



**ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES CIENTÍFICAS Y  
ACADÉMICAS DE LAS CIENCIAS BÁSICAS MÉDICAS Y  
DE LA SALUD PÚBLICA EN COLOMBIA  
¿UNA DIFERENCIA?**

**Hernán Jaramillo Salazar  
Carolina Lopera Oquendo**

**SERIE DOCUMENTOS DE TRABAJO**

**No. 48  
Octubre 2008**

---

# Análisis de las comunidades científicas y académicas de las ciencias básicas médicas y de la salud pública en Colombia

## ¿Una diferencia?<sup>1</sup>

Hernán Jaramillo Salazar  
Carolina Lopera Oquendo

---

### Resumen

El objetivo de este trabajo es caracterizar la dinámica de los recursos humanos en investigación y su producción científica al interior de las comunidades de salud pública y ciencias básicas biomédicas del país. El enfoque de este estudio articula la evaluación del comportamiento de los recursos humanos y el tránsito hacia comunidades científicas, vistos desde la teoría del capital conocimiento (Jaramillo et.al; 2006,2008), con la modelación de las carreras académicas de los investigadores (Dietz y Bozeman; 2005). En este sentido, se estiman los modelos Tobit y de Análisis Multinivel para analizar los Curriculum Vitae (CV) de 5.233 investigadores, utilizando la información suministrada por la Plataforma ScienTI-Colciencias (GrupLAC y CvLAC) actualizada a noviembre de 2007. Los resultados muestran como las carreras académicas de los investigadores en salud pública y ciencias básicas biomédicas difieren significativamente, lo cual se verá reflejado en las tasas de productividad, en la acumulación de experiencia para el desarrollo de las actividades de investigación y en consolidación y caracterización de cada comunidad científica.

**Palabras claves:** recursos humanos en investigación, Capital de conocimiento, carreras académicas y científicas, modelos de regresión discreta y modelos longitudinales

**Clasificación JEL:** C25, C23 O15

### Abstract

The objective of this study is characterizing the dynamics of human resources in scientific research, and the scientific production within the communities of public health and biomedical sciences in the country. The methodology of this study articulates the performance assessment of human resources and transit toward scientific communities, based on the framework of the theory of knowledge capital (Jaramillo et.al; 2006.2008), and the modelling of the academic careers (Dietz and Bozeman, 2005). In this sense, we estimate tobit models and multilevel models to analyze the Curriculum Vitae (CV) of 5.233 researchers. We use information supplied by ScienTI-Colciencias (GrupLAC and CvLAC) updated to November 2007. The results show how the academic careers of researchers in public health and biomedical sciences differ significantly from each other, which is evident when looking at rates of productivity and cumulative experience in the development of research activities inside each specific community.

**Keywords:** Human Resources, Academics and Scientific Careers, Discrete Regression and Qualitative Choice Models, and longitudinal models.

**Clasificación JEL:** C25, C23 O15

---

<sup>1</sup> Documento de trabajo elaborado en el marco del proyecto “Formación de Recursos humanos en Salud y su Tránsito a Comunidades Científicas: Los Casos de la Investigación en Ciencias Básicas-Médicas y en Salud Pública en Colombia”, financiado por el Fondo de Investigaciones Universidad del Rosario –FIUR–.

## Una Hipótesis de Conjunto: ¿Qué Es La Ciencia?

*"La primera generalización que sugieren los estudios... parece trivial y no lo es: la ciencia es improbable. Por natural que sea al homo sapiens la búsqueda del saber y por rutinizada que esté el quehacer científico en la sociedad moderna, la innovación rigurosa y permanente de saberes -o sea la producción científica institucionalizada- es una rara avis en el panorama latinoamericano.*

*También parece trivial (y tampoco lo es) la segunda generalización que dicen estas historias: la ciencia se construye en tensión es decir, no nace de un solo "factor" o (menos aún) "causa", sino que se hace en el cambiante entrecruce de biografías, saberes, ambientes y sociedades.*

*Así pues la ciencia -la buena ciencia- es una construcción improbable y tensa. Improbable, porque siempre y cada vez tiene que ir derrotando la entropía: siempre y cada vez es más fácil no hacer ciencia o hacerla menos buena. Tensa, porque la buena producción científica necesita que converjan hacia ella fuerzas distintas y que suelen divergir: la formación del investigador, los incentivos institucionales, las políticas oficiales, las expectativas del público.... pueden y suelen hablar en sentidos diversos y, en todo caso, suelen hacerlo en direcciones no del todo propicias a la creación de saberes novedosos.*

*La ciencia, en una palabra, es coincidencia. Coincidencia no tanto -o de todas maneras, no sólo- en la acepción estocástica. Coincidencia de signo y magnitud en el lenguaje algebraico, coincidencia de sentido en el lenguaje analítico. Coincidencia como correspondencia y corroboración recíproca entre varios conjuntos de variables, como simetría o coincidencia entre las señales que intercambian los actores o factores de la ciencia.*

*¿Cuáles son esos factores? Los estudios de caso aquí reunidos coinciden en aludir a cinco aspectos, dimensiones o "dominios" en la descripción y análisis de las entidades de investigación: el personal científico, su disciplina o área de especialidad, su comunidad intelectual, las prácticas administrativas y financieras de la institución respectiva, y determinados agentes externos (usuarios, patrocinadores, políticos...). En una o pocas palabras, a estos cinco dominios se los puede llamar respectivamente el "científico", el "proyecto de saber", el "grupo", la "institución" y el "interlocutor"; aunque cada uno de ellos se explora con algún detalle más adelante, conviene acotar de entrada el alcance básico de cada término:*

- "Científico" quiere decir el investigador con una formación, una vocación, una tentación;
- "Proyecto de saber" quiere decir una línea de investigación, un método, una intención;
- "Grupo" quiere decir una solidaridad, un liderazgo, una estrategia;
- "Institución" quiere decir un hábitat, unas rutinas socio-administrativas, unos recursos, e
- "Interlocutor" quiere decir una clientela, una legitimidad, unos jueces.

*La ciencia acontece pues entre esos cinco actores o factores; y acontece mejor cuando los cinco apuntan en igual dirección y ésta es correcta, cuando ellos convergen o coinciden para inducir una alta productividad intelectual.*

*El papel de cada actor y el sentido de su convergencia son más o menos obvios. El investigador hace la ciencia (aunque no falte quien crea que la hace algún otro, por ejemplo el burócrata). Pero el investigador tiene que ser un "científico"; tener ganas y ser capaz de hacer ciencia; necesita hacerse una pregunta inteligente y tener un método de respuesta inteligente, su "proyecto de saber"; requiere un "grupo" que le dé soporte intelectual y afectivo; depende de los incentivos y los apoyos logísticos de su sitio de trabajo, la "institución"; y debe sentir que su oficio tiene sentido y valor para su "interlocutor" en la sociedad donde vive. Si falta o falla alguna de estas cinco circunstancias, hay menos ciencia o la ciencia es menos; si estos cinco dominios convergen, si se refuerzan mutuamente (esto es, si coinciden), hay más ciencia o la ciencia es mejor.*

*.....La ciencia nace de la interacción entre el científico, el proyecto de saber, el grupo, la institución y el interlocutor. Hay más ciencia y mejor ciencia cuando estos cinco factores (a) tienen congruencia de sentido, y (b) su congruencia apunta hacia una productividad rigurosa e intensa. De suerte que en la práctica puede haber tanto (a) incongruencias, como (b) congruencias sub-óptimas, que resultan en menos ciencia o en ciencia menos buena".*

**Gómez, Hernando y Jaramillo, Hernán (compiladores). " 37 Modos de Hacer Ciencia en América Latina". Tercer Mundo Editores, Bogotá, 1997, 405 páginas, ISBN 958-601-715X.**

## I. *Introducción*

El estudio a profundidad de las carreras de los investigadores y la estimación de los determinantes de la producción científica dentro de las diferentes comunidades representa uno de los principales retos del trabajo empírico sobre el tema de recursos humanos en ciencia y tecnología. Esto se debe a que los determinantes de la evolución y tránsito de los recursos humanos en investigación, se encuentran más allá de la explicación simple del capital humano. Dado que es necesario reconocer el capital social y el intelectual, como elementos inmersos dentro de dicha explicación, debido al continuo flujo de relaciones entre el capital humano y las organizaciones que se establecen en el proceso de producción e intercambio de conocimiento.

En este sentido, la literatura internacional muestra un avance en el estudio de los determinantes de la acumulación en los avances científicos en el conocimiento, las competencias y dotaciones incorporados a cada individuo a lo largo de su trayectoria y su impacto sobre los sistemas en los cuales se inserta. Actualmente, los estudios sobre la dinámica de los recursos humanos en investigación trascienden la valoración económica y avanzan hacia el reconocimiento de la interacción del científico dentro de diferentes contextos sociales y profesionales. Es decir, incorporan el capital social e intelectual de las organizaciones como elementos fundamentales en la evaluación de la capacidad científica. Esta aproximación, permite explicar el tránsito de los investigadores a lo largo de su vida, a través de un análisis dinámico y longitudinal agrupado en los modelos de ciclo de vida. Adicionalmente, permite vincular elementos del capital conocimiento, al reconocer que las carreras de los investigadores y la producción científica no se producen en el vacío social, sino más bien se genera como resultado de la interacción histórica de los individuos.

Desde esta perspectiva, el problema central del análisis de los recursos humanos es entender su dinámica a través de la comprensión y explicación de sus formas organizacionales como comunidades científicas. Así mismo, reconocer las características principales de dichas comunidades y cómo su consolidación favorece o no la generación y diseminación de nuevo conocimiento. De este modo, el objetivo de este trabajo es caracterizar la dinámica de las comunidades científicas mediante el estudio de los recursos humanos en investigación en las áreas de salud pública y ciencias básicas biomédicas, a través del análisis de las trayectorias científicas y académicas, vistas como el conjunto de procesos y relaciones estrechas entre el individuo y las instituciones. De esta manera, el presente estudio conjuga los elementos de la teoría del capital conocimiento y el estudio de las carreras académicas de los investigadores, a través del modelo de ciclo vital, con el propósito de evaluar los determinantes de la producción de conocimiento y la capacidad de las comunidades científicas establecidas para facilitar dicha producción.

En este sentido, el enfoque de este estudio está articulado a la teoría del capital de conocimiento, que se fundamenta en la interacción de agentes, procesos, formas organizacionales y contextos, complementado a su vez, con la modelación de las carreras académicas de los investigadores a través del análisis de los currículos vitae (CV). Esto permite valorar el tejido de relaciones sociales, académicas y profesionales que se construyen al interior

de las organizaciones, y que son capturados por el individuo, y valorar el comportamiento de las comunidades científicas que componen dichos investigadores. Se implementa la metodología utilizada por Jaramillo et. al (2006, 2008a) para la evaluación del comportamiento de los recursos humanos y el tránsito hacia comunidades científicas y se emplean los elementos de análisis propuestos por Dietz y Bozeman (2005) para el análisis de las carreras académicas de los investigadores a través de los CV. Adicionalmente, utiliza la información contenida en la Plataforma ScienTI-Colciencias (GrupLAC y CvLAC) actualizada a noviembre de 2007, que permite conocer de manera concreta la información sobre los individuos y las capacidades científicas y tecnológicas de los grupos de investigación del país.

En este sentido, se estiman un modelo Tobit y un modelo de Análisis Multinivel para analizar los CV de 5.233 investigadores vinculados a grupos de investigación en salud pública y ciencias básicas biomédicas y para establecer el valor agregado de los grupos de investigación en la producción científica de los investigadores y las características principales de cada área como comunidad científica. El trabajo se encuentra distribuido en cuatro secciones incluyendo esta introducción. En la segunda sección se presentan el marco teórico del estudio basado en los estudios realizados sobre recursos humanos sustentados en la teoría de capital conocimiento (Jaramillo, et. al 2006, 2008a) y los modelos de ciclo de vida, los cuales han permitido avanzar en la modelación empírica de los recursos humanos en ciencia y tecnología. En la tercera sección, se exponen el marco empírico y finalmente, en la cuarta sección, se presentan los resultados de la estimación de los modelos mencionados a partir de la información suministrada por la Plataforma ScienTI-Colciencias.

## II. *Marco Teórico*

Como se mencionó anteriormente, el presente estudio analiza el comportamiento de los recursos humanos en investigación y de las comunidades científicas y académicas en las áreas de salud pública y ciencias básicas biomédicas en Colombia desde la perspectiva de la teoría del capital conocimiento, complementado con el estudio de las carreras académicas de los investigadores.

El primer componente teórico de este estudio es la teoría del capital conocimiento. Esta reconoce que la característica fundamental de la ciencia y la tecnología es la capacidad colectiva para la producción y aplicación del conocimiento. De este modo, la estabilidad en el largo plazo del proceso de generación de conocimiento se encuentra sustentada en la capacidad de reproducción, ampliación y consolidación de las comunidades científicas y académicas. Por lo tanto, es posible determinar la existencia de un vínculo claro entre la formación de recursos humanos y la consolidación de instituciones del conocimiento y grupos de investigación y desarrollo tecnológico.

El estudio sobre el comportamiento de los recursos humanos desde esta perspectiva, se apoya sobre la hipótesis de que sólo es posible capturar los beneficios sociales de la formación del capital humano para la investigación si se produce la interacción con el capital intelectual de las organizaciones y el capital social contenido en las redes establecidas. Es decir, el desarrollo de

las comunidades científicas y académicas, se debe concebir sólo a partir de la existencia de la interacción de los investigadores, las instituciones, el conocimiento y los interlocutores (Jaramillo y Forero, 2001; Villaveces y Jaramillo, 2004).

Una de las características del capital conocimiento es que sus elementos (ver cuadro 1) presentan un alto grado de complejidad en el análisis, medición y evaluación debido a la interdependencia que existe entre ellos. Cada elemento contiene características específicas que condicionan y explican una fracción de logros y resultados en función de variables asociadas a los otros. Además, determinan conjuntamente la combinación y ponderación de las variables explicativas asociadas con los diversos grados de valor agregado en la formación de recursos humanos.

Desde esta perspectiva, la medición del capital de conocimiento incorpora en su análisis al individuo, las organizaciones y las redes generadas entre individuos y organizaciones. En general, los recursos humanos con probabilidad e interés por desempeñarse en carreras académicas y científicas entran a las organizaciones con un capital acumulado derivado de su formación y en ellas reciben un determinado nivel de valor agregado que depende del grado alcanzado como organizaciones de conocimiento e innovación. De este modo, la medición consiste en establecer el aporte de las características individuales, los esfuerzos y capacidades de las organizaciones del conocimiento (grupos, centros de investigación, hospitales, etc.) que albergan a los individuos y el establecimiento de políticas relacionadas con el comportamiento institucional basados en la complementariedad y sinergias con otras instituciones o redes de conocimiento existentes. (Jaramillo, et. al 2006, 2008a).

**Cuadro 1. Elementos del capital de conocimiento**

<b>Capital humano</b>	<b>Capital intelectual</b>	<b>Capital social</b>
<b>Atributos y capacidades acumulada Individualmente</b>	<b>Conocimiento distribuido entre los miembros de una organización que trasciende el capital humano</b>	<b>Acumulación de vínculos asociativos construido entre una sociedad, dentro de sus marcos organizacionales</b>
Esfuerzos individuales de quien recibe la educación y de las instituciones	Valor agregado de las instituciones a los individuos para consolidación en las actividades de investigación y producción de conocimiento.	Políticas, comportamiento institucional, complementariedad y sinergias.

Fuente: Aprender-Haciendo: Experiencia de formación de jóvenes investigadores en Colombia, Jaramillo et. al, (2006)

El segundo componente teórico del estudio, se basa en la medición del capital humano a través de las carreras académicas y científicas de los investigadores, lo cual permite establecer tanto la productividad individual como la capacidad institucional para la innovación (Dietz et al., 2005).

La trayectoria de los investigadores contiene información determinante para la evaluación de la investigación dentro de los sistemas de ciencia y tecnología basados en la teoría del capital conocimiento. Esta incluye el capital humano del investigador (Becker, 1962, 1964; Schultz, 1963, 1971), el capital social (Walker et al., 1997; Gabbay y Zuckerman, 1998; Nahapiet y Ghoshal, 1998; Bozeman et al., 2001 y Dietz, 2000) involucrado en la creación de conocimiento y la interacción del individuo con distintos contextos sociales y profesionales.

Dentro del análisis de las carreras académicas se destacan los modelos de ciclo de vida<sup>2</sup>, debido a que reconocen la noción de interdependencia entre los individuos bajo la naturaleza dinámica del tiempo, por tanto, capturan la naturaleza histórica de las carreras académicas a lo largo de diferentes contextos. De este modo, Diamond (1986) propone un modelo que permite analizar las carreras de los científicos como una función longitudinal de los diferentes niveles de habilidades individuales, las estructuras sociales con las que interactúan en estos procesos y los esquemas de incentivos que los llevan a una mayor o menor productividad. Por su parte, Elder (1994) y Elder y Pavalko (1993) analizan los ciclos de vida teniendo como referencia el conjunto de herramientas que los científicos usan para transformar sus habilidades y formación en productos científicos.

Por otro lado, Dietz (2000) propone un análisis de las carreras académicas con base en los postulados de la teoría de los ciclos de vida que se centra en el comportamiento de las habilidades individuales, los incentivos a la producción y la productividad de los científicos. Stephan y Levin (1992) proponen una visión integrada con los modelos de prestigio, al incluir variables sobre el reconocimiento social de la producción científica. Este estudio concluye que los científicos no siempre revelan un mismo nivel de producción, debido a que la producción depende de los retornos que ofrece la actividad científica en diferentes momentos y que se encuentra fundamentada en la no linealidad de las carreras académicas.

Los estudios empíricos sobre modelos de ciclo vital analizan la relación entre los determinantes de la productividad. Uno de los factores más estudiados es el efecto de la colaboración. En este sentido, la mayoría de los estudios muestra que la colaboración permite a los individuos enfrentar de mejor manera las demandas en investigación en la medida en que esta contribuye a incrementar sus habilidades a través de la interacción con otros investigadores (Price y Beaver, 1966; Zuckerman, 1967; Beaver & Rosen, 1978; Pao, 1982; Pravdic & Oluic-Vukovic, 1986; Landry y Amara, 1998; Melin, 2000 y Bozeman y Corley, 2004). Otros determinantes estudiados han sido la relación entre edad y productividad, donde se establece una relación clara entre ambos factores en los diferentes estudios (Bayer y Smart, 1991; Levin y Stephan, 1991, 1996; y Clemente, 1973), la relación entre productividad y financiamiento (Gaughan & Bozeman, 2002; Godin, 2003) y algunos estudios sobre género y relaciones familiares (Cole y Zuckerman, 1984; Fox & Faver, 1985; Long, 1987; Bellas & Toutkoushian, 1999; Astin, 1978; Kyvik y Teigen, 1996).

---

<sup>2</sup> Otras aproximaciones sobre el estudio y modelación de las carreras académicas son y las teorías sobre recursos humanos, motivación innata, redes sociales, ventajas acumulativas y los modelos de prestigio social. Ver Jaramillo, Lopera y Albán, 2008b.

