

Productividad del Recurso Humano de Ciencia y Tecnología en Colombia 1990-2004

Paula Carolina Rojas Figueroa♦

Resumen

El documento estudia los determinantes de la productividad del recurso humano dedicado a actividades de C&T en Colombia. A partir de la medición que realizó Colciencias en el año 2004 para la clasificación de grupos a nivel nacional, se encuentra que el nivel de formación del investigador tiene impacto en la productividad del grupo, al igual que las relaciones sociales complejas dadas por la preferencia de trabajo con los investigadores que tienen más prestigio dentro del grupo, ya que esto ofrece la posibilidad de generar mayores habilidades a los investigadores de menor clasificación. El segundo análisis se realiza a partir de la información de los becarios de estudios de postgrado en el exterior de Colciencias y utilizando los datos de su CvLac¹, encontrando que variables como el nivel de formación y el manejo de idiomas son determinantes de la productividad del investigador y que para Colombia, el área de conocimiento del investigador no son referentes a su productividad.

Palabras Claves: Recursos Humanos, análisis bivariado, relaciones sociales y productividad, nivel de formación del investigador.

Abstract

This paper studies the determinants of the productivity of human resources on S&T in Colombia; by using the measurement made by Colciencias in year 2004, it was found that the training level of the researchers does have an impact on the productivity of the group, as well as their complex social relations given the preference for working with the researchers with more prestige inside the group, as it offers the possibility to generate major skills to researchers of minor classification. A second analysis was made from the information of the Colciencias' recipients of PhD scholarships to study abroad. By using the details of their CvLacs we find that variables like the training level and the command of languages are determinants of the researcher productivity and that, in Colombia, the knowledge area does not determine the productivity.

Keywords: Human Resources, bivariate analysis, social relations, productivity and educational level reached by the investigator.

♦ Tesis para optar al título de Magíster en Economía, Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Septiembre de 2008, Bogotá, Colombia. Se agradecen los comentarios realizados por Angela Sánchez y Diana Cortés.

¹ CvLac es el sistema de información de Currículos de los investigadores del sistema en Colombia

1. Introducción

La Economía del Conocimiento surge como un reconocimiento a la importancia de la Ciencia, Tecnología e Innovación (en adelante CT+I) en el crecimiento económico. Según la OCDE (1996) el conocimiento involucra el capital humano de alto nivel y la tecnología, generando desarrollo económico y social en cualquier sociedad. Esto se debe a que éste genera efectos en diversos aspectos de la economía como la producción industrial, las comunicaciones, los sistemas de transporte, la educación y las relaciones entre sociedades.

La CT+I genera, en las condiciones adecuadas, un incremento rápido de la industria, las exportaciones y el empleo; la relación de este último con la economía del conocimiento se debe a la necesidad de formar una fuerza laboral de alto nivel que cuente con habilidades suficientes para asumir los permanentes cambios en la tecnología de la información, por tal motivo tanto la educación como el aprendizaje continuo (*lifetime learning*) son de gran valor en el mercado laboral de la actualidad. Así mismo es necesario que una economía basada en el conocimiento genere una masa crítica de investigadores y de capital humano de alto nivel con las mejores capacidades para la creación de nuevos conocimientos en los diversos sectores de una economía, y que a través de una fuerte relación universidad-empresa haga de ese nuevo conocimiento un nuevo insumo para la industria nacional.

El conocimiento no es una idea nueva dentro de la teoría económica; desde Adam Smith dicho concepto ha jugado un papel preponderante en el desarrollo de cualquier economía: para él, el hombre con su especulación y conocimiento genera producción útil para la economía. Igualmente, Schumpeter afirma que la innovación es el mayor forjador de una economía y que la forma de lograr un crecimiento económico sostenido e importante, es por la vía del conocimiento.

Para Colombia, en términos de políticas públicas, la importancia de la formación de recurso humano de alto nivel se reconoce en la Ley 29 de 1990, en la que se hace explícita la necesidad de tener un verdadero desarrollo sostenible de la ciencia y la tecnología en el país. Colciencias, como entidad secretaria del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, suscribió en la década de los 1990s dos créditos con el Banco Interamericano de Desarrollo, denominados “BID II y BID III”, los cuales tenían como objetivo llevar a otro nivel los recursos humanos para la CT+I de Colombia, con la formación de nuevos doctores en las distintas áreas de conocimiento. Igualmente para el año de 1993 se convocó la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, cuyo informe final, llamado “Colombia: Al filo de la Oportunidad”, reconoció y enfatizó la importancia que tiene el conocimiento para el desarrollo económico y social del país. La Misión llegó a la conclusión que el papel que juega la educación es propio para formar la fuerza de trabajo y en general para la mejora de la calidad de vida de la población; ya que este tiene incidencias en los niveles de productividad y competitividad del conjunto de la economía. Además el mismo informe (Misión de Sabios: p. 114), recomienda que para que Colombia transite a una economía del conocimiento debería financiar al menos 800 estudiantes de doctorado por año durante diez años.

Teniendo en cuenta la relevancia que se ha dado al conocimiento como factor determinante para el crecimiento económico, el objetivo de este estudio es analizar uno de sus componentes más especializados: los diferentes determinantes de la productividad del sector científico en Colombia. Para esto, el documento toma como

base teórica una combinación de la teoría económica del capital humano con la de la sociología de la ciencia desde sus distintos enfoques, los cuales explican que las comunidades generadoras de nuevos conocimientos tienen relaciones complejas que afectan tanto al individuo como a la sociedad científica. La sociología de la ciencia tiene distintas perspectivas de cómo estudiar esas relaciones sociales: Modelos de Prestigio, Motivación Innata y Ciclo Vital, los cuales se abordarán posteriormente.

Para la revisión de la información estadística utilizada, se efectúa un análisis de correlación bivariado, y de modelo probit de cada una de las dos bases de datos utilizadas: la primera es un segmento de la Base Nacional de Grupos de Investigación GrupLac 2004. La segunda es la utilizada en el Programa de Formación de Recurso Humano de Alto Nivel de Colciencias 1990-2004, la cual se cruzó con el CvLac de cada uno de los investigadores, lo que permitió obtener información de producción y de otras variables que podían influir en la productividad del investigador. La utilización de estas dos bases de datos, permite tener un panorama de los determinantes de la productividad tanto del grupo como del investigador como individuo.

La primera parte del documento es esta introducción, en la segunda se explica el marco teórico sobre el capital humano y las relaciones con la sociología de la ciencia, en la tercera se encuentran las estadísticas descriptivas de las dos bases de datos, en la cuarta se realiza el análisis de modelos econométricos de cada base de datos y en la quinta sección se exponen las principales conclusiones del estudio.

2. Marco Teórico

En la Economía del Conocimiento, la Teoría del Capital Humano toma importancia, ya que es la base para desarrollar cualquier economía apoyada en la generación de conocimiento. Según Jaramillo (2008), en la Teoría del Capital del Conocimiