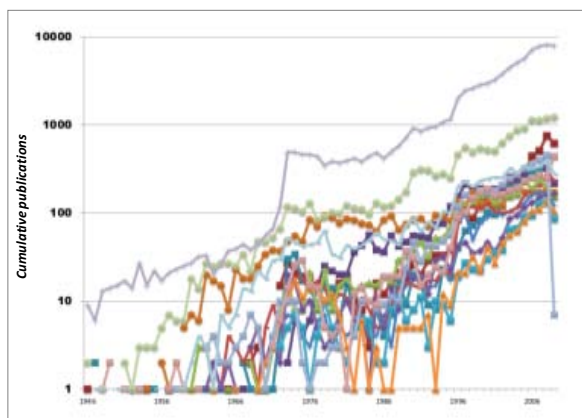
La Gráfica 1. muestra la curva de publicaciones de universidades a diferentes escalas (país, Latinoamérica y el mundo). En el caso de las universidades colombianas se observan tres tipo de crecimiento, (a) universidades que han crecido exponencialmente desde hace aproximadamente cincuenta años; (b) universidades que han crecido exponencialmente desde hace cuarenta años aproximadamente (Victor Bucheli et al., 2012). Las universidades que más han acumulado capital intelectual son las que tienen un mayor crecimiento en las publicaciones. En la Gráfica 1. se observa que el comportamiento de las publicaciones de varias universidades no sólo a nivel país (Colombia) sino en otras escalas, se ajusta un patrón de crecimiento en S como el mostrado en la Figura 2. Este comportamiento puede entenderse a partir de las estructuras de realimentación expuestas en el modelo presentado en la Figura 1.

El modelo permite encontrar los aspectos relevantes de la producción científica de la universidad colombiana, tales como: la acumulación de capital intelectual es central para impulsar la actividad científica donde esta acumulación puede relacionarse con el crecimiento del capital humano para investigar como profesores y estudiantes de doctorado; crecimiento

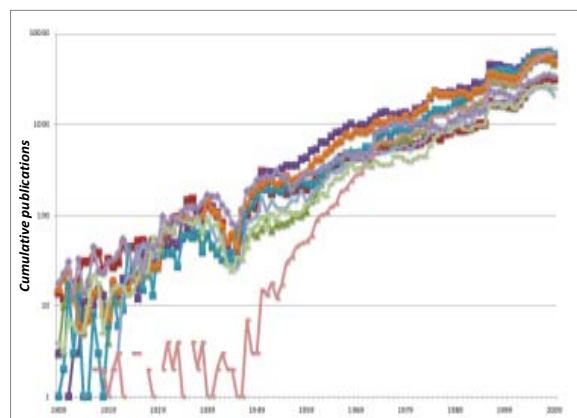
de las redes de investigación, balance entre la estructura docencia-investigación y el incremento de la visibilidad y reconocimiento. Es importante también tener en cuenta que la capacidad de carga de la universidad regula su crecimiento y puede limitar la acumulación de capital intelectual.



Universidades colombianas



Universidades Latinoamericanas



Universidades ARWU

En la gráfica de la arriba se presentan dos grupos de universidades colombianas, en la gráfica de la izquierda se presenta un grupo de universidades de Latinoamericanas, y en la gráfica de la derecha se presentan las 10 primeras universidades clasificadas en Academic Rankig World Universities o Ranking de Shanghai.

Gráfica 1. Crecimiento de las publicaciones por universidades

El modelo se centra en el capital humano y de alguna forma el capital social, sin embargo el capital estructural, no se tiene en cuenta y aspectos de normas y organización se proponen estudiar como trabajo futuro.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la financiación de CEIBA- Colciencias y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.



REFERENCIAS

Bucheli, V., Díaz, A., Calderón, J., Lemoine, P., Valdivia, J., Villaveces, J., et al. (2012). Growth of scientific production in Colombian universities: an intellectual capital-based approach. *Scientometrics*, 91(2), 369-382.

Bucheli, V., Villaveces, J. L., & Daza, S. (2008). Recursos Destinados destinados a los procesos de investigación en la Universidad de los Andes. Una aproximación desde el capital intelectual. In J. L. e. a. Villaveces (Ed.), *La investigación en Uniandes 2007: elementos para una política* (pp. 63-102). Bogotá: Ediciones Uniandes.

Centro Interuniversitario de Desarrollo (CINDA). (2010). El rol de las universidades en el desarrollo científico y tecnológico. Educación Superior en Iberoamérica. Informe 2010.

Díaz, A., Bucheli, V., & Zarama, R. (2010). *La investigación en la Universidad de los Andes como procesos de acumulación de capital humano: una aproximación desde la Dinámica de Sistemas*. Paper presented at the 8º Congreso Latinoamericano y 8º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Medellín, Colombia.

Kennedy, M. (2002, 28 July - 1 August). *An extended Taxonomy of System Dynamics Models of Higher Education*. Paper presented at the Proceedings of the 20th International Conference of the System Dynamics Society., 28 July - 1 Agosto(Palermo, Italy). Palermo, Italy.

Samil, J. (2009). *The Challenge of Establishing World-Class Universities*. Washington: Mayol Ediciones.

Schwaninger, M. (2009). System Dynamics in the Evolution of the Systems Approach

Encyclopedia of Complexity and Systems Science. In R. A. Meyers (Ed.), (pp. 8974-8987): Springer New York.

Sterman, J. (2000). *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston, MA, USA.

Vicerrectoría de Investigaciones. (2009). *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia: 2000-2008*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Villaveces, J. L., Bonilla, R., Bucheli, V., Chavarro, D., Delgado, L., Montilla, C., et al. (2010). *La investigación en Uniandes: construcción de una política*. Bogotá: Ediciones Uniandes.

Villaveces, J. L., & Forero-Pineda, C. (2007). Cincuenta años de ciencia en Colombia 1955-2005. In C. Forero-Pineda (Ed.), *Fundación Alejandro Ángel Escobar- 50 Años* (pp. 97-136). Bogotá: Arfo editores e impresores.

Villaveces, J. L., Orozco, L. A., Chávarro, D. A., Crithian, R., Llanos, E., Silva, A., et al. (2008). *La investigación en Uniandes 2007: elementos para una política*. Bogotá: Ediciones Uniandes.