Por otro lado, Dietz y Bozeman (2005) estudian los efectos de los cambios en los trabajos, especialmente, el movimiento entre industria y la academia sobre la productividad y las patentes. De esta manera, examinan los patrones de las carreras de los investigadores y el efecto del cambio de trabajo y otros eventos críticos sobre la tasa de productividad a través del tiempo. Encuentran que mientras la alta productividad está asociada con carreras académicas más “tradicionales”, la producción de patentes parece estar asociada con carreras menos tradicionales y más orientadas a carreras en la industria, aún cuando una fracción sustancial de esta población se encuentre vinculada con la academia. De este modo, concluyen que la diversidad de las experiencias laborales afecta los patrones de colaboración y el intercambio de capital humano a través de la construcción de una variedad más amplia de redes de vínculos y capital social (Granovetter, 1973). Los autores utilizan los CVs de 1.200 investigadores científicos e ingenieros y estiman los Modelo Tobit y Poisson que son apropiados debido a la asimetría y censura de los datos para probar el efecto del cambio de trabajos sobre las hipótesis de la diversidad, hipótesis de la homogeneidad de las carreras académicas, la hipótesis de la educación y productividad temprana (Dietz y Bozeman, 2005).

Finalmente, desde el punto de vista empírico, la principal fuente de información que permite la construcción de carreras académicas desde una perspectiva dinámica es la hoja de vida de los científicos. En este sentido, los CV son una representación histórica de los principales movimientos de los científicos, ya que contienen información concreta sobre tiempos, secuencias, duración de las actividades profesionales de los individuos y las interrelaciones que implican las colaboraciones y afiliaciones institucionales. Adicionalmente, el CV de cada científico es en sí mismo una representación de su valor de conocimiento<sup>3</sup>.

Con respecto a los estudios realizados en Colombia, existen varios trabajos basados en la teoría del capital conocimiento, que han permitido establecer una línea de investigación sobre la evaluación del comportamiento de los recursos humanos, el tránsito hacia comunidades científicas y el estudio de las carreras académicas de los investigadores utilizando la información de la Plataforma ScienTI-Colciencias (GrupLAC y CvLAC).

En Jaramillo et. al (2006) se realiza un estudio sobre la evaluación del programa de jóvenes investigadores en el país y el tránsito de estos a comunidades científicas y académicas. En este estudio se analizaron 1.294 CVs<sup>4</sup> de jóvenes investigadores del país pertenecientes a 253 grupos de investigación vinculados al programa en el periodo 1994-2004. Con respecto a los resultados generales, se encontró que el aporte del grupo al éxito del joven investigador asciende al 30%, mientras las variables de los jóvenes estarían representando el 70% restante. Con respecto a los determinantes del éxito del joven, se encontró que la edad, la participación de los jóvenes investigadores en actividades de investigación antes de ingresar al programa, como es el caso de los semilleros de investigación, el nivel de participación del estudiante en las actividades del grupo, la satisfacción expresada por el joven frente a algunas actividades de

---

<sup>3</sup> Para profundizar sobre la utilización de los CV en la modelación de carreras científicas y académicas ver Jaramillo, Lopera y Albán (2008b).

<sup>4</sup> La información fue complementada con encuestas específicas realizadas a los grupos de investigación y a los jóvenes investigadores que habían participado en el programa



formación desarrolladas durante su pasantía, el ambiente apropiado para el diseño y desarrollo de proyectos de investigación y el apoyo del grupo para iniciar estudios de maestría o doctorado mediante tienen un efecto positivo sobre la probabilidad de éxito del joven investigador.

En Jaramillo et. al (2008a) se presenta un estudio sobre la dinámica de los recursos humanos que trabajan en la investigación clínica en salud a través del estudio de los determinantes de las carreras académicas y científicas mediante la estimación de un modelo Tobit, la construcción del índice de producción<sup>5</sup> y la estimación de los Modelos de Jerárquicos de efectos fijos y aleatorios. En este estudio se analizaron 1.942 CVs de investigadores clínicos vinculados a 153 grupos de investigación<sup>6</sup>. Los resultados de los modelos de medición muestran que los procesos de aprendizaje y las interacciones realizadas durante el fellowship, las actividades de investigación, asistenciales y la formación doctoral y posdoctoral tienen efectos positivos en los niveles de producción del individuo. Mientras que los estudios de maestría y perfeccionamiento reducen las probabilidades de éxito en el campo de la investigación clínica. Además, los grupos con investigadores en niveles de formación de residencia médica inciden positivamente sobre el nivel de producción de los investigadores.

Con respecto a las carreras académicas y su relación con la organización específica de la investigación clínica se encuentra que la relación de los grupos de investigación con el hospital aumenta el aporte de estos al nivel de producción de los investigadores. Adicionalmente, para los investigadores académicos y científicos clínicos la existencia de políticas claras y explícitas que promuevan la publicación de resultados de investigación, es una variable significativa mientras que para los investigadores clínicos no lo es<sup>7</sup>. Por otro lado, de los resultados del modelo Tobit se destaca el efecto de realizar un fellowship representará un aumento de 1,389 en el índice de producción, mientras que la participación en el programa de Jóvenes Investigadores incrementa el índice en 1,656. Finalmente, se encuentra que tanto el inicio temprano de las actividades de investigación y docentes son significativas, lo cual sugiere la consolidación de estas actividades dentro a lo largo de la carrera académica del investigador clínico permite alcanzar mayores niveles de éxito y mejores resultados en términos de publicación.

---

<sup>5</sup> Corresponde a un índice sintético de la producción del individuo según la clasificación de productos de nuevo conocimiento de Colciencias. Permite realizar comparaciones entre individuos, grupos y hospitales.

<sup>6</sup> La identificación de los investigadores clínicos en la Base ScienTI con una metodología de minería de datos.

<sup>7</sup> Los investigadores académicos y científicos clínicos son aquellos que establecen su relación con el hospital a través de un grupo de investigación, mientras los investigadores clínicos se encuentran vinculados directamente a la práctica investigativa a través de las actividades asistenciales y la prestación de servicios de salud.

### III. *Método de Medición Empírico*

#### A. Modelos de medición

Como se mencionó anteriormente, la teoría del capital conocimiento reconoce las relaciones implícitas entre los diferentes tipos de capital. En este sentido, se establece que la carrera del investigador es un proceso multivariado, debido a la interacción del individuo con múltiples instituciones determinadas en cada etapa de su proceso de formación y actuación. Por lo tanto, el estudio sobre el comportamiento de los recursos humanos en investigación debe trascender el conteo de los investigadores y su producción científica. De esta manera, se concentra en la modelación de la carrera académica y de las relaciones con las instituciones a lo largo de la senda de tránsito y vinculación a una comunidad científica determinada.

La medición requiere, entonces, la utilización de técnicas alternativas a las utilizadas tradicionalmente (mínimos cuadrados ordinarios) con el fin de evitar problemas de especificación e identificación en la estimación de los parámetros, que surgen debido a la asimetría y censura de los datos utilizados en el análisis de los CVs de los investigadores (Dietz y Bozeman, 2005). De esta manera, es necesario utilizar métodos de medición que reconozcan las características propias de los sistemas de formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología.

Básicamente, los modelos de medición deben permitir la estimación de los determinantes de la productividad científica del investigador teniendo en cuenta en primer lugar, que la formación del individuo no se produce en el vacío social, sino que se construye a partir de las interrelaciones con las instituciones y sus miembros. En segundo lugar, el proceso de formación es un continuo de acumulación donde el individuo captura de manera diferencial las relaciones con los miembros de la comunidad científica en la que se inserta. Y finalmente, las instituciones donde se hospedan los individuos (grupos, centros de investigación, hospitales, etc.) están diferenciadas por sus características y las interrelaciones que se construyen durante el proceso de formación y consolidación como organización del conocimiento.

En síntesis, los modelos de medición deben tener en cuenta que los individuos no se relacionan con una sola institución. Por tanto, es necesario establecer las relaciones del individuo con las instituciones involucradas en cada etapa y el aporte de cada una de ellas a su proceso de formación. Adicionalmente, la relación de las carreras académicas con la trayectoria específica de un grupo de investigación es inherente a la construcción histórica de relaciones tácitas y explícitas que permiten consolidar un proceso de formación y el desarrollo mismo de la investigación. Y finalmente, el tiempo debe ser considerado como variable y elemento constitutivo del análisis (Jaramillo, et. al, 2008a, 2008b)

De esta manera este estudio utiliza dos métodos de medición econométrica que dadas sus características específicas, permiten modelar el comportamiento de los recursos humanos en investigación, el cual como se mencionó anteriormente, se produce en condiciones especiales. El primero, es el modelo multinivel que permite determinar el aporte que la macro unidad y la

micro-unidad<sup>8</sup> vistos separadamente hacen a la explicación de los niveles de producción de estos últimos. Este modelo, analiza el efecto que los componentes del capital conocimiento vistos separadamente, tienen sobre la producción. Es decir, este modelo responde a la pregunta sobre cuáles son las prácticas, estructuras o procesos que pudieran incidir sobre la producción en investigación. El segundo es un modelo de la variable dependiente limitada (Modelo Tobit) utilizado para evaluar el efecto de los cambios en las variables de los individuos sobre el índice de producción y la tasa de producción anual de artículos internacionales a lo largo de su carrera académica.

Adicionalmente, para permitir la comparación de la producción entre investigadores se construye el índice de producción a través del análisis de componentes principales. De esta manera, se establece un índice sintético de la producción del individuo dada la información suministrada por la Plataforma ScienTI-Colciencias. La importancia de este índice es que permite realizar comparaciones entre individuos y grupos de la misma comunidad. A continuación, se explican detalladamente los supuestos de cada uno de los modelos utilizados y las características de la información utilizada en el proceso de modelación.

### **1. Modelo de análisis multinivel**

El análisis multinivel es un modelo lineal utilizado en la modelación estructuras de datos anidados, en los cuales las observaciones del primer nivel se encuentran agrupadas bajo estructuras de mayor jerarquía. De esta manera, el modelo considera la estructura de datos agregados en clúster, donde se tiene en cuenta las macro-unidades (grupos de investigación) que a su vez contienen micro-unidades (investigadores). En este sentido, el reconocimiento de la estructura multinivel permite determinar el aporte que la macro unidad (grupo) y la micro-unidad (investigador) vistos separadamente hacen a la explicación de los niveles de producción individual. Y adicionalmente, permite establecer el aporte de las variables que explican las diferencias de los resultados entre y dentro de los grupos. Este modelo, se explica a partir de las relaciones condicionales de las relaciones descritas entre el primer nivel condicionado sobre los coeficientes aleatorios del segundo nivel. De esta manera se identifican los efectos fijos y aleatorios que explican el comportamiento de los individuos y las instituciones. Estos efectos, son calculados a partir de las desviaciones aleatorias del término de error. Para este propósito dentro del análisis multinivel se estiman dos tipos de modelos.

El primero, denominado modelos de efectos fijos (modelos vacío), describe la relación lineal entre los dos niveles de análisis (individuos y grupos de investigación) excluyendo todo tipo de variable explicativa. De esta manera, en este modelo, se considera la variación de los niveles de producción del investigador entre grupos, vistos como efectos fijos, expresados únicamente a través de la estimación del intercepto y la pendiente de la relación lineal. En el cuadro 2 se presenta la descripción completa de este modelo.

---

<sup>8</sup> Las micro-unidades (individuos) están diferenciados por sus índices de producción los cuales reflejan las diversas trayectorias y carreras académicas de los investigadores, mientras que las macro-unidades (grupo) son espacios heterogéneos, debido a que se diferencian en el número de investigadores, sus índices de producción y la varianza entre los individuo.

**Cuadro 2.** Descripción del modelo de efectos fijos

Definición	Supuestos	Varianza
$Y_{ij} = \gamma_{00} + U_{0j} + R_{ij}$		$\text{var}(Y_{ij}) = \tau^2 + \sigma^2$ (1)
$Y_{ij} = \beta_{0j} + R_{ij}$	$U \sim N(0, \tau^2)$	$CCI = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2}$ (2)
$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$	$R \sim N(0, \sigma^2)$	

Donde  $Y_{ij}$  representa el valor del producto observado para la micro unidad  $i$  dentro de la macro unidad  $j$ <sup>9</sup>. Por lo anterior, el coeficiente  $\gamma_{00}$  equivale al intercepto o media poblacional de la variable dependiente. En nuestro caso del índice de producción de los individuos, la cual se aproxima a la media aritmética de la misma. Adicionalmente, los términos de error del grupo ( $U$ ) y del individuo ( $R$ ) representan el efecto específico del grupo  $j$  y el efecto residual para el individuo  $i$  dentro del grupo  $j$ , respectivamente. Estos siguen una distribución normal con media a cero y varianzas iguales  $\tau^2$  y  $\sigma^2$ .

El principal resultado que se deriva de este modelo es el *coeficiente de correlación intragrupo* (CCI), que es producto del análisis de la varianza del término de perturbación. Este define la importancia del grupo y del individuo en la explicación de los niveles de éxito. Si la varianza total es igual a la suma de las varianzas de  $U$  y  $R$ , como se muestra en la ecuación (1), la importancia del grupo es la proporción de la varianza total atribuible a ese nivel, como se ve en la ecuación (2). En este sentido, el CCI ( $\rho$ ) corresponde a la parte de la variabilidad del nivel de producción explicado el grupo.

El segundo modelo, es el modelo de efectos aleatorios los cuales incluyen variables explicativas tanto del individuo como del grupo. La especificación de estos modelos está dada por la ecuación (3).

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_z Z_j + R_{ij} \quad (3)$$

Donde  $Y_{ij}$  representa el valor del producto observado para el individuo  $i$  dentro del grupo  $j$ ,  $\beta_0$  representa el intercepto,  $\beta_1$  el coeficiente de las variables del individuo,  $\beta_z$  el coeficiente de las variables del grupo y  $R_{ij}$  el término de perturbación. En este tipo de modelos la estimación de la media del grupo es una importante variable explicativa, definida como la media para todos los individuos dentro de un grupo dado y que expresa la diferencia entre la regresión dentro (*within*) de los grupos y entre (*between*) grupos. Donde la primera, determina el efecto de la variable explicativa dentro de un grupo y la segunda, el efecto de la media del grupo de la variable explicativa sobre la media del grupo de la variable dependiente<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> De aquí en adelante nos referiremos a la micro-unidad como individuos, mientras la macro-unidad serán los grupos de investigación.

<sup>10</sup> En general, los efectos aleatorios no son estimados directamente, pero se encuentran caracterizados por los elementos que componen la varianza, los cuales se estiman a través de los términos de error.

En el cuadro 3, se encuentra la especificación completa del modelo de efectos aleatorios. En esta se puede observar que el modelo de primer nivel (individuo) no incluye ningún regresor o variable explicativa, mientras que el nivel 2 incluye las variables del grupo que explican las diferencias que las medias de los grupos tienen respecto de la media muestral de la producción de los individuos. Por tanto, el coeficiente  $\gamma_{00}$  equivale al intercepto o media del promedio del éxito entre grupos, una vez controlado el efecto de las variables explicativas o factores asociados.

Los términos de perturbación siguen una distribución normal con media a cero y varianzas  $\tau^2$  y  $\sigma^2$ , respectivamente. Por su parte, la varianza residual total es igual a la suma de las varianzas de  $U$  y  $R$  y la importancia del grupo (o coeficiente de correlación intragrupo) es la proporción de la varianza total atribuible a ese nivel.

Finalmente, luego de determinar el valor agregado por el grupo a la producción de los individuos, se procede a determinar cuáles de las variables de individuo y actividades que realiza dentro del grupo inciden sobre su nivel de producción. En esta se observa que el modelo de primer nivel incluye la constante y las variables explicativas, mientras que el modelo de nivel 2 no incluye ningún regresor o variable del grupo. El coeficiente  $\gamma_{00}$  equivale al intercepto o media del promedio de producción entre grupos, una vez controlado el efecto de las variables explicativas o factores asociados al individuo. De igual manera, los términos de perturbación del grupo ( $U$ ) y del individuo ( $R$ ) siguen una distribución normal, con media igual a cero y varianzas iguales  $\tau^2$  y  $\sigma^2$ , respectivamente.<sup>11</sup>

**Cuadro 3.** Descripción del modelo de efectos aleatorios

Variables	Definición	Supuestos	Varianza
<i>Grupo</i>	$Y_{ij} = \gamma_{00} + \sum_{s=1}^{S_q} \gamma_{qs} Z_{sj} + U_{0j} + R_{ij}$	$U \sim N(0, \tau^2)$ $R \sim N(0, \sigma^2)$	$\text{var}(Y_{ij}) = \tau^2 + \sigma^2$ $CCI = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2}$
	$Y_{ij} = \beta_{0j} + R_{ij}$		
	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \sum_{s=1}^{S_q} \gamma_{qs} Z_{sj} + U_{0j}$		
<i>Individuo</i>	$Y_{ij} = \beta_{0j} + \sum_{e=2}^E \beta_{ej} X_{ij} + R_{ij}$	$U \sim N(0, \tau^2)$ $R \sim N(0, \sigma^2)$	$\text{var}(Y_{ij}) = \tau^2 + \sigma^2$ $CCI = \frac{\tau^2}{\tau^2 + \sigma^2}$
	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$		
	$Y_{ij} = \gamma_{00} + \sum_{e=1}^E \beta_{ej} W_{ij} + U_{0j} + R_{ij}$		

<sup>11</sup> El método más utilizado para la estimación del modelo de análisis multinivel es el ANOVA, sin embargo, dado que el panel de datos no es balanceado, las estimaciones se realizaron a través de máxima verosimilitud utilizando el programa Stata 10.

## 2. Modelo Tobit. Carreras Académicas

El modelo de medición aplicado en la aproximación empírica corresponde a un modelo Tobit. Este es el modelo adecuado debido a la censura y asimetría de la variable dependiente. Este modelo se emplea cuando la variable dependiente es un valor continuo y estrictamente positivo (variable censurada), donde 0 no hace parte del valor de la función. El modelo Tobit es fácilmente definido como un modelo de variable latente dado por:

$$\begin{aligned} y^* &= \beta_0 + x\beta + u, u|x \approx \text{normal}(0, \sigma^2) \\ y &= \max(0, y^*) \end{aligned} \quad (4)$$

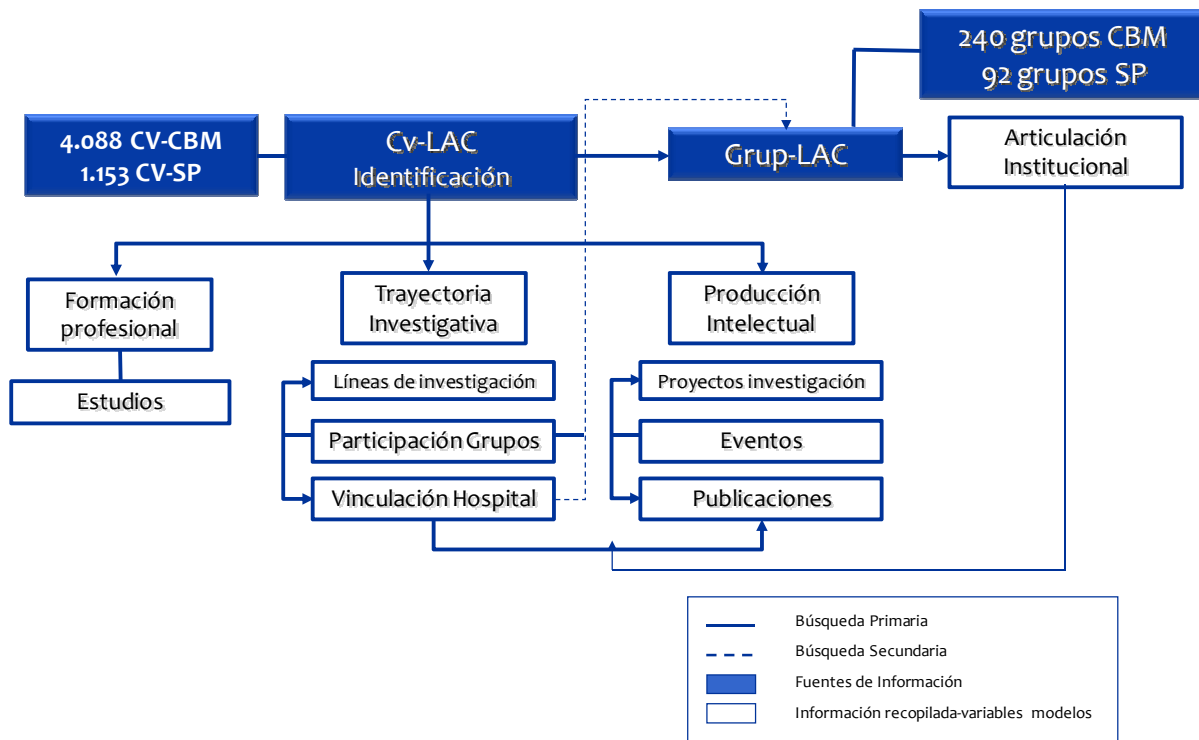
La variable latente  $y^*$  satisface los supuestos del modelo lineal clásico, en particular presenta una distribución normal con media condicional lineal y homocedástico (los términos de error no están correlacionados con las variables dependientes, como es el caso de estudio). La ecuación (4) implica que la variable observada  $y$  (índice de producción) es igual a  $y^*$  cuando  $y^* \geq 0$ , pero  $y=0$  cuando  $y^* < 0$ . Esto se debe a que el supuesto de distribución normal impone valores de la variable dependiente estrictamente positivos. Adicionalmente, la distribución de densidad de  $y$  (variable dependiente) dado  $x$  (variables explicativas) es la misma que la función de densidad de  $y^*$  dada  $x$  para valores positivos. En particular,  $\beta_j$  mide el efecto parcial de la variable  $x_j$  sobre la  $E(y^*|x)$  cuando  $y^*$  es la variable latente.

### B. Información

Para la construcción de los modelos de medición se utilizó como fuente de información primaria la base de datos ScienTI-Colciencias actualizada a noviembre de 2007. La información contenida en esta base de datos permite obtener información sobre la trayectoria del individuo en relación con su información personal, formación académica y producción científica. Además, es posible extraer variables sobre aspectos determinantes de su relación con las instituciones que intervienen en su trayectoria profesional y con las características generales de los grupos de investigación dentro de los que desarrollan sus actividades de investigación. En la figura 1, se presenta un esquema de la relación existente entre las fuentes de información y las variables que pueden ser extraídas de dicha fuente.

Con respecto a la selección de la muestra se emplearon básicamente dos criterios para cada población específica. En el caso de salud pública, los criterios fueron la clasificación por área de conocimiento y el análisis de las líneas de investigación de grupos en otras áreas de la ciencia. De esta manera se seleccionaron los grupos de investigación en el área de salud pública reconocidos por Colciencias en alguna de sus categorías. De estos grupos se eliminaron aquellos que tenían mayor relacionamiento con las ciencias básicas y se incluyeron grupos de investigación de otras áreas de la ciencia con líneas de investigación en el área de Salud pública.

**Figura 1.** Relacionamiento de la fuente de información



Para la población de ciencias básicas biomédicas, el primer criterio consistió en la selección de los grupos de investigación, reconocidos por Colciencias, según las áreas establecidas por el Thomson-ISI dentro de la categoría de Medicina Básica. En el cuadro 4, se presentan la comparación entre las categorías ISI y las áreas de conocimiento de la base ScientI-Colciencias.

**Cuadro 4.** Criterios de clasificación Medicina Básica ISI-Colciencias

SCIENCE CITATION INDEX ISI	SCIENTI-Colciencias	
	Área de conocimiento	Área conocimiento principal
<i>Anatomía y Morfología</i>	Morfología	Ciencias Biológicas
<i>Biofísica</i>	Biofísica	Ciencias Biológicas
<i>Biología</i>	Biología	Ciencias Biológicas
<i>Biología Celular</i>	Biología	Ciencias Biológicas
<i>Biología del Desarrollo</i>	Biología	Ciencias Biológicas
<i>Biología Evolutiva</i>	Biología	Ciencias Biológicas
<i>Biología Reproductiva</i>	Biología	Ciencias Biológicas
<i>Bioquímica y Biología Molecular</i>	Bioquímica	Ciencias Biológicas
<i>Biotecnología y Microbiología Aplicada</i>	Microbiología	Ciencias Biológicas
<i>Ciencias del Comportamiento</i>	-	-
<i>Endocrinología, Metabolismo, Nutrición y Dietética</i>	Nutrición	Ciencias de La Salud
<i>Farmacología, Toxicología y Farmacia</i>	Farmacia Farmacología	Ciencias de La Salud Ciencias Biológicas

SCIENCE CITATION INDEX ISI	SCIENTI-Colciencias	
	Área de conocimiento	Área conocimiento principal
<i>Fisiología</i>	Fisiología	Ciencias de La Salud
<i>Genética y Herencia</i>	Genética	Ciencias Biológicas
<i>Inmunología</i>	Inmunología	Ciencias Biológicas
<i>Medicina Experimental e Investigativa</i>	Medicina	Ciencias de La Salud
<i>Medicina Reproductiva</i>	Medicina	Ciencias de La Salud
<i>Micología</i>	-	-
<i>Microbiología</i>	Microbiología	Ciencias Biológicas
<i>Microscopía</i>	-	-
<i>Neurociencias</i>	-	-
<i>Parasitología</i>	Parasitología	Ciencias Biológicas
<i>Patología</i>	-	-
<i>Química Médica</i>	Química	Ciencias Biológicas
<i>Virología</i>	-	-

La población inicialmente seleccionada, consistió en 404 grupos de investigación reconocidos por Colciencias. En la tabla 1, se presenta la distribución de los grupos de investigación por área de conocimiento.

**Tabla 1.** Grupos de investigación seleccionados según criterio ISI

Area Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
<i>Medicina</i>	181	44.8
<i>Química</i>	75	18.6
<i>Biología</i>	50	12.4
<i>Microbiología</i>	26	6.4
<i>Genética</i>	24	5.9
<i>Bioquímica</i>	18	4.5
<i>Farmacología</i>	7	1.7
<i>Inmunología</i>	6	1.5
<i>Parasitología</i>	6	1.5
<i>Fisiología</i>	5	1.2
<i>Morfología</i>	3	0.7
<i>Biofísica</i>	2	0.5
<i>Farmacología</i>	1	0.2
<b>Total</b>	<b>404</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Plataforma ScienTI –GrupLAC. Noviembre 2007

Debido a que las categorías de selección de ISI no coinciden exactamente con las áreas de conocimiento de la base ScienTI, tal como se observa en el cuadro 4, se seleccionaron los grupos de investigación basados en el segundo criterio que consistió en la vinculación de los grupos a los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología. En el cuadro 5, se presentan los programas principales y secundarios utilizados como criterios de selección.



**Cuadro 5.** Criterio de clasificación. Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología

Programa Principal	Programa Secundario
<i>Salud</i>	Ciencias Básicas
	Salud
	Biotecnología
<i>Biotecnología</i>	Salud
<i>Ciencias Básicas</i>	Salud

Posteriormente, se compararon con la población seleccionada con el criterio ISI y se eliminaron los registros duplicados. De esta manera, se agregaron a la población 43 grupos de investigación de otras áreas de conocimiento, tal como se muestra en la tabla 2, pero que pueden realizar investigaciones en el campo de ciencias básicas biomédicas, dada su clasificación en los programas de ciencia y tecnología seleccionados.

**Tabla 2.** Grupos de investigación seleccionados según criterio PNC&T

Area Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
<i>Odontología</i>	8	18.6
<i>Física</i>	7	16.3
<i>Salud pública</i>	6	14.0
<i>Nutrición</i>	5	11.6
<i>Ingeniería Biomédica</i>	4	9.3
<i>Enfermería</i>	3	7.0
<i>Fisioterapia y Terapia Ocupacional</i>	3	7.0
<i>Matemática</i>	3	7.0
<i>Multidisciplinario</i>	1	2.3
<i>Probabilidad y Estadística</i>	1	2.3
<i>Zoología</i>	1	2.3
<i>Biomedicina</i>	1	2.3
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Plataforma ScienTI –GrupLAC. Noviembre 2007

De los 447 grupos de investigación reconocidos por Colciencias y clasificados mediante los criterios descritos anteriormente, fueron finalmente seleccionados como población objetivo, a través de la depuración de aquellos grupos que no realizan específicamente investigación en ciencias biomédicas. Esta depuración fue necesaria en primer lugar, porque los criterios de clasificación de ScienTI-Colciencias en áreas de conocimiento, son más amplios que los criterios ISI, específicamente en los campos de Medicina, Biología y Química. En segundo lugar, dado que se seleccionaron grupos en otras áreas de conocimiento, mediante la clasificación por programas de ciencia y tecnología, era necesario establecer si los grupos de investigación realizan investigación en ciencias básicas biomédicas. De esta manera, la depuración de los grupos se hizo a través de la revisión de las líneas de investigación reportados por los grupos.

Finalmente, el universo de la población está conformado por 5.233 CV agrupados en 333 grupos de investigación, de los cuales 1.153 CV pertenecen a investigadores en el área de Salud pública y 4.080 CV al área de Ciencias básicas biomédicas. En la tabla 3 se presenta un resumen de las variables descriptivas de los grupos de investigación que conforman la población objetivo del estudio.

**Tabla 3.** Grupos de Investigación. Variables descriptivas

SALUD PÚBLICA			CIENCIAS BÁSICAS BIOMEDICAS		
Programa Principal de C&T	Frecuencia	Porcentaje	Programa Principal de C&T	Frecuencia	Porcentaje
No Aplica	-	-	No Aplica	1	0.42
Biotecnología	-	-	Biotecnología	21	8.75
Ciencia y Tecnología de la Salud	83	89.25	Ciencia y Tecnología de la Salud	137	57.08
Ciencias Básicas	1	1.08	Ciencias Básicas	72	30
Ciencias del Medio Ambiente	2	2.15	Ciencias del Medio Ambiente	2	0.83
Ciencias Sociales y Humanas	6	6.45	Ciencia y Tecnologías Agropecuaria.	4	1.67
Desarrollo Tecnológico Industrial	1	1.08	Desarrollo Tecnológico Industrial	2	0.83
Investigaciones en Energía y Min.			Investigaciones en Energía y Min	1	0.42
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>100</b>
Programa Secundario de C&T	Frecuencia	Porcentaje	Programa Secundario de C&T	Frecuencia	Porcentaje
No Aplica	7	7.61	No Aplica	15	6.33
Biotecnología	3	3.26	Biotecnología	29	12.24
Ciencia y Tecnología de la Salud	14	15.22	Ciencia y Tecnología de la Salud	79	33.33
Ciencia y Tecnología Agropecuaria	2	2.17	Ciencia y Tecnología .Agropecuaria	5	2.11
Ciencias Básicas	6	6.52	Ciencias Básicas	84	35.44
Ciencias del Medio Ambiente	1	1.09	Ciencias del Medio Ambiente	13	5.49
Ciencias Sociales y Humanas	54	58.7	Ciencias Sociales y Humanas	6	2.53
Desarrollo Tecnológico Industrial	3	3.26	Desarrollo Tecnológico Industrial	2	0.84
Ciencia y Tecnología del Mar	0	0	Ciencia y Tecnología del Mar	2	0.84
Electrónica, Telecomunicaciones	0	0	Electrónica, Telecomunicaciones	1	0.42
Estudios C. de la Educación	2	2.17	Estudios C. de la Educación	1	0.42
<b>Total</b>	<b>92</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>237</b>	<b>100</b>
Clasificación Colciencias	Frecuencia	Porcentaje	Clasificación Colciencias	Frecuencia	Porcentaje
A	32	34.41	A	107	44.58
B	36	38.71	B	68	28.33
C	17	18.28	C	51	21.25
Reconocido	8	8.6	Reconocido	14	5.83
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>100</b>
Clasificación Instituciones Aval	Frecuencia	Porcentaje	Clasificación Instituciones Aval	Frecuencia	Porcentaje
Asociaciones y agremiaciones	2	2.15	Asociaciones y agremiaciones	0	0
Centros de investigación	5	5.38	Centros de investigación	16	6.67
Entidades gobierno central	4	4.3	Entidades gobierno central	12	5
Hospitales y clínicas	2	2.15	Hospitales y clínicas	13	5.42
IES Privadas	32	34.41	IES Privadas	62	25.83
IES Públicas	46	49.46	IES Públicas	134	55.83
ONGs	2	2.15	ONGs	3	1.25
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>100</b>

Fuente: Plataforma ScientI- Colciencias, Noviembre 2007

### C. Construcción de Variables

Como se mencionó anteriormente, para la implementación empírica se analizaron 5.223 CV, los cuales corresponden al universo de la población de recursos humanos en Salud pública y ciencias básicas biomédicas en el país, según la Plataforma ScienTI-Colciencias a noviembre de 2007. Del análisis de esta información fue posible extraer un conjunto de características que describen la trayectoria completa del individuo, las variables de los grupos de investigación y la información sobre producción científica y académicas que permite la construcción del índice de producción.

#### 1. Descripción metodológica de las variables del primer y segundo nivel

Las variables de los investigadores fueron extraídas de la información contenida en la base de currículos CvLAC de la Plataforma ScienTI-Colciencias. Estas comprenden tres categorías generales que agrupan información de varios tipos y que permiten caracterizar, además de su producción científica, la trayectoria académica, la experiencia profesional y las instituciones a las que se ha vinculado a lo largo de su carrera académica. La primera categoría está conformada por información de las características generales del individuo, la segunda por información que corresponde a la formación académica, y la tercera contiene las variables que describen la experiencia profesional del individuo.

De manera similar que con la información extraída para construir las variables de los individuos, la información de los grupos de investigación fue capturada a partir del análisis y depuración de la base de datos ScienTI y específicamente de GrupLAC, la cual suministra la información sobre los grupos de investigación del país. Las variables utilizadas en el segundo nivel (grupo) se refieren principalmente a la producción científica agregada del grupo de investigación, la calidad de la formación de los investigadores que lo conforman, lo cual da cuenta de su capital humano y social. En el cuadro 6, se presenta un resumen de la información de ambos niveles incluidas en los modelos de medición.

**Cuadro 6.** Descripción detallada de las variables incluidas en el modelo

VARIABLES DE PRIMER NIVEL (INDIVIDUO)	
Variable	Descripción
<b>Características Personales</b>	
Edad	Edad del investigador
Edad <sup>2</sup>	
Sexo	Femenino= 1
<b>Características Académicas</b>	
<b>Becas</b>	<i>Si el investigador obtiene beca para realizar su máximo nivel de formación=1</i>
<b>Formación</b>	<b>Clasificación en 4 categorías</b>
<i>Pregrado</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es pregrado =1</i>

<i>Especialización</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es especialización =1</i>
<i>Maestría\Residencia médica</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es maestría o residencia médica =1</i>
<i>Doctorado\ posdoctorado</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es doctorado o posdoctorado =1</i>
<b>Área de conocimiento</b>	<b>Clasificación en 5 categorías<sup>1</sup></b>
<i>Exactas</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es el área de Ciencias Exactas =1</i>
<i>Biología</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es el área de Ciencias Biológicas =1</i>
<i>Salud</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es el área de Ciencias de la Salud =1</i>
<i>Sociales</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es el área de Ciencias Humanas, Ciencias Sociales Aplicadas o Lingüística, Letras y Artes =1</i>
<i>Otras</i>	<i>Si el nivel máximo nivel educativo del individuo es el área de Ingenierías, Ciencias Agrarias y Multidisciplinar=1</i>
<b>Cohorte</b>	<b>Clasificación en 5 categorías</b>
<i>x_70</i>	<i>Si el investigador obtuvo su máximo nivel de formación antes de 1970=1</i>
<i>x71_80</i>	<i>Si el investigador obtuvo su máximo nivel de formación entre 1971 y 1980=1</i>
<i>x81_90</i>	<i>Si el investigador obtuvo su máximo nivel de formación entre 1981 y 1990=1</i>
<i>x91_00</i>	<i>Si el investigador obtuvo su máximo nivel de formación entre 1991 y 2000=1</i>
<i>x_07</i>	<i>Si el investigador obtuvo su máximo nivel de formación después de 2001=1</i>
<b>Experiencia Profesional<sup>2</sup></b>	
<b>Actividades profesionales</b>	<b>Clasificación en 7 categorías</b>
<i>Investigación</i>	<i>Si el investigador reporta actividades de investigación, coinvestigación, joven investigador, rural en investigación, estudiante de maestría o doctorado realizando tesis o coordinación científica en alguna institución específica= 1</i>
<i>Docencia</i>	<i>Si el investigador reporta actividades de docencia =1</i>
<i>Asesoría y Consultoría</i>	<i>Si el investigador reporta actividades de asesoría o consultoría =1</i>
<i>Administración y Dirección</i>	<i>Si el investigador reporta actividades de administración, dirección o coordinación de actividades no relacionadas con actividades de investigación =1</i>
<i>Apoyo docente o investigación</i>	<i>Si el investigador reporta actividades de auxiliar o asistente de investigación, estudiante en formación, pasante, tesista de pregrado, rotación medica, auxiliar docente o monitor =1</i>
<i>Actividades profesional</i>	<i>Si el investigador reporta actividades relacionadas directamente con el desempeño profesional no relacionadas con investigación =1</i>
<i>Otras</i>	<i>Si el investigador reporta actividades técnicas o no relacionadas con investigación=1</i>
<b>Vínculo Institucional</b>	<b>Clasificación en 7 categorías</b>
<i>Instituciones de Educación Superior (IES)</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación a IES Públicas, Privadas o Externas=1</i>
<i>Sector Gubernamental</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación a Entidades del gobierno central o entidades territoriales, diferentes hospitales =1</i>
<i>Sector Privado</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación con empresas del sector privado, público</i>

	<i>o mixto=1</i>
<i>Organismos multilaterales</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación con organismos de cooperación internacional = 1</i>
<i>Hospitales o Clínicas</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación con organismos hospitalares o clínicas, públicas o privadas =1</i>
<i>Centros de investigación</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación con centros de investigación privados o mixtos=2</i>
<i>Otros</i>	<i>Si el investigador reporta vinculación con Asociaciones o agremiaciones profesionales, ONGs o Empresas Privadas sin ánimo de lucro = 1</i>
<b>VARIABLES DEL SEGUNDO NIVEL (GRUPOS DE INVESTIGACIÓN)</b>	
<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
<b><i>Tipo de investigadores</i></b>	
<i>Pregrado</i>	<i>Número de miembros con título de pregrado</i>
<i>Especialización</i>	<i>Número de miembros con título de especialización</i>
<i>Maestría</i>	<i>Número de miembros con título de maestría o residencia médica</i>
<i>Doctorado</i>	<i>Número de miembros con título de doctorado o pos doctorado</i>
<b><i>Producción de grupo</i></b>	
<i>Proyectos</i>	<i>Número de proyectos del grupo de investigación</i>
<i>Productos de nuevo conocimiento</i>	<i>Número de productos de nuevo conocimiento</i>
<i>Productos de nuevo conocimiento amparados</i>	<i>Número de productos de nuevo conocimiento categoría A. Clasificación Colciencias</i>
<b><i>Características Generales</i></b>	
<i>Duración</i>	<i>Duración en años</i>
<i>Área del conocimiento principal y específica</i>	
<i>Categoría Clasificación Colciencias</i>	

<sup>1</sup>Para la modelación en Salud pública se incluyó la variable SC, la cual discrimina a los investigadores que tienen su máximo nivel de formación en un campo específico de Salud pública, Salud pública, Epidemiología o Administración en Salud.

<sup>2</sup>Se establecen adicionalmente, variables relacionadas con la primera actividad profesional y vínculo institucional del investigador después de obtener su título de pregrado.

## **2. Construcción del índice de producción**

Uno de los aspectos centrales del desarrollo de los modelos de medición es el diseño y estimación del índice de producción, el cual representa la variable dependiente y da cuenta de los resultados alcanzados por investigadores en términos de producción científica. Por tanto, se construyó un índice que permite identificar diferentes niveles de análisis y comparación de los individuos, calculados a partir de la información extraída de la base de datos de ScienTI y específicamente de la producción reportada en CvLAC. El índice permite establecer una medida de comparación de la productividad total de los investigadores dentro de su población específica, aunque no es comparable entre poblaciones.

El índice se construyó mediante la metodología de componentes principales (ACP) que agrupa variables en factores según un criterio de mayor y menor correlación entre sí. El ACP es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables). Por tanto, mediante esta metodología un conjunto de variables conformado por un gran número de ellas, puede ser reducido a un número menor, perdiendo la menor cantidad de información posible. La metodología empleada permite establecer una valoración para cada factor, variable y categoría de producción. Donde las ponderaciones maximizan la proporción de la varianza explicada por la primera componente principal.

#### IV. Resultados

##### A. Estadísticas Descriptivas. Análisis de comunidades científicas y académicas.

Esta sección caracteriza las poblaciones de estudio de manera inicial a través del análisis descriptivo de la información capturada del análisis de los CVs de los investigadores y que son la fuente principal de información en la modelación del valor agregado de los grupos y las carreras académicas. El análisis se concentra en la descripción del comportamiento observado en términos de producción de artículos internacionales por parte de los investigadores de mayor nivel de formación de las comunidades distribuidos por cohortes y el tipo de carrera académica y científica que llevan en conjunto los investigadores. Este análisis pretende mostrar como existe un comportamiento diferencial entre ambas comunidades para individuos con la misma formación.

**Cuadro 7.** Definición de variables utilizadas para el análisis de comunidades científicas y académicas

Variable	Definición
<b>Tasa 1</b>	Tasa de producción anual de artículos internacionales desde el momento en que el individuo obtiene su título de PhD hasta 2007.
<b>Tasa 2</b>	Tasa de producción de artículos internacionales desde el momento en que el individuo reporta la primera publicación internacional en CvLAC hasta 2007.
<b>Tipos de investigadores<sup>12</sup></b>	
<b>Tipo 1</b>	Individuo que reportan la realización de actividades de investigación o investigación y docencia
<b>Tipo 2</b>	Individuo que reportan la realización de actividades de docencia
<b>Tipo 3</b>	Individuos que reportan actividades de investigación, docencia y otras actividades (asesoría, consultoría, administración, coordinación y actividades profesionales)
<b>Tipo 4</b>	Individuos que reportan cualquier tipo de actividades excepto investigación o docencia.

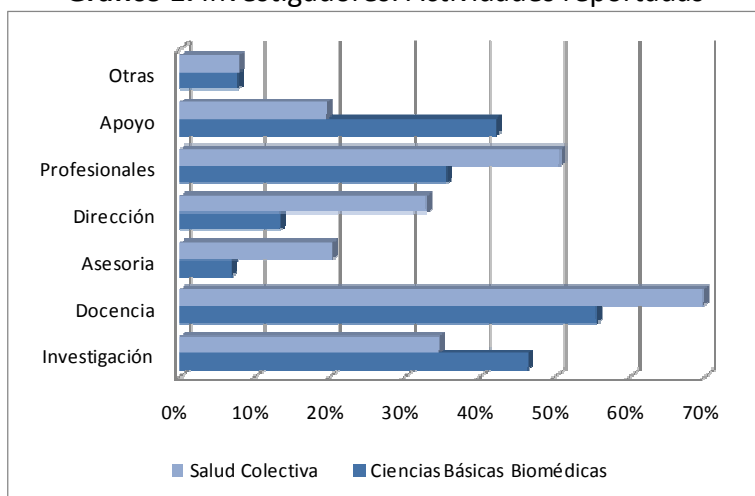
<sup>12</sup> Todos los individuos dentro de la Plataforma ScienTI son considerados como investigadores. Los tipos de investigadores fueron definidos a partir de la información sobre las actividades que reportan los individuos en su CVLac. De esta manera los individuos tipo 4 son aquellos que a pesar de ser investigadores la mayor parte de su carrera profesional la han dedicado a otras actividades diferentes a la investigación.

Para este propósito se calcularon dos tasas de producción de artículos internacionales y se definieron cuatro tipos de investigadores extraídos de la información suministrada por la plataforma ScienTI-Colciencias en la base Cv-LAC y basados en el histórico de actividades del investigador y la producción científica del investigador. En el cuadro 7, se presentan las definiciones de las variables utilizadas para este análisis.

En primer lugar, el gráfico 1 muestra la distribución de la población completa distribuida por actividades realizadas por los investigadores e instituciones a las cuales han estado vinculados. En esta se observa una diferencia significativa en la trayectoria de los investigadores de ambas poblaciones. Mientras los investigadores del área de ciencias básicas biomédicas participan principalmente en actividades relacionadas directamente con la carrera científica, actividades de investigación, docencia y apoyo, la población en salud pública tiene una mayor participación en actividades profesionales, asesoría, consultoría y actividades relacionadas con la administración y coordinación de programas y proyectos no investigativos.

Esto indica que el contexto organizacional donde se insertan los individuos, puede no favorecer el desarrollo de la investigación, dado que las actividades científicas requieren una estructura normativa que permita el desarrollo y la generación del conocimiento.

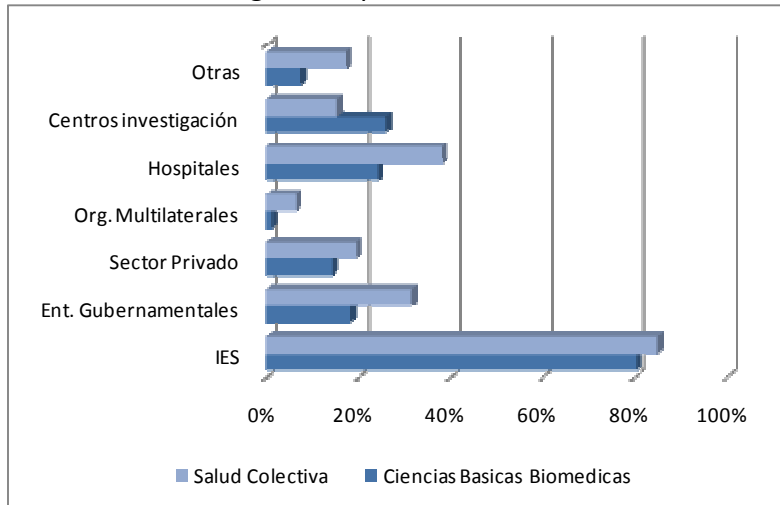
**Grafico 1.** Investigadores. Actividades reportadas



Fuente: Plataforma ScienTI- Colciencias, Noviembre 2007

Adicionalmente, el vínculo más fuerte entre los investigadores del área de salud pública con las instituciones de educación superior se da a través de la docencia y no necesariamente a través de actividades de investigación (grafico 2). También se observa que la vinculación en instituciones gubernamentales y el sector privado es considerablemente mayor que para los individuos del área de ciencias básicas biomédicas. Esto puede estar indicando fugas de los investigadores del campo de salud pública a otras actividades que no favorecen la consolidación de esta comunidad académica.

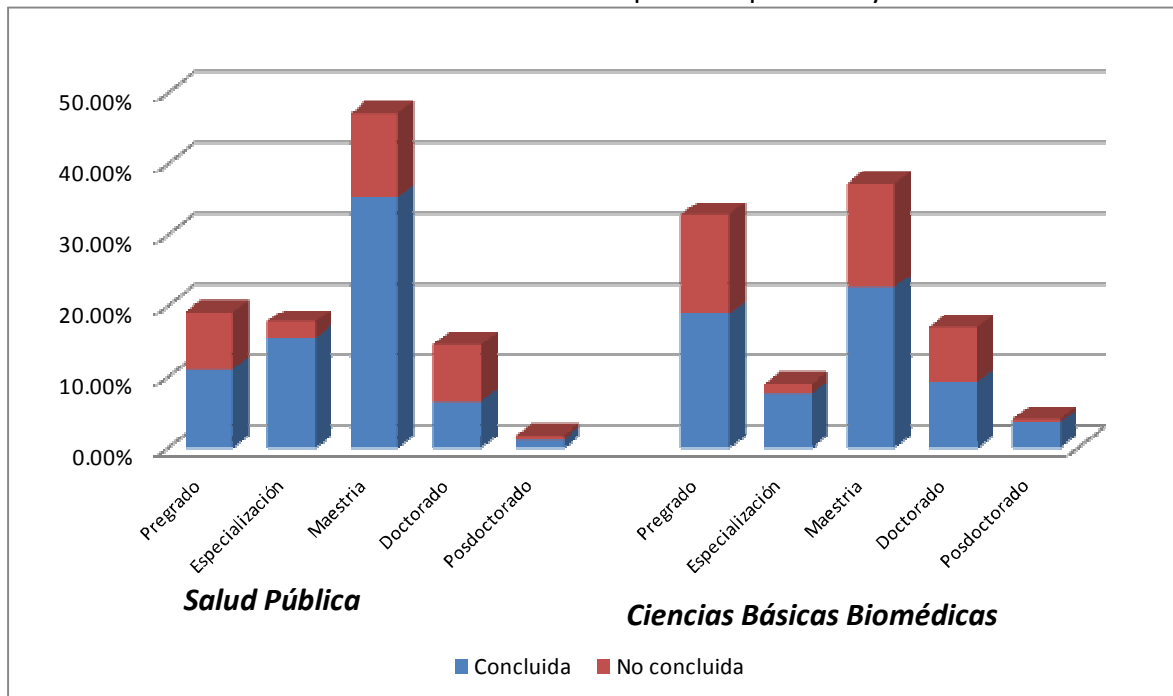
**Grafico 2.** Investigadores por instituciones de vinculación



Fuente: Plataforma ScientI- Colciencias, Noviembre 2007

Con respecto al nivel de formación de los investigadores se encuentran diferencias en la composición de las poblaciones. En el área de salud pública la mayor proporción de la población tiene como máximo nivel de formación la maestría (47%). Además, actualmente el 40% de los individuos que se encuentran en proceso de formación están haciendo tránsito a comunidades científica y académicas a través de estudios de maestría y doctorado. En el caso de ciencias básicas biomédicas este porcentaje asciende al 60% de los investigadores en proceso de formación.

**Gráfico 5.** Ciencias Básicas Biomédicas. Composición por nivel y estado de la formación



Fuente: Plataforma ScientI- Colciencias, Noviembre 2007



En el área de ciencias básicas biomédicas, se destaca que una parte considerable de la población tiene formación de pregrado. Esto se debe en primer lugar, a que los proyectos de investigación tienen un componente importante de trabajos técnicos y de laboratorio, que en muchos casos son realizados por estudiantes y asistentes. En segundo lugar, en el área de ciencias básicas biomédica se concentra la mayor proporción de jóvenes investigadores del país, quienes son estudiantes graduados de pregrado que se vinculan a las actividades de investigación de los grupos. A continuación se muestra el análisis detallado de las publicaciones internacionales de los investigadores con formación en PhD por cohorte de graduación.

La primera cohorte está compuesta por los investigadores que obtuvieron su título doctoral antes de 1970. En la tabla 4, se presentan un resumen de los indicadores de productividad y carreras académicas de los investigadores que conforman esta cohorte. El elemento para destacar es que los investigadores formados en salud pública no reportan ningún artículo publicado internacionalmente durante toda su trayectoria. Este resultado evidencia uno de los principales falencias de la salud pública como comunidad científica, y es la poca producción de nuevo conocimiento.

**Tabla 4.** Indicadores de productividad. Cohorte 1970

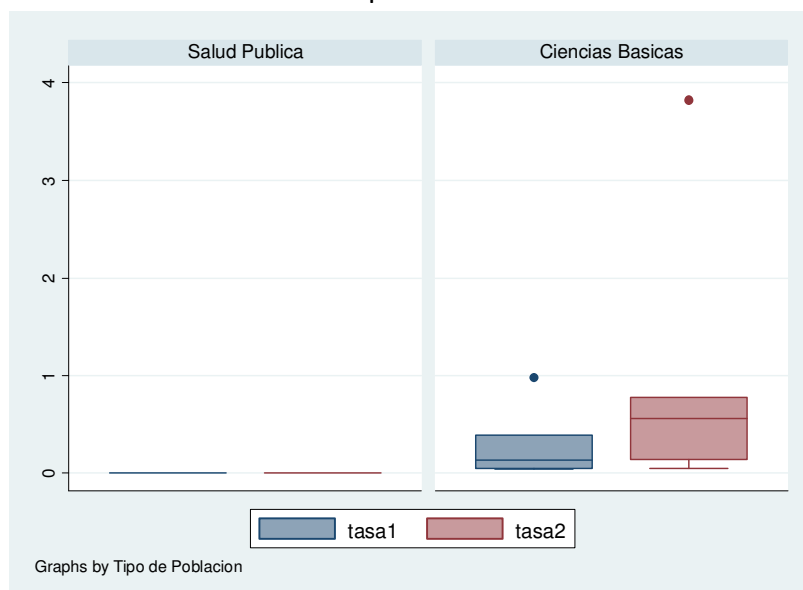
Población	No. Inv.*	Edad promedio	Producción internacional		Proyectos	Productos NC**	Tipo de investigadores			
			Tasa 1	Tasa 2			1	2	3	4
<b>Completa</b>	<b>9</b>	<b>72</b>	<b>0.216</b>	<b>0.737</b>	<b>11.5</b>	<b>37.375</b>	<b>37.5%</b>	<b>12.5%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>
Salud Pública	2	70.1	0	0	1	22.5	-	-	-	100%
Ciencias B.Biomédicas	7	72.6	0.288	0.983	15	42.33	50%	17%	33%	-

\* Número de investigadores

\*\*Productos Nuevo conocimiento reportados en CvLAC

Por otro lado, en el área de ciencias básicas biomédicas los investigadores formados en este periodo presentan tasas de producción de artículos internacionales relativamente altas y que reflejan la continuidad en su proceso de generación de nuevo conocimiento. Esta experiencia acumulada representa parte del capital intelectual que es transferido a los otros miembros de los grupos en los cuales se insertan y que a su vez ha permitido la consolidación de comunidades académicas y científicas alrededor del desarrollo intelectual de estos investigadores.

**Gráfico 6.** Cohorte 1970. Tasas de producción de artículos internacionales<sup>13</sup>



La segunda cohorte está conformada por los investigadores que obtuvieron el título de PhD en el periodo 1971-1980. En primer lugar, se observa como las tasas de producción anual de artículos internacionales son significativamente mayores en la población de ciencias básicas biomédicas, aún cuando no existe una notable diferencia entre el número de proyectos y productos de nuevo conocimiento entre ambas poblaciones (tabla 5). Esto muestra que los investigadores de salud pública generan otro tipo de producción diferente a los artículos internacionales que son los productos de mayor importancia y visibilidad para las comunidades científicas y académicas.

**Tabla 5.** Indicadores de productividad. Cohorte 1971-1980

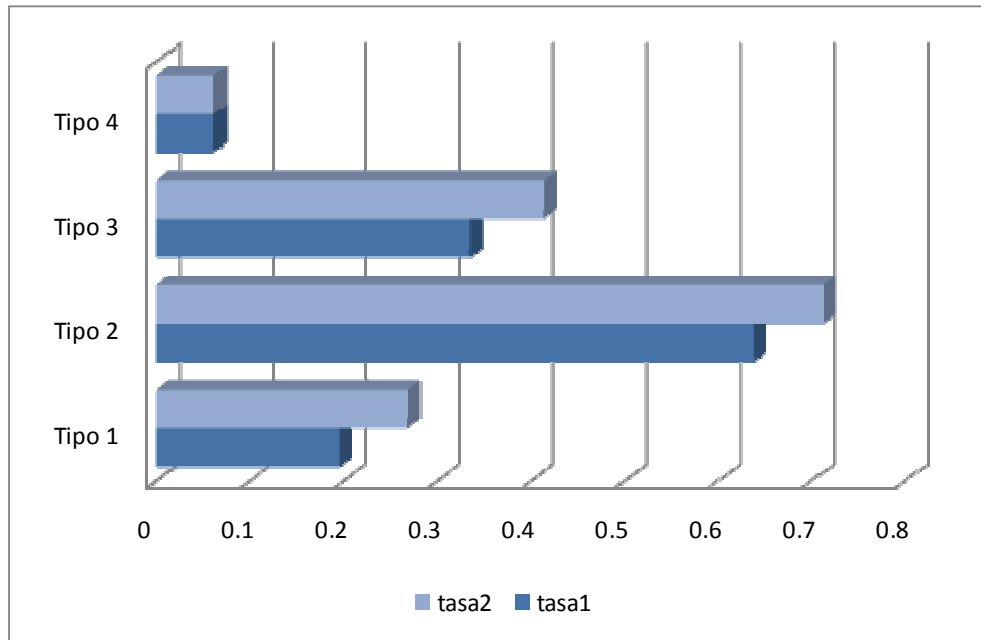
Población	No. Inv.*	Edad promedio	Producción internacional		Proyectos	Productos NC**	Tipo de investigadores			
			Tasa 1	Tasa 2			1	2	3	4
<b>Completa</b>	18	61.35	0.352	0.414	11	43	27.8%	33.3%	22.2%	16.7%
Salud Pública	3	65.12	0.095	0.145	10	39	0	0	33.3%	66.6%
Ciencias Biomédicas	15	60.6	0.403	0.468	11	43	33%	40%	20%	7%

Otra diferencia importante que se observa para los investigadores de estas cohortes es el tipo de investigadores de cada población. Mientras en ciencias básicas biomédicas el 83.3% de la población de investigadores ha dedicado su carrera académica y profesional a actividades relacionadas directamente con la investigación, en el área de salud pública esta población sólo representa el 33%. Esto indudablemente tiene un efecto sobre las tasas de productividad del

<sup>13</sup> En todos los gráficos cuando se habla de Ciencias Básicas se refiere a Ciencias básicas biomédicas.

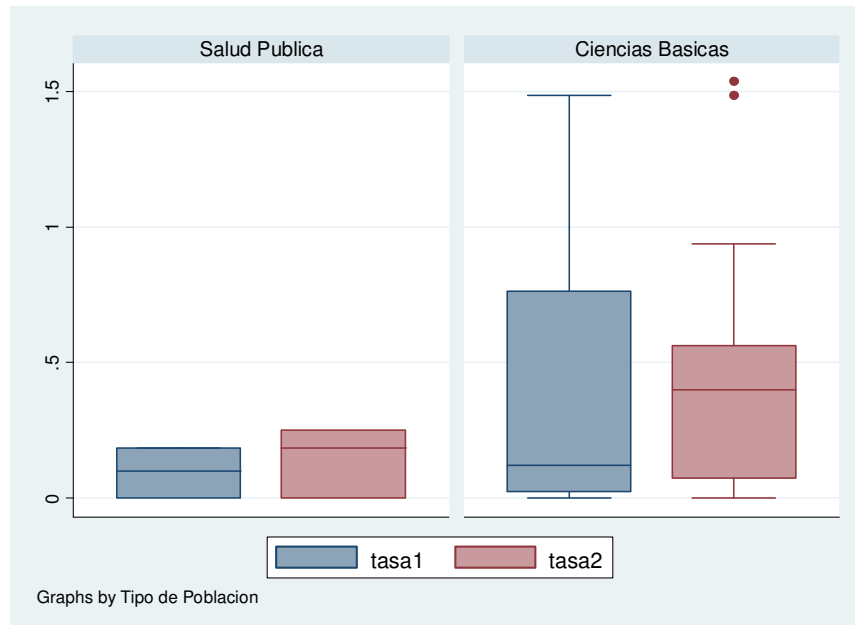
investigador. Si las actividades que desempeña el investigador durante su carrera no se encuentran relacionadas directamente con su actividad científica, se producen ineficiencias, tales como la pérdida de los vínculos asociativos, limitaciones a la autonomía intelectual y rezagos en el conocimiento de frontera, que se verán reflejados en la tasa de producción y a su vez en el capital de conocimiento acumulado de los grupos de investigación en los cuales se insertan.

**Gráfico 8.** Cohorte 1971-1980. Tasas de producción de artículos internacionales por tipo de carrera académica



En este sentido, en el gráfico 8 se muestra como los investigadores que tienen un relacionamiento directo con actividades de investigación y docencia presentan mayores tasas de producción de artículos internacionales, mientras que los investigadores tipo 4, quienes representan la población que hace parte de los grupos de investigación pero que ha presentado alto relacionamiento con otras actividades e instituciones diferentes a las actividades netamente científica tienen bajos índices de producción anual. Finalmente, en el gráfico 9, se presentan la comparación de la distribución de las tasas de producción por población.

**Gráfico 9.** Cohorte 1971-1980. Tasas de producción de artículos internacionales

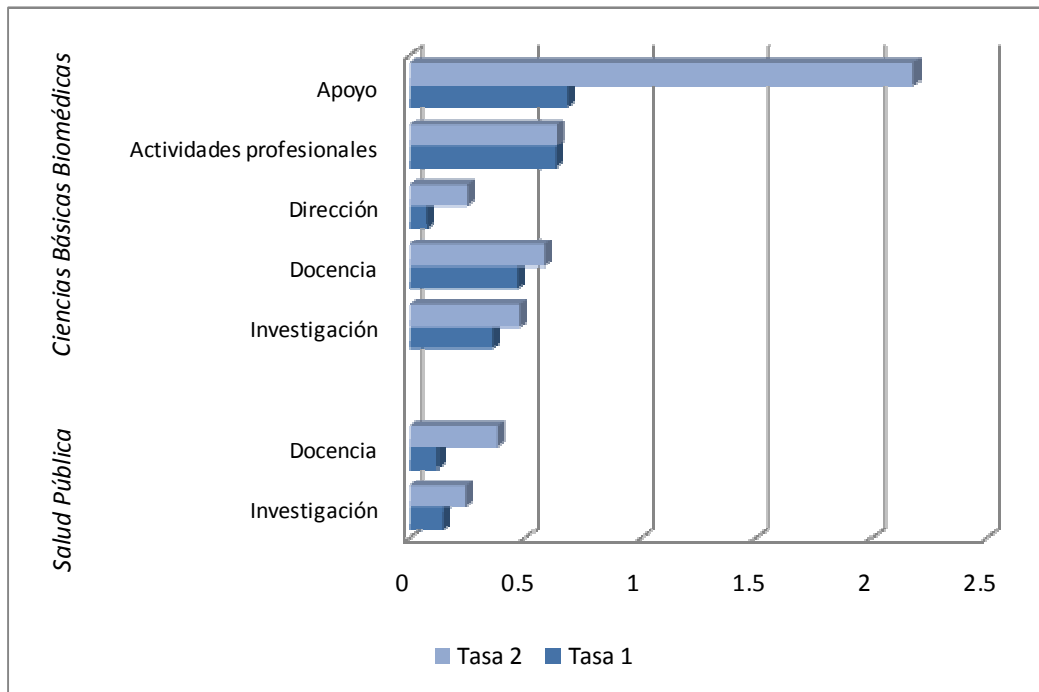


**Tabla 6.** Indicadores de productividad. Cohorte 1981-1990

Población	No. Inv.*	Edad promedio	Producción internacional		Proyectos	Productos NC**	Tipo de investigadores			
			Tasa 1	Tasa 2			1	2	3	4
<b>Completa</b>	<b>37</b>	<b>54.07</b>	<b>0.6418</b>	<b>0.8906</b>	<b>15.0</b>	<b>40.4</b>	<b>37.8%</b>	<b>18.9%</b>	<b>21.6%</b>	<b>16.2%</b>
Salud Pública	5	55.61	0.105	0.725	7	18.4	50%	25%	25%	-
Ciencias Biomédicas	32	53.83	0.229	0.993	16.2	43.8	38.7%	16.1%	22.6%	19.4%

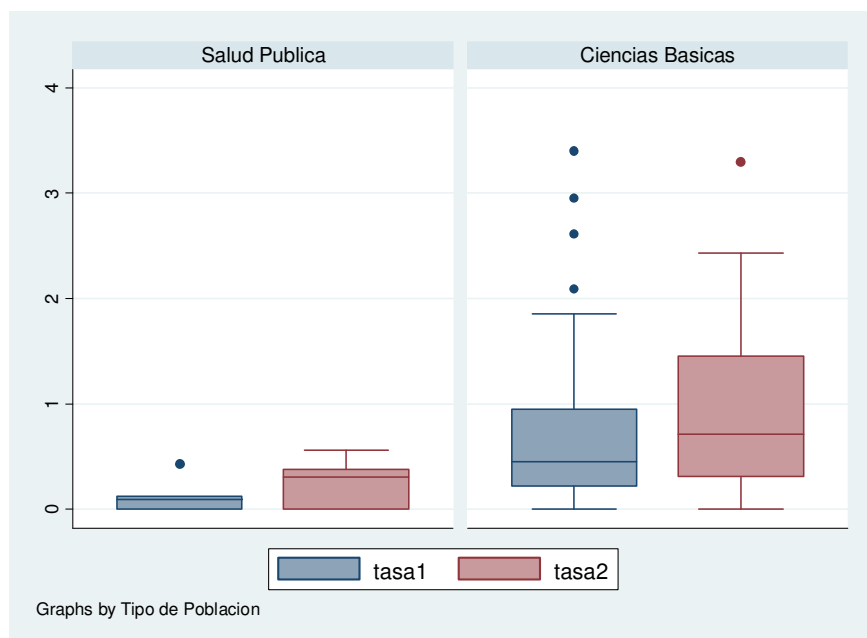
Para la cohorte de investigadores 1981-1990 continua presentándose tendencias similares a las anteriores, específicamente en la diferencia de los niveles de producción de los investigadores por población. Uno de los hallazgos más importantes que se observan en los datos para esta cohorte es el papel de la formación y el relacionamiento de los individuos con investigadores de alto nivel y su efecto sobre la producción de conocimiento. En este sentido, en el gráfico 10 se presenta la relación de las tasas de producción internacional con el primer vínculo del investigador una vez termina su pregrado. En este se resalta como los investigadores de esta cohorte del área de ciencias básicas biomédicas que se vincularon a grupo de investigación a través de actividades de apoyo en investigación o docencia y luego hicieron tránsito a comunidades científicas mediante sus estudios de doctorado tuvieron índices de productividad mayores a todos los otros investigadores.

**Gráfico 10.** Cohorte 1991-2000. Tasas de producción de artículos internacionales por primer vínculo del investigador



Este fenómeno no se presenta en el área de salud pública, debido a que incluso aquellos investigadores que se vincularon a los grupos en actividades de investigación antes de realizar su doctorado, no presentan niveles de producción altos, esto como consecuencia de la falta de relacionamientos entre los miembros de los grupos y la debilidad de esta área para impulsar la producción y generación de conocimiento individual y colectiva. Por otro lado, en el gráfico 11 se observa la distribución de las tasas de producción por población, donde nuevamente se observa la diferencia significativa entre ambas áreas del conocimiento.

**Gráfico 11.** Cohorte 1981-1990. Tasas de producción de artículos internacionales



Con respecto a la población de la cohorte 1991-2000 se observa un incremento importante en la tasa de producción de los investigadores de salud colectiva con respecto a las cohortes anteriores. Sin embargo se incrementa la proporción de investigadores que se encuentran vinculados a actividades que no están relacionados directamente con el desarrollo científico y académico. Esto implica que los investigadores de esta cohorte una vez terminan su doctorado se están vinculando a sectores no académicos, como el sector gubernamental o el sector privado. De esta manera, la investigación en salud pública pierde la posibilidad de incrementar su capital conocimiento, su visibilidad y validez como comunidad científica y académica.

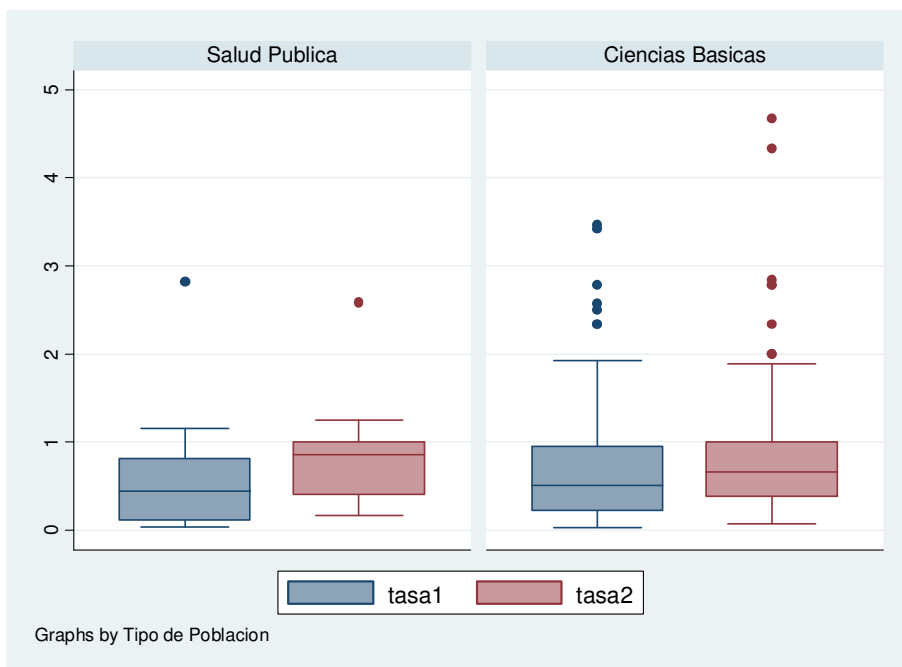
**Tabla 7.** Indicadores de productividad. Cohorte 2000-2007

Población	No. Inv.*	Edad promedio	Producción internacional		Proyectos	Productos NC**	Tipo de investigadores			
			Tasa 1	Tasa 2			1	2	3	4
<b>Completa</b>	129	47.28	0.688	0.795	13.76	30.23	37.2%	31.8%	24.8%	4.7%
Salud Pública	16	49.78	0.508	0.700	9.43	26.25	12.5%	25.0%	37.5%	25.0%
Ciencias Biomédicas	113	46.93	0.713	0.808	14.38	30.79	40.7%	32.7%	23.0%	1.8%

En el gráfico 12 por su parte se observa la distribución de las tasas de producción de artículos internacionales por población. En este se destaca que a pesar de que entre los percentiles 25 y 75 la distribución de las dos poblaciones es relativamente similar, algunos investigadores del área de ciencias básicas biomédicas incrementan significativamente sus niveles de producción por encima de la distribución media poblacional dado que se ven favorecidos por ambientes

más propicios para el desarrollo de la investigación. Mientras que en salud pública sólo un investigador logra ubicarse por encima de la distribución general.

**Gráfico 12.** Cohorte 1991-2000. Tasas de producción de artículos internacionales



Finalmente, para la población que obtuvo su doctorado después del 2001 se observa como los investigadores de ciencias básicas biomédicas se ven altamente favorecidos por los contextos organizacionales en los cuales se insertan, lo que les permite tener tasas de producción relativamente altas. Por otro lado, en el caso de salud pública se incrementa aun más la población que se vincula a actividades no relacionadas directamente con investigación. Como se verá posteriormente en los modelos de medición, esto tiene implicaciones graves para la consolidación de esta población como comunidad científica y académica de alto nivel.

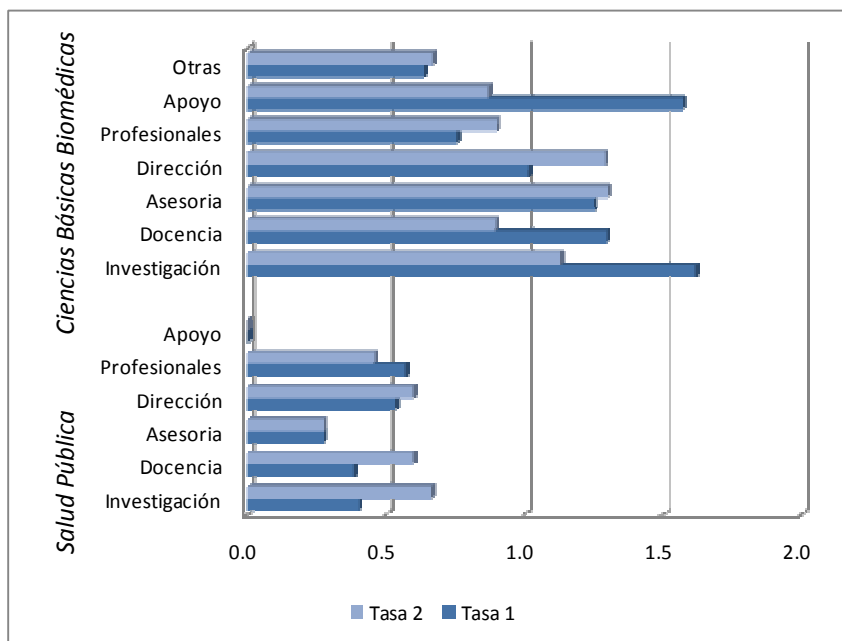
**Tabla 8.** Indicadores de productividad. Cohorte 2000-2007

Población	No. Inv.*	Edad promedio	Producción internacional		Proyectos	Productos NC**	Tipo de investigadores			
			Tasa 1	Tasa 2			1	2	3	4
<b>Completa</b>	<b>238</b>	<b>41.21</b>	<b>1.148</b>	<b>0.890</b>	<b>8.239</b>	<b>17.090</b>	<b>29.0%</b>	<b>19.7%</b>	<b>35.3%</b>	<b>16.0%</b>
Salud Pública	36	45.01	0.469	0.570	7.472	16.583	11.1%	19.4%	33.3%	36.1%
Ciencias Biomédicas	202	40.559	1.269	0.947	8.376	17.181	32.2%	19.8%	35.6%	12.4%

Este resultado se corrobora con el gráfico 13, en el cual se muestra la relación que tienen las tasas de producción con la actividades que desempeña el investigador. En este se observa como de manera general, independientemente de la actividad que realicen los individuos en el área

de salud pública sus índices de producción son bajos aun cuando los niveles de formación de los investigadores son altos. Por el contrario en el área de ciencias básicas biomédicas las tasas de producción de los individuos son elevadas e incluso mayores para quienes se vincularon a actividades de investigación y apoyo antes de iniciar su doctorado.

**Gráfico 13.** Cohorte 2000-2007. Tasas de producción de artículos internacionales por actividad del vínculo investigador



## B. Índice de Producción

Como se mencionó anteriormente el índice de producción es una medida que síntesis de la información sobre la producción individual y permite realizar comparaciones entre individuos que pertenecen a la misma comunidad científica. A continuación se presentan los resultados generales del índice, los cuales permiten comprobar que esta medida es un buen indicador del comportamiento de la producción general de los individuos dado su relacionamiento con el grupo. Esto le permite además, ser la variable a explicar en los modelos de análisis multinivel.<sup>14</sup>

### 1. Índice de Producción Salud Colectiva

El índice se construyen a partir de la información sobre producción científica y académica reportan en el CvLAC. En primer lugar, las variables son agrupadas de acuerdo a categorías similares y posteriormente le son asignados valores a cada conjunto de datos con el fin de establecer una escala dentro de cada categoría según el número de productos que los individuos en conjunto reportan por tipo de producción. Una vez realizadas la transformación de las variables, el ACP arroja la ponderación para cada categoría, la que refleja la importancia

<sup>14</sup> Para el análisis de componentes principales se utilizó el programa PRINQUAL estimado en SAS



relativa de cada tipo de producción dentro del índice. En la tabla 9, se encuentran los estadísticos descriptivos de las variables utilizadas para la construcción del índice de producción.

En el caso específico de la producción de salud pública no se presentó suficiente varianza entre los diferentes tipos de producción para establecer diferentes factores de agrupación de las variables. Esto se debe a que la producción científica que reportan los individuos tiene poca varianza entre productos diferentes, lo cual no permite encontrar más de un factor discriminante de las categorías. En la tabla 10, se presentan los resultados del ACP en términos de la ponderación de las categorías empleadas.

**Tabla 9.** Índice de producción salud pública. Información estadística de las variables utilizadas

Variables	Total	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>Artículos nacionales</i>	3.120	3.9594	6.5853	0	59
<i>Artículos internacionales</i>	931	1.1815	3.4333	0	34
<i>Artículos cortos</i>	490	0.6218	2.8826	0	54
<i>Artículos de revisión/Caso clínico</i>	436	0.5533	2.0994	0	27
<i>Publicación de evento completo</i>	1.836	2.3299	5.5503	0	61
<i>Memorias de eventos</i>	1.183	1.5013	4.6300	0	43
<i>Libros/Libros resultados de investigación</i>	975	1.2373	2.5056	0	20
<i>Capítulos de libro</i>	1.297	1.6459	4.4778	0	64
<i>Documento de trabajo</i>	1.103	1.3997	11.1391	0	250
<i>Publicaciones no científicas</i>	629	0.7982	4.3946	0	92
<i>Software</i>	99	0.1256	0.6055	0	9
<i>Productos tecnológicos</i>	416	0.5279	3.9505	0	65
<i>Procesos</i>	72	0.0914	0.5539	0	8
<i>Trabajos Técnicos</i>	529	0.6713	2.7872	0	36

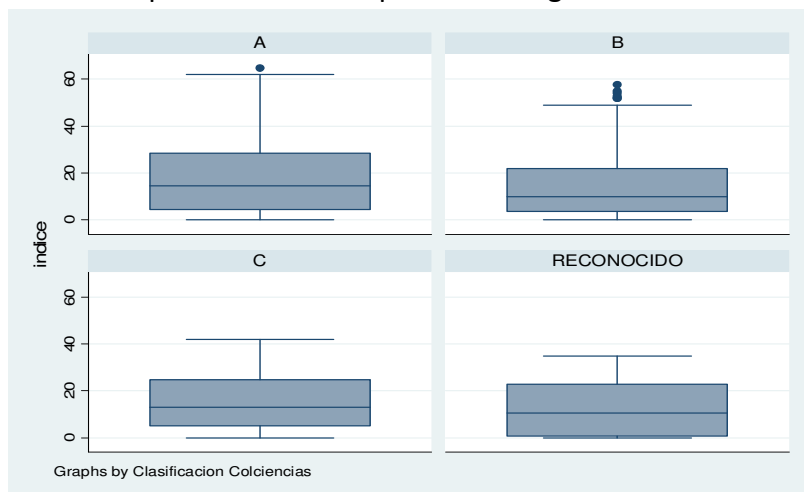
Fuente: Plataforma ScientI- Colciencias, Noviembre 2007

**Tabla 10.** Índice de producción salud pública. Ponderación de las categorías.

Tipo de producto	Ponderación	Tipo de producto	Ponderación
Artículos nacionales	0.21072	Artículos cortos	0.13521
Eventos completos	0.19798	Participación en eventos	0.12616
Artículos internacionales	0.16972	Artículos de revisión y casos clínicos	0.09853
Tutorías	0.16558	Producción técnica	0.09089
Capítulos de libro	0.15905	Documentos de trabajo	0.08429
Eventos resumen	0.15405	Publicaciones no científicas	0.08158
Libros	0.13709	Productos tecnológicos	0.06513

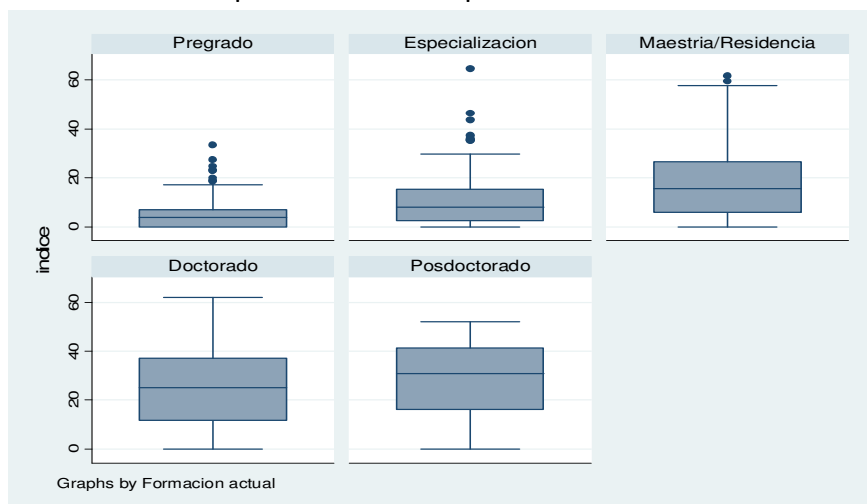
En el gráfico 14, se presentan los resultados del índice de producción con respecto a las categorías de clasificación de Colciencias. En general, el índice tiene el comportamiento esperado ya que los mayores índices se presentan en los grupos de mayor categoría. El cuadro muestra que la acumulación del índice entre los percentiles 25 y 75 para la categoría A de Colciencias se concentra en valores del índice inferiores a 20<sup>15</sup>. Con respecto a las otras categorías, se observa que a pesar de que existen diferencias en las concentraciones de los índices por categoría, en general para la población de salud colectiva los índices se encuentran concentrados en niveles medio de la distribución de la escala.

**Gráfico 14.** Índice de producción salud pública. Categoría Clasificación Colciencias<sup>16</sup>



Fuente: Plataforma SciNTI- Colciencias, Noviembre 2007

**Gráfico 15.** Índice de producción salud pública. Máximo nivel de formación



Fuente: Plataforma SciNTI- Colciencias, Noviembre 2007

<sup>15</sup> El índice es un valor entre 0 y 100.

<sup>16</sup> En el gráfico se muestran los valores superiores e inferiores de la distribución del índice por población. La caja muestra la acumulación del índice entre los percentiles 25 y 75 y la línea del centro de la caja indica la mediana de la población. Los valores que se encuentran por fuera son los outsiders.

Con respecto al comportamiento del índice de producción por nivel de formación (gráfico 15) se muestra que el índice los niveles del índice incrementan con la formación del individuo. Sin embargo, cabe resaltar que los índices de producción son más dispersos para los investigadores con doctorado.

## 2. Índice de Producción Ciencias Básicas Biomédicas

En la tabla 11, se presentan la información sobre las variables utilizadas para la construcción del índice de producción. El ACP arrojó que las variables utilizadas se agrupan en cuatro factores, donde el primero contiene las variables que mayor explicación dan a la varianza de la producción general entre individuos. Los resultados de las categorías que componen cada factor se encuentran en el cuadro 7. Este resultado muestra que la producción que más pesa dentro del índice de esta población son la producción de publicaciones científicas, siendo los artículos internacionales los productos de mayor peso, y las tutorías las que son una proxy a formación de nuevos investigadores por parte del grupo.

**Tabla 11.** Índice de producción ciencias básicas biomédicas.  
Información estadística de las variables utilizadas

Variables	Total	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
<i>Artículos nacionales</i>	9.417	3.3100	7.7587	0	192
<i>Artículos internacionales</i>	7.675	2.6977	7.6651	0	137
<i>Artículos cortos</i>	4.077	1.4330	5.3433	0	84
<i>Artículos de revisión/Caso clínico</i>	7.809	2.7448	6.4054	0	104
<i>Publicación de evento completo</i>	13.208	4.6425	12.592	0	243
<i>Memorias de eventos</i>	2.605	0.9156	2.8123	0	41
<i>Capítulos de libro</i>	685	0.2408	1.6839	0	55
<i>Documento de trabajo</i>	1.918	0.6742	2.4570	0	54
<i>Libros</i>	937	0.3293	1.3636	0	46
<i>Publicaciones no científicas</i>	942	0.3311	1.4160	0	31
<i>Software</i>	321	0.1128	0.8880	0	25
<i>Productos tecnológicos</i>	836	0.2938	2.7847	0	99
<i>Procesos</i>	328	0.1153	1.1087	0	33
<i>Trabajos Técnicos</i>	805	0.2830	2.5014	0	98

Fuente: Plataforma ScienTI- Colciencias, Noviembre 2007

**Cuadro 7.** Índice de producción ciencias básicas biomédicas.  
Categorías retenidas en los factores

<i>FACTOR 1</i>	<i>FACTOR 2</i>
Artículos internacionales Artículos nacionales Artículos revisión/caso clínico Artículos Cortos Tutorías	Productos tecnológicos Procesos Trabajos técnicos
<i>FACTOR 3</i>	<i>FACTOR 4</i>
Libros Capítulos de libro Publicaciones no científicas Software	Eventos Documentos de trabajo

Con respecto al comportamiento del índice por categoría de clasificación de Colciencias (tabla 12) se observa que los grupos de categoría A tienen índices promedio superiores al resto de la población. Este es un resultado consistente ya que estos grupos tienen contextos organizacionales que favorecen la producción y generación de conocimiento y a su vez la publicación, difusión y diseminación de los resultados través de productos tangibles.

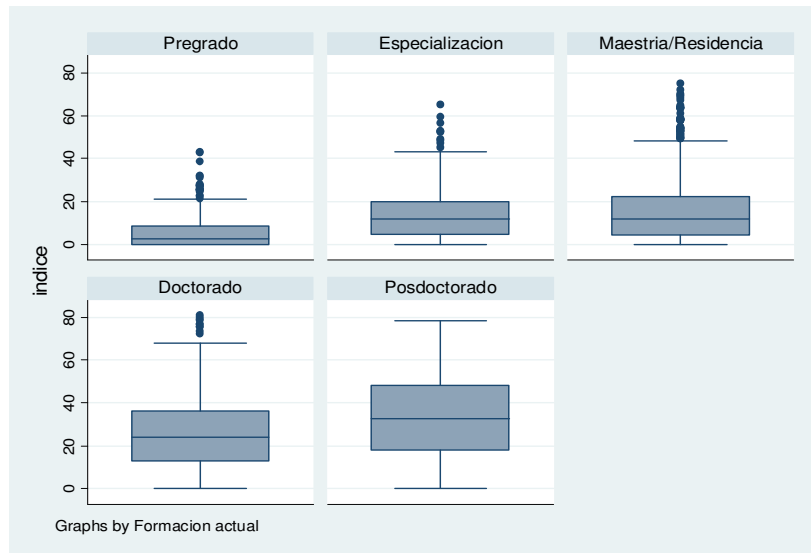
**Tabla 12.** Índice de producción ciencias básicas biomédicas. Categoría Colciencias

Categoría Colciencias	Observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Grupos A	2460	15.74302	16.26904	0.000	81.096
Grupos B	865	12.54407	13.91469	0.000	76.757
Grupos C	633	10.62752	12.64019	0.000	58.126
Reconocidos	120	10.29414	11.1044	0.000	47.127

Fuente: Plataforma ScientI- Colciencias, Noviembre 2007

Finalmente, se observa que el índice por nivel de formación presenta un comportamiento consistente, dado que a mayor nivel de formación mayor es el índice de producción. Sin embargo, se presentan bastantes observaciones que están fuera de la distribución media de la población por categoría. Especialmente, para los individuos formados en maestría y doctorado. Esto indica que dentro de las poblaciones existen individuos que tienen índices superiores a la distribución, lo cual es originado por relacionamientos diferenciales que favorecen mayores índices de producción.

**Grafico 17.** Índice de producción ciencias básicas biomédicas. Máximo nivel de formación



Fuente: Plataforma ScienTI- Colciencias, Noviembre 2007

### C. Modelos de medición

#### 1. *Análisis Multinivel. Modelo de efectos fijos*

El modelo de efectos fijos para el área de Salud pública (tabla 13) se estimó con 842 observaciones que reportaron información completa, correspondiente a 68 grupos de investigación. Para el área de Ciencias básicas biomédicas, el modelo se estimó con 3.360 observaciones, que corresponden a 230 grupos de investigación<sup>17</sup>.

Los resultados muestran que debido a la interacción del individuo con el grupo de investigación, se encuentra que para la población de salud pública la proporción del índice de producción individual que es explicado por el grupo de investigación equivale a 8.56%, mientras que el promedio del índice entre grupos es de 17.07. Este resultado es relativamente similar al encontrado en el estudio sobre recursos humanos en investigación clínica (Jaramillo et. al, 2008a), en el cual se encuentra que la proporción de la producción individual que es atribuible al grupo es 7.71%. Por su parte, en el área de ciencias básicas biomédicas (tabla 14), el índice de correlación intragrupo es significativamente menor. En este sentido, se observa que la proporción de la varianza en la producción individual que es explicada por los grupos es del 3.75%, mientras que el índice promedio es de 17,50.

<sup>17</sup> Los resultados del modelo de efectos fijos no pueden ser comparados entre poblaciones, debido a que tanto la variable dependiente como la estructura de clúster de cada población son diferentes.

**Tabla 13.** Modelo vacío

A. SALUD PÚBLICA			B. CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS		
Efecto fijo	$\beta$	E.S	Efecto fijo	$\beta$	E.S
$\gamma_{00}$ = Intercepto	17.070	0.698	$\gamma_{00}$ = Intercepto	17.5073	0.3447
Efecto aleatorio	$\beta$	E.S	Efecto aleatorio	$\beta$	E.S
<i>Varianza de nivel 2</i>			<i>Varianza de nivel 1</i>		
$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	16.831	0.635	$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	9.0338	0.3909
<i>Varianza de nivel 1</i>			<i>Varianza de nivel 2</i>		
$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	179.75	0.337	$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	231.234	0.1905
<b>CCI</b>	<b>8.56%</b>		<b>CCI</b>	<b>3.75%</b>	

Los bajos niveles del índice de correlación intragrupo dentro de las poblaciones, especialmente en el caso de ciencias básicas, se explica por la heterogeneidad de la población al interior de los grupos. Este primer modelo, incluye la población de investigadores, estudiantes y técnicos, los cuales no presentan características similares en términos de formación y producción. Esto, hace que la varianza entre grupos sea muy alta, dado que el modelo captura las diferencias entre individuos y como consecuencia, se producen índices de correlación intragrupos menores. De este modo, se deben comparar grupos de individuos relativamente homogéneos para establecer diferencias más concretas en términos de la explicación de la varianza por parte de los grupos de investigación en cada área de conocimiento.

De esta manera, se estimó el modelo de efectos fijos para la población de investigadores según clasificación de Colciencias. En el caso de salud pública (tabla 14) se observa que los grupos de categoría A explican la mayor proporción de la varianza de los resultados individuales. Sin embargo, al explorar las diferencias en los niveles de producción entre grupos por categorías de Colciencias se encontró que la varianza entre grupos de categoría A y B para salud pública no tienen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de variabilidad del índice de producción individual, mientras que para ciencias básicas biomédicas la diferencia si es estadísticamente significativa<sup>18</sup>. De este modo, es posible afirmar que a pesar de existir una diferencia en el coeficiente de correlación intragrupo en salud pública por categorías se presenta homogeneidad entre los investigadores al interior de cada categoría, debido a que la estructura organizacional de la comunidad científica no permite establecer un aporte completamente diferenciado a individuos que se encuentran en contextos más favorables para la investigación.

<sup>18</sup> Para salud pública el p-valor fue de 0.1713 para la población de investigadores y 0.1213 para los estudiantes, mientras que para ciencias básicas biomédicas el p-valor fue de 0.000 para ambas poblaciones.

**Tabla 14.** Salud pública. Modelo vacío por investigadores y tipo de grupo

CATEGORIA A			CATEGORIA B			CATEGORIA C		
Efecto fijo	$\beta$	E.S	Efecto fijo	$\beta$	E.S	Efecto fijo	$\beta$	E.S
$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	20.075	1.510	$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	16.699	1.178	$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	15.923	1.52
Efecto aleatorio	$\beta$	E.S	Efecto aleatorio	$\beta$	E.S	Efecto aleatorio	$\beta$	E.S
<b>Varianza de nivel 1</b>								
$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	39.366	1.289	$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	16.58	1.162	$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	5.394	2.151
<b>Varianza de nivel 2</b>								
$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	204.35	0.597	$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	190.39	0.601	$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	147.206	1.006
<b>CCI</b>	<b>16.15%</b>		<b>CCI</b>	<b>8.01%</b>		<b>CCI</b>	<b>3.53%</b>	

En el caso de ciencias básicas biomédicas (tabla 15), la explicación de la varianza en el índice de producción entre grupos aumenta cuando se estiman los modelos para grupos de poblaciones con características homogéneas. Los resultados muestran que dentro de esta comunidad la varianza en los niveles de publicación científica se encuentra favorecida por contextos organizacionales diferenciados. En este sentido, los investigadores que se insertan en grupos de investigación de mayor capital conocimiento, tienden a adquirir un mayor valor agregado por parte del grupo, el cual se verá reflejado en sus niveles de producción y en las diferencias significativas entre categorías de grupos, tal como lo muestran los resultados.

**Tabla 15.** Ciencias básicas biomédicas. Modelo vacío por investigadores y tipo de grupo

CATEGORIA A			CATEGORIA B			CATEGORIA C		
Efecto fijo	$\beta$	E.S	Efecto fijo	$\beta$	E.S	Efecto fijo	$\beta$	E.S
$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	24.685	0.471	$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	17.183	0.574	$\gamma_{00} = \text{Intercepto}$	14.819	0.583
Efecto aleatorio	$\beta$	E.S	Efecto aleatorio	$\beta$	E.S	Efecto aleatorio	$\beta$	E.S
<b>Varianza de nivel 1</b>								
$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	34.983	0.497	$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	17.463	1.13	$\tau_0^2 = \text{var}(U_{oj})$	9.369	0.925
<b>Varianza de nivel 2</b>								
$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	278.106	0.249	$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	207.62	0.390	$\sigma^2 = \text{var}(R_{ij})$	172.034	0.451
<b>CCI</b>	<b>11.17%</b>		<b>CCI</b>	<b>7.75%</b>		<b>CCI</b>	<b>5.16%</b>	

Con respecto a la población de estudiantes, para el área de salud pública no es posible estimar los modelos vacíos, debido a pocas observaciones dentro de esta población y a que la mayoría de los grupos solo tienen un estudiante, lo cual impide establecer conclusiones robustas sobre los niveles de variabilidad dentro de los grupos. En el caso de ciencias básicas biomédicas, se encontró que el CCI para los estudiantes es del 11.6%, el cual es un resultado similar al CCI encontrado en la población de investigadores en los grupos de mayor categoría. Esto refleja que los estudiantes capturan el valor agregado del capital conocimiento de los grupos de manera similar al que realizan los investigadores y por lo tanto, aumentan sus posibilidades

insertarse de manera permanente dentro de comunidades científicas exigentes y que facilitan la consolidación de una carrera científica exitosa.

## 2. Análisis Multinivel. Efectos Aleatorios

A continuación se presentan los resultados del análisis estadístico para el índice de producción. La información sobre las variables significativas dentro de los modelos se presenta por medio de una tabla que incluye el nombre de cada una de las variables, el parámetro estimado ( $\beta$ ) que representa la magnitud del efecto que la variable explicativa tiene sobre la variable dependiente (nivel de producción del investigador) y su error estándar<sup>19</sup>. Finalmente, el nivel de significancia de los parámetros al 10% (\*\*) y al 5% (\*).

En la tabla 16, se observan los resultados de las variables de eficacia del individuo y del grupo sobre el nivel de producción, para la población de salud colectiva. En primer lugar, se destaca el efecto positivo que tienen el doctorado y la maestría sobre los niveles de producción de los investigadores del área comparado con obtener solo el título de pregrado. En esta medida, realizar estudios de maestría, residencia medica o doctorado incrementa el índice de producción en 2.14 y 5.39 puntos respectivamente. Sin embargo, los estudios de especialización tienen un efecto negativo sobre el índice de producción, lo cual es preocupante debido a la proporción de investigadores con este nivel de formación en los grupos de esta área de conocimiento, equivalente al 18%.

En segundo lugar, se encuentra que todas las actividades en las que se concentran los investigadores de salud pública durante su ciclo de vida, tal como se muestra en la primera sección de este capítulo, y que están relacionadas más con una carrera profesional que académica, tienen efectos negativos sobre el nivel de producción. Específicamente, actividades de dirección, coordinación y administración y el desempeño profesional. Esto contrasta con el hecho de que las actividades de docencia y apoyo tienen efectos positivos sobre los niveles de producción. Adicionalmente, se observa que realizar actividades en instituciones no propiamente de investigación, tal como las instituciones gubernamentales, sector privado y organismos multilaterales también reduce los niveles de producción.

**Tabla 16.** Salud Colectiva. Variables de eficacia del investigador y del grupo

<b>VARIABLES DE EFICACIA DEL INDIVIDUO</b>				
<b>Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>E.S</b>	<b>P-valor</b>	<b>Sign*</b>
<i>Edad</i>	0.1161	0.0385	0.0030	*
<i>Beca</i>	3.5408	0.8441	0.0000	*
<i>Máximo formación especialización</i>	-0.8012	1.2508	0.5220	
<i>Máximo formación maestría</i>	2.1407	1.1583	0.0650	**
<i>Máximo formación doctorado</i>	5.3997	1.4195	0.0000	*

<sup>19</sup> La prueba de hipótesis está dada por  $H_0 : \beta = 0$ , donde el estadístico tiene una distribución *t-student* con n-2 grados de libertad.



<i>Actividades de docencia</i>	4.4356	0.8043	0.0000	*
<i>Actividad de asesoría</i>	0.9153	0.9358	0.3280	
<i>Actividades de dirección</i>	-0.7147	0.7661	0.3510	
<i>Actividades profesionales</i>	-0.8654	0.8197	0.2910	
<i>Actividades de apoyo</i>	0.0633	0.8693	0.9420	
<i>Trabajo en entidades del gobierno</i>	-1.1824	0.7940	0.0840	**
<i>Trabajo en el sector privado</i>	-0.4291	0.8922	0.0031	*
<i>Trabajo en el organismos multilaterales</i>	-0.9141	1.4739	0.5350	
<i>Trabajo en hospitales</i>	0.2046	0.8098	0.8010	
<i>Trabajo en Centros de Investigación</i>	1.6926	0.9830	0.0850	**
<i>Trabajos en ONGs</i>	0.0211	0.9381	0.9820	
<i>Número de proyectos</i>	0.5506	0.0487	0.0000	*
<i>Numero de productos de nuevo conocimiento</i>	0.3356	0.0205	0.0000	*
<i>Constante</i>	15.1800	0.6972	0.0000	*
<b>VARIABLES DE EFICACIA DEL GRUPO</b>				
<b>Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>E.S</b>	<b>P-valor</b>	<b>Sign*</b>
<i>Miembros con formación en pregrado</i>	-0.6044	0.1148	0.0000	*
<i>Miembros con formación especialización</i>	-0.3685	0.2486	0.1380	
<i>Número de miembros con formación en Maestría</i>	0.1279	0.1360	0.3470	
<i>Miembros con formación en doctorado y posdoctorado</i>	0.0716	0.4817	0.8820	
<i>Número de proyectos de investigación</i>	0.1283	0.0328	0.0000	*
<i>Clasificación Categoría A</i>	1.3271	1.7953	0.8250	
<i>Clasificación Categoría B</i>	0.4187	1.8895	0.4600	
<i>Constante</i>	14.1663	1.4704	0.0000	

\* Se refiere al nivel de significancia estadística de los parámetros al 10% (\*\*) y al 5% (\*).

Estos resultados reflejan que cuando un investigador del área de salud pública transita hacia otros sectores y actividades diferentes a las realizadas en las IES y centros de investigación, la productividad científica cae, aún cuando continúe desempeñando actividades de investigación.

Esto se debe a que los contextos donde se realizan las actividades de investigación están altamente relacionados con los niveles de productividad del investigador. En este tipo de instituciones, las motivaciones, los incentivos a las publicaciones, la libertad para publicar y la autonomía intelectual se ven limitados por la dinámica y estructura normativa. Por tanto, el tránsito o migración hacia estos contextos se convierte en una barrera para los investigadores y para la consolidación de la salud pública como comunidad científica.

Con respecto a las variables del grupo, se encuentra que el número miembros con niveles máximos de formación en pregrado y especialización tienen efectos negativos sobre la producción. Si bien los estudiantes de pregrado y especialización son esenciales para los grupos de investigación, debido a que representan el cambio generacional, esto sólo se presenta en comunidades que son capaces de propiciar el tránsito hacia comunidades científicas y

académicas de alto nivel a través de la formación en maestría y doctorado. Esto toma más valor en una comunidad donde el trabajo de técnico y experimental es reducido y por tanto, la formación de una masa crítica de investigadores de alto nivel se hace necesaria para fortalecer y renovar la generación de conocimiento dentro del área.

En la tabla 17, se presentan los resultados del modelo para el área de ciencias básicas biomédicas. Cabe anotar que a pesar de que los índices de producción no pueden ser comparados entre comunidades, debido a que son una medida de escalonamiento de la productividad dentro de la población y por tanto, sus factores y ponderaciones corresponden a las características propias de la producción dentro de cada área específica. Si es posible comparar los resultados entre poblaciones en términos de los efectos y magnitudes que las variables independientes tienen sobre los niveles de producción.

**Tabla 17.** Ciencias Básicas Biomédicas. Variables de eficacia del investigador y del grupo

<b>VARIABLES DE EFICACIA DEL INDIVIDUO</b>				
<b>Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>E.S</b>	<b>P-valor</b>	<b>Sign*</b>
<i>Edad</i>	0.1545	0.0199	0.0000	*
<i>Beca</i>	3.8581	0.4342	0.0000	*
<i>Máximo formación especialización</i>	1.9170	0.7458	0.0100	*
<i>Máximo formación maestría</i>	1.9203	0.4855	0.0000	*
<i>Máximo formación doctorado</i>	6.2412	0.5672	0.0000	*
<i>Actividades de docencia</i>	2.2612	0.4134	0.0000	*
<i>Actividad de asesoría</i>	0.1323	0.6679	0.8430	
<i>Actividades de dirección</i>	-0.1071	0.5277	0.8390	
<i>Actividades profesionales</i>	0.1395	0.4487	0.7560	
<i>Actividades de apoyo</i>	-0.8513	0.3722	0.0220	*
<i>Trabajo en entidades del gobierno</i>	0.5349	0.4835	0.2690	
<i>Trabajo en el sector privado</i>	-0.3868	0.5029	0.4420	
<i>Trabajo en organismos multilaterales</i>	1.3036	1.5068	0.3870	
<i>Trabajo en hospitales</i>	0.4656	0.4926	0.3450	
<i>Trabajo en Centros de Investigación</i>	0.9490	0.4280	0.0270	*
<i>Trabajos en ONGs</i>	-0.3192	0.6512	0.6240	
<i>Número de proyectos</i>	0.5444	0.0257	0.0000	*
<i>Numero de productos de nuevo conocimiento</i>	0.3193	0.0103	0.0000	*
<b>VARIABLES DE EFICACIA DEL GRUPO</b>				
<b>Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>E.S</b>	<b>P-valor</b>	<b>Sign*</b>
<i>Numero estudiantes de pregrado</i>	-0.2943	0.0445	0.0000	*
<i>Numero estudiantes de especialización</i>	-0.0078	0.1567	0.9600	
<i>Numero estudiantes de maestría</i>	0.0763	0.0927	0.4110	
<i>Numero estudiantes de doctorado</i>	0.1834	0.1433	0.2000	

Numero productos de nuevo conocimiento	0.0538	0.0204	0.0080	*
Categoría A Colciencias	3.6007	0.9002	0.0000	*
Categoría B Colciencias	0.1096	0.9421	0.9070	
<i>Constante</i>	14.9993	0.7837	0.0000	*

\* Se refiere al nivel de significancia estadística de los parámetros al 10% (\*\*) y al 5% (\*).

En primer lugar, se observa que la formación de alto nivel tiene efectos positivos y significativos sobre los niveles de producción. Adicionalmente, el efecto del doctorado sobre el índice de producción es más alto que el caso del área de salud pública. En este sentido, en el área de ciencias básicas biomédicas ser investigador con máximo nivel de formación de doctorado agrega 0.85 unidades anuales adicionales al índice de producción que para un individuo con las mismas características en el área de salud pública. Este resultado, es importante porque refleja que la cultura de investigación en ambas áreas favorece de manera diferencial la producción y generación de conocimiento de los investigadores de alto nivel.

Mientras que en el área de ciencias básicas biomédicas los investigadores con mayor formación se insertan en contextos favorables a la generación de conocimiento y la relación con pares académicos incrementa los niveles de producción de nuevo conocimiento. En el área de salud pública, el relacionamiento con pares no tiene el mismo efecto sobre el nivel de producción. Esto se debe a que los pares académicos no presentan la misma continuidad en la generación de nuevo conocimiento, debido a sus vinculaciones a otros contextos organizacionales no científicos, como el sector privado y gubernamental. Esto a su vez, reduce el índice de producción y por tanto, el valor agregado que captura el individuo del relacionamiento con los otros miembros del grupo. Esto adicionalmente, se corrobora con el hecho de que el efecto del número de investigadores con nivel de doctorado en el grupo sobre el índice de producción individual es de 0.1834 en el área de ciencias básicas biomédicas, mientras que en el campo de la salud pública, este asciende sólo a 0.0716, que es incluso inferior al efecto del número de estudiantes de maestría en el grupo equivalente a 0.1279

En segundo lugar, las actividades de apoyo en investigación y docencia tienen un efecto negativo sobre los niveles de producción. Esto puede derivarse de los altos niveles de formación y producción de algunos de los miembros de los grupos de investigación. De esta manera, los individuos que realizan actividades de apoyo se encuentran en niveles inferiores frente al índice de producción comparada con los investigadores de alta formación. Sin embargo, dado el contexto organizacional de estos grupos de investigación, el cual favorece la formación de nuevos investigadores, esta situación puede ser transitoria en la medida en que el individuo se encuentra en el espacio propicio para migrar rápidamente hacia comunidades académicas y científicas, a través de sus estudios de maestría y doctorado. Adicionalmente, esto observa que los índices de producción se favorecen significativamente con el número de proyectos de investigación realizado por los investigadores y los productos de nuevo conocimiento del grupo.

Con respecto a las variables de eficacia del grupo, también se encuentra que los miembros con estudios máximos de pregrado y especialización inciden negativamente sobre el índice de

producción. Como se mencionó anteriormente, esto refleja sólo el riesgo que tienen los grupos de investigación de caer en ciclos de baja productividad sino incrementan los niveles de formación de los investigadores. Adicionalmente, se corrobora que los grupos de categoría A y un mayor nivel de productos de nuevo conocimiento avalados por Colciencias por parte del grupo, tienen efectos positivos sobre los niveles de producción individual.

### 3. Resultados Modelo Tobit. Carreras Académicas y científicas

En la tabla 18 y 19, se presentan los resultados de la estimación del modelo Tobit, el cual es una aproximación a la medición del efecto de las variables correspondientes a la carrera académica y científica del individuo sobre la tasa de producción de artículos internacionales<sup>20</sup>.

**Tabla 18.** Salud Pública. Modelo Carreras Académicas

Variable	$\beta$	E.S	P-valor	Significancia
<i>Genero</i>	0.2161	0.1163	0.0640	*
<i>Edad</i>	-0.0212	0.0436	0.6280	
<i>Edad<sup>2</sup></i>	0.0002	0.0005	0.6250	
<i>Número de proyectos</i>	0.0399	0.0071	0.0000	*
<i>Financiamiento de estudios</i>	0.3677	0.1307	0.0050	*
<i>Cohorte 1970</i>	-0.1579	0.6927	0.8200	
<i>Cohorte 1971-1980</i>	-0.0019	0.2952	0.9950	
<i>Cohorte 1991-2000</i>	0.0392	0.1965	0.8420	
<i>Cohorte 2007</i>	-0.0325	0.2133	0.8790	
<i>Área conocimiento Salud</i>	0.2515	0.2741	0.3590	
<i>Área conocimiento Ciencias Exactas</i>	0.1962	0.4239	0.6440	
<i>Área conocimiento Ciencias Sociales y Humanas</i>	-0.1410	0.2874	0.6240	
<i>Otras áreas del conocimiento</i>	-0.0895	0.4574	0.8450	
<i>Formación en Salud Colectiva</i>	-0.2606	0.1442	0.0710	**
<i>Máximo formación especialización</i>	0.6380	0.3413	0.0620	**
<i>Máximo formación maestría</i>	0.8471	0.2505	0.0010	*
<i>Máximo formación doctorado</i>	1.2284	0.2787	0.0000	*
<i>Actividades de docencia</i>	0.1563	0.1546	0.3120	
<i>Actividad de asesoría</i>	-0.0793	0.1773	0.6550	
<i>Actividades de dirección</i>	-0.0332	0.1390	0.8110	
<i>Actividades profesionales</i>	-0.0325	0.1516	0.8310	
<i>Actividades de apoyo</i>	0.1830	0.1533	0.2330	
<i>Trabajo en entidades del gobierno</i>	-0.3014	0.1403	0.0320	*
<i>Trabajo en el sector privado</i>	-0.2937	0.1744	0.0930	**
<i>Trabajo en el organismos multilaterales</i>	0.7463	0.2479	0.0030	*
<i>Trabajo en hospitales</i>	0.1404	0.1506	0.3520	
<i>Trabajo en Centros de Investigación</i>	0.0592	0.1682	0.7250	
<i>Trabajos en ONGs</i>	-0.2983	0.1833	0.1040	
<i>/sigma</i>	1.0864	0.0600		

<sup>20</sup> La tasa de producción se calculó como la relación entre número de artículos internacionales y el número de años desde su primera publicación internacional reportada en la Plataforma ScienTI hasta 2007.

Con respecto al modelo de carreras académicas para los investigadores de salud pública (tabla 8) se encuentra que con relación a la tasa de publicación de artículos internacionales no existe ningún efecto generacional del individuo. Dado que variables relacionadas con la edad y la cohorte de obtención del mayor grado de formación no son significativas dentro del modelo. Estos resultados implican que no existe efecto de acumulación de experiencia del investigador sobre sus niveles de productividad.

Una de las explicaciones para este resultado se encuentra en el hecho de que la investigación en salud pública se inserta dentro de una comunidad donde los investigadores migran continuamente hacia otros espacios no científicos. Esta migración disemina la experiencia obtenida por el investigador en su proceso de acumulación de capital humano propiciando así la formación de comunidades pseudocientíficas. Es decir, que la falta de una cultura completamente científica dentro de esta comunidad, impide que el capital humano interactúe con otros miembros e instituciones para generar el capital social e intelectual necesarios para la consolidación de sistemas organizacionales propicios para el desarrollo y generación de conocimiento.

Por otro lado, en cuanto al nivel de formación, se encuentra que todos los niveles tienen efectos positivos y significativos sobre la tasa de producción de artículos internacionales comparados con quienes tienen pregrado como máximo nivel de formación, siendo mayor el efecto del doctorado. Con respecto a las actividades desempeñadas por los individuos se observa que si bien otras actividades diferentes a la docencia e investigación tienen un efecto negativo sobre la tasa de producción, este no parece ser significativo. Sin embargo, si es notable el hecho de que migrar hacia instituciones como el gobierno y el sector privado reducen significativamente la tasa de producción de artículos internacionales en 0.3014 y 0.2937 puntos, respectivamente. Este resultado continúa corroborando el hecho de que estas altas fugas de los investigadores hacia otros sectores no académicos afectan la consolidación de una cultura de investigación que albergue la generación de conocimiento continua y de alto nivel en esta área.

Por otro lado, en la tabla 19 se presentan los resultados para el modelo de carreras académicas en la población de ciencias básicas biomédicas. Estos muestran que si existen un efecto de la experiencia acumulada del investigador, lo cual está relacionado con las variables de edad <sup>21</sup> y cohorte de máximo grado de formación. Estas variables revelan que los investigadores de mayor trayectoria tienen efectos positivos y significativos sobre la tasa de producción de artículos internacionales. Siendo los investigadores que fueron formados en las primeras cohortes, es decir, antes de 1980, los que perciben mayores efectos en su tasa de producción. Adicional a este resultado, se encuentra que mayores niveles de formación tienen un efecto positivo y significativo sobre la producción, donde el doctorado es la formación que mayor valora agrega a la tasa de producción de artículos internacionales. Estos dos resultados

---

<sup>21</sup> La variable edad<sup>2</sup> es una proxy de los rendimientos marginales decrecientes de la producción con la edad del investigador. Es decir, muestra que los investigadores incrementan la producción con la edad pero que en los primeros años el incremento de la producción es comparativamente mayor con respecto a los últimos. .

muestran que tanto el proceso de formación de alto nivel como la experiencia acumulada dentro de la comunidad científica, son factores determinantes para incrementar la generación de conocimiento.

**Tabla 19.** Ciencias Básicas Biomédicas Modelo Carreras Académicas.

Variable	$\beta$	E.S	P-valor	Significancia
<i>Genero</i>	0.0989	0.0437	0.0240	*
<i>Edad</i>	0.0972	0.0185	0.0000	*
<i>Edad<sup>2</sup></i>	-0.0011	0.0002	0.0000	*
<i>Número de proyectos</i>	0.0199	0.0032	0.0000	*
<i>Número productos nuevo conocimiento</i>	0.0182	0.0015	0.0000	*
<i>Financiamiento de estudios</i>	0.1974	0.0522	0.0000	*
<i>Cohorte 1970</i>	0.9120	0.3370	0.0070	*
<i>Cohorte 1971-1980</i>	0.3620	0.1439	0.0120	*
<i>Cohorte 1981-1990</i>	-0.0607	0.0917	0.5080	
<i>Cohorte 2007</i>	0.0770	0.0563	0.1710	
<i>Área conocimiento Biología</i>	0.1063	0.0958	0.2680	
<i>Área conocimiento Ciencias exactas</i>	0.2762	0.1124	0.0140	*
<i>Área conocimiento Salud</i>	0.2929	0.0996	0.0030	*
<i>Área conocimiento Ciencias Sociales y Humanas</i>	0.1528	0.1385	0.2700	
<i>Máximo formación especialización</i>	0.1101	0.1334	0.4090	
<i>Máximo formación maestría</i>	0.3503	0.0662	0.0000	*
<i>Máximo formación doctorado</i>	0.7621	0.0765	0.0000	*
<i>Actividades de docencia</i>	0.0903	0.0528	0.0870	**
<i>Actividad de asesoría</i>	-0.0398	0.0863	0.6450	
<i>Actividades de dirección</i>	-0.1189	0.0701	0.0900	**
<i>Actividades profesionales</i>	-0.0070	0.0577	0.9030	
<i>Actividades de apoyo</i>	-0.0262	0.0465	0.5740	
<i>Trabajo en entidades del gobierno</i>	-0.0480	0.0564	0.3950	
<i>Trabajo en el sector privado</i>	-0.1772	0.0683	0.0100	*
<i>Trabajo en el organismos multilaterales</i>	-0.0936	0.1823	0.6080	
<i>Trabajo en hospitales</i>	0.0695	0.0633	0.2720	
<i>Trabajo en Centros de Investigación</i>	0.1713	0.0477	0.0000	*
<i>Trabajos en ONGs</i>	-0.1958	0.0906	0.0310	

Frente a las actividades que desempeñan los investigadores del área de ciencias básicas y su efecto sobre la producción internacional, se encuentra que la docencia produce un efecto positivo, la cual incrementa el índice en 0.09 puntos, mientras que las actividades de dirección y coordinación lo reducen en 0,12. Adicionalmente, el relacionamiento con el sector privado reduce significativamente el índice en 0,17. Este valor muestra el alto riesgo que presentan los

investigadores al migrar de comunidades científicas a otros espacios organizacionales. Sin embargo, como se mencionó en la sección anterior, esto no se presenta reiterativamente dentro de esta comunidad. Otro resultado importante, es que la relación de los individuos con los centros privados o mixtos de investigación tiene un efecto positivo y significativo sobre la tasa de producción. Esto se debe principalmente a que los centros vinculados a actividades en el área de ciencias básicas biomédicas en el país son de alto nivel y reconocimiento nacional e internacional por sus aportes a la ciencia, como es el caso de la Corporación de Investigaciones Biológicas –CIB– y el Centro de Investigaciones Medicas –CIDEIM–.

Finalmente, en la tabla 20, se presentan los resultados del modelo de carreras académicas por disciplina. En este se destaca que las disciplinas siguen la misma tendencia de los resultados generales, aunque la magnitud de los efectos puede diferir. Un resultado destacable es el aporte de la formación doctoral en el área de microbiología, el cual incrementa la tasa de producción de artículos internacionales en 1.09. Sumado a esto se encuentra el aporte de la experiencia acumulada por el investigador. En este sentido, en esta área se encuentran que los investigadores antes de 1970 tienen un efecto positivo sobre la tasa de producción de 1.53, el cual es incluso superior al efecto de esta variable para la población completa.

## **V. CONCLUSIONES**

Como se menciona en la premisa con la que inicia este estudio, la ciencia nace a partir de la congruencia del científico, el proyecto de saber, el grupo, la institución y el interlocutor. Esto supone también que una mejor ciencia se desarrolla sólo en contextos favorables que permiten la generación de conocimiento, el tránsito de nuevos investigadores a comunidades científicas y académicas, a través de estudios de maestría y doctorado, y el fortalecimiento de redes científicas que permiten aumentar el reconocimiento y visibilidad de las comunidades. En este sentido, el presente trabajo estudia, desde la perspectiva de la medición del capital conocimiento y las carreras académicas de los investigadores, los contextos organizacionales que favorecen o no la creación de comunidades científicas y académicas en las áreas de investigación en salud pública y ciencias básicas biomédicas.

Los resultados muestran como las carreras académicas de los investigadores en salud pública y ciencias básicas biomédicas difieren significativamente. Los primeros, se caracterizan por tener flujos de actividades en instituciones que no son propicias para el desarrollo de la ciencia, como es el caso de las entidades gubernamentales y el sector privado. Mientras los segundos, en general, tienen una carrera dedicada a la ciencia, debido a que la mayor parte de sus carreras profesionales se encuentra vinculada con actividades de investigación y docencia.

Esta diferencia, que está asociada a la manera como se hace ciencia en ambas disciplinas, se verá refleja en las tasas de productividad de los investigadores de ambas áreas. Debido a que los niveles de productividad se encuentran directamente asociados con el contexto organizacional al que se vincula el investigador. De esta manera, los grupos de investigación, las

universidades y los centros de investigación, al establecer una estructura normativa propicia para la generación del conocimiento permiten la reproducción y consolidación de las comunidades científica. En el caso de salud pública, las instituciones donde se vinculan lo investigadores se convierte en una barrera para la generación individual de conocimiento y por tanto, para la salud pública como comunidad científica. Los resultados reflejan que cuando un investigador del área de salud pública transita hacia otros sectores y actividades diferentes a las realizadas en las IES y centros de investigación, la productividad científica cae, aún cuando continúe desempeñando actividades de investigación

Adicional a esto, se encuentra que la acumulación de experiencia por parte de los investigadores también se ve afectada por la relación con contextos no favorable para el desarrollo de las actividades de investigación. En el caso de la salud pública, la ausencia de una cultura completamente científica dentro de esta comunidad, impide que el capital humano del investigador interactúe con otros miembros e instituciones para generar el capital social e intelectual necesarios para la consolidación de sistemas organizacionales propicios para el desarrollo y generación de conocimiento. Por otro lado, en el caso de ciencias biomédicas las estimaciones revelan que los investigadores de mayor trayectoria tienen efectos positivos y significativos sobre la tasa de producción de artículos internacionales. Siendo los investigadores que fueron formados en las primeras cohortes, los que mayores beneficios perciben de su formación y experiencia en investigación.

Finalmente, cabe mencionar la importancia de los resultados desde el punto de vista de política de investigación dentro de las comunidades científicas. En el caso de salud pública es necesario reducir la migración de los investigadores con alta formación hacia el sector gubernamental. La ciencia se hace dentro de contextos que favorezcan la publicación y generación de nuevos conocimientos. En esta medida, esta comunidad, está perdiendo la posibilidad de consolidarse y cumplir su función de interlocutor con los desarrollos de la ciencia básica y posicionarse dentro de la comunidad científica.



**Tabla 20.** Ciencias Básicas Biomédicas Modelo Carreras Académicas por disciplinas

Variable	Genética			Inmunología			Microbiología		
	$\beta$	E.S	P-valor	$\beta$	E.S	P-valor	$\beta$	E.S	P-valor
<i>Genero</i>	-0.0057	0.1076	0.9580	-0.2258	0.1304	0.0860**	-0.1610	0.1199	0.1800
<i>Edad</i>	0.2055	0.0442	0.0000*	0.1345	0.0714	0.0630**	0.0562	0.0402	0.1640
<i>Edad<sup>2</sup></i>	-0.0024	0.0005	0.0000*	-0.0017	0.0009	0.0650**	-0.0006	0.0005	0.1550
<i>Número de proyectos</i>	-0.0048	0.0066	0.4690	0.0366	0.0108	0.0010*	0.0075	0.0078	0.3360
<i>Número productos nuevo conocimiento</i>	0.0267	0.0030	0.0000*	0.0134	0.0028	0.0000*	0.0103	0.0026	0.0000*
<i>Financiamiento de estudios</i>	0.1140	0.1347	0.3980	0.0673	0.1736	0.6990	0.1271	0.1245	0.3080
<i>Cohorte 1970</i>	1.9159	0.6839	0.0060*	0.0850	0.4346	0.8450	1.5389	0.7648	0.0450*
<i>Cohorte 1971-1980</i>	0.8315	0.3597	0.0220*	-	-	-	0.2258	0.3723	0.5450
<i>Cohorte 1981-1990</i>	0.0532	0.2063	0.7970	0.1353	0.2338	0.5640	-0.4851	0.2632	0.0660*
<i>Cohorte 2007</i>	0.1266	0.1327	0.3410	0.0336	0.1940	0.8630	0.1680	0.1391	0.2280
<i>Máximo formación especialización</i>	0.4243	0.2794	0.1300	0.0568	0.3129	0.8560	0.6115	0.2761	0.0280*
<i>Máximo formación maestría</i>	0.3522	0.2105	0.0960**	-0.1802	0.1701	0.2920	0.4722	0.1962	0.0170*
<i>Máximo formación doctorado</i>	0.6079	0.2316	0.0090*	0.3405	0.1956	0.0850**	1.0991	0.2254	0.0000*
<i>Actividades de docencia</i>	0.0374	0.1233	0.7620	-0.0158	0.1678	0.9250	0.1782	0.1287	0.1670
<i>Actividad de asesoría</i>	-0.3785	0.2581	0.1440	-0.2034	0.2932	0.4900	0.1170	0.2131	0.5830
<i>Actividades de dirección</i>	0.0511	0.1800	0.7770	-0.1162	0.1995	0.5620	-0.3062	0.1925	0.1130
<i>Actividades profesionales</i>	0.0633	0.1652	0.7020	-0.0855	0.1852	0.6450	0.0803	0.1402	0.5670
<i>Actividades de apoyo</i>	0.0501	0.1174	0.6700	-0.0976	0.1434	0.4970	0.0197	0.1200	0.8700
<i>Trabajo en entidades del gobierno</i>	-0.0343	0.1575	0.8280	-0.0574	0.2829	0.8400	0.1293	0.1386	0.3520
<i>Trabajo en el sector privado</i>	-0.1773	0.2119	0.4040	0.5607	0.2726	0.0420*	-0.2423	0.1536	0.1160
<i>Trabajo en el organismos multilaterales</i>	-	-	-	-	-	-	-0.3253	0.3927	0.4080
<i>Trabajo en hospitales</i>	-0.2390	0.1945	0.2210	-0.2786	0.2121	0.1920	-0.1364	0.1584	0.3900
<i>Trabajo en Centros de Investigación</i>	0.5240	0.1396	0.0000*	0.1203	0.1344	0.3730	0.2097	0.1093	0.0560*
<i>Trabajos en ONGs</i>	-0.2942	0.1963	0.1350	-0.2600	0.4076	0.5250	-0.4019	0.2554	0.1170
<i>Observaciones</i>	238	-	-	125	-	-	318	-	-
<i>/sigma</i>	0.6398	0.0435	-	0.5061	0.0534	-	0.7327	0.0506	-

## **BIBLIOGRAFÍA**

Becker, G. (1964). *Human Capital: a Theoretical and Empirical Analysis, with a Special Reference to Education*. University of Chicago Press, Chicago.

Becker, G.(1962). Investment in human capital: a theoretical analysis. *Journal of Political Economics* 70, S9–S49.

Bonzi, S. (1992). Trends in research productivity among senior faculty. *Information Processing and Management* 28 (1), 111–120.

Bowden, V. (1997). The career states system model: a new approach to analysing careers. *British Journal of Guidance and Counseling* 25 (4), 473–491.

Bozeman, B., Boardman, C.( 2004). *Managing the New Multipurpose, Multidiscipline University Research Center: Institutional Innovation in the Academic Community*.

Bozeman, B., Corley, E. (2004). Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. *Research Policy* 33 (4), 599–616.

Bozeman, B., Dietz, J.S., Gaughan, M.(2001). Scientific and technical human capital: an alternative approach to R&D evaluation. *International Journal of Technology Management* 22 (8), 716–740.

Bozeman, B., Rogers, J.D. (2002). A churn model of scientific knowledge value: Internet researchers as a knowledge value collective. *Research Policy* 31, 769–794.

Caracostas, P., Muldur, U. (1998). *Society, The Endless Frontier: A European Vision of Research and Innovation Policies for the 21st Century*. Office for Official Publications of the European Communities, European Commission, Italy.

Clemente, F. (1973). Early career determinants of research productivity *American Journal of Sociology* 79, 409–419.

Cole, J.R.(1970). Patterns of intellectual influence in scientific research. *Sociology of Education* 43, 377–403.

Cole, J.R., Cole, S.(1973). *Social Stratification in Science*. Chicago University Press, Chicago.

Cole, S., (1979). Age and scientific performance. *American Journal of Sociology* 84, 958–977.

Cole, S., Cole, J.R. (1967). Scientific output and recognition: a study in the operation of the reward system in science. *American Sociological Review* 32, 377–390.

Diamond Jr., A.M., (1984). An economic model of the life-cycle research productivity of scientists. *Scientometrics* 6 (3), 189–196. Diamond Jr., A.M., 1986. The life cycle research productivity of mathematicians and scientists. *Journal of Gerontology* 41, 520–525.

Dietz, J., I. Chompavlov, et al. (2000). "Using the curriculum vita to study the career paths of scientists and engineers: An exploratory assessment." *Scientometrics* 49 (3): 419 - 442.

Dietz, J.S., (2000). Building a social capital model of research development: the case of the experimental program to stimulate competitive research. *Science and Public Policy* 27, 137–145.

Dietz, J.S., Bozeman B (2005). Academic careers, patents, and productivity: industry experience as scientific and technical human capital. *Research Policy* 34 (2005) 349–367.

Dietz, J.S., Chompalov, I., Bozeman, B., Lane, E.O., Park, J. (2000). Using the curriculum vita to study the career paths of scientists and engineers: an exploratory assessment. *Scientometrics* 49 (3), 419–442.

Elder Jr., G.H. (1994). Time, human agency, and social change: perspectives on the life course. *Social Psychology Quarterly* 57, 4–15.

Elder Jr., G.H., Pavalko, E.K. (1993). Work careers in men's later years transitions, trajectories, and historical change. *Journal of Gerontology* 48, S180–S191.

Friedkin, N.E. (1978). University social structure and social networks among scientists. *American Journal of Sociology* 83, 1444–1465.

Gaughan, M and Bozeman, B. (2002). Using curriculum vitae to compare some impacts of NSF research grants with research Center funding. *Research Evaluation*, V. 11 (1) 17–26.

Griliches, Z. (1992). The search for R&D spillovers. *The Scandinavian Journal of Economics* 94, 29–47.

Hall, B., Mairesse, J.m and Turner, T. (2006) Identifying Age, Cohort and Period Effects in Scientific Research Productivity. Working Papers Series. United Nations University.

Jaffe, A.B. (1989). Characterizing the 'technological position' of firms, with application to quantifying technological opportunity and research spillovers. *Research Policy* 18 (2), 87–97.

Jaffe, A.B., Trajtenberg, M., Henderson, R. (1993). Geographic localization of

knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics* 108 (3), 577–598.

Jaramillo, H., Piñeros, L., Lopera, C., Álvarez, J. M. (2006). “Aprender haciendo. Experiencia de formación de jóvenes investigadores en Colombia”. Colección Textos Economía, Facultad de Economía, Universidad del Rosario, Editorial Rosarista, 295 p.

Jaramillo, H., Piñeros, L., Lopera, C., Álvarez, J. M. (2006). “Aprender haciendo. Experiencia de formación de jóvenes investigadores en Colombia”. Colección Textos Economía, Facultad de Economía, Universidad del Rosario, Editorial Rosarista, 295 p.

Katz, J.S., Martin, B.R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy* 26, 1–18.

Landry, R., Traore, N., Godin, B. (1996). An econometric analysis of the effect of collaboration on academic research productivity. *Higher Education* 32 (3), 283–301.

Lee, S. (2004). What happens after career’s first research grants? Assessing the impact of research grants on collaboration and publishing productivity in the early career of scientists. Working paper.

Lee, S., Bozeman, B., (2005). The effects of scientific collaboration on productivity. *Social Studies of Science*. 35/5(October 2005) 673–702.

Levin, S.G., Stephan, P.E. (1991). Research productivity over the lifecycle— evidence for academic scientists. *American Economic Review* 81, 114–132.

Levin, S.G., Stephan, P.E.(1989). Age and research productivity of academic scientists. *Research in Higher Education* 30, 531–549.

Long, J.S. (1978). “Productivity and academic position in the scientific career”. *American Sociological Review* No. 43.

Long, J.S., Allison, P., McGinnis, R.(1993). Rank advancement in academic careers: sex differences and the effects of productivity. *American Sociological Review* 58, 703–722.

Long, J.S., Allison, P.D., McGinnis, R.,(1979). Entrance into the academic career. *American Sociological Review* 44, 816– 830.

Long, J.S., McGinnis, R., (1985). The effects of the mentor on the academic career. *Scientometrics* 7, 255–280.

Merton, R.K. (1968). The Matthew effect in science. *Science* 159, 56–63.

Merton, R.K.( 1961). *Social Theory and Social Structure*. Free Press, Glencoe, IL.

- Merton, R.K.(1957). Priorities in scientific discovery: a chapter in the sociology of science. *American Sociological Review* 22, 635–659.
- Perrow, C. (1963) “Goals and power structures- a historical case study”. En Freidson, E. (Editor), *The hospital in modern society*. New York, Free Press.
- Perrow, C. (1965). “Hospitals, technology, structure and goals”. *Handbook of Organizations*.
- Price, D.J. (1963). “Little science, big science”. New York, Columbia University Press.
- Price, D.J.d.S., Beaver, D., 1966. Collaboration in an invisible college. *American Psychologist* 21, 1011–1018.
- Reskin, B. (1979).Academic Sponsoship and Scientist’s Careers. *Sociology of Education*, Vol 52, No. 3, pp. 129-146.
- Rice, N., Jones, A. (1997). “Multilevel models and health economics”. *Journal of Health Services Research and Policy*, 6: 561-575.
- Roe, A. (1956). “The psychology of occupations”. New York, Wiley.
- Stephan, P.E. (1999). “Using human resource data to illuminate innovation and research utilization”. Georgia State University.
- Stephan, P.E. y Levin, S.G. (1992). “The critical impotence of careers in collaborative scientific research”. *Revue d’Economie Industrielle* No. 79.
- Stephan, P.E., Levin, S.G.(1992). *Striking the Mother Lode in Science: The Importance of Age, Place and Time*. Oxford University Press, New York.
- Sweetland, S.R.(1996). Human capital theory: foundations of a field of inquiry. *Review of Educational Research* 66, 341– 359.
- Turpin, T., Deville, A. (1995). Occupational roles and expectations of research scientists and research managers in scientific research institutions. *R&D Management* 25 (2), 141–157.
- Walker, G.,Kogut, B., Shan,W. (1997). Social capital, structural holes and the formation of an industry network. *Organization Science* 8, 109–125.
- Zucker, L.G., Darby, M.R., Armstrong, J. (1998). Geographically localized knowledge: spillovers or markets? *Economic Inquiry* 36 (1), 65–86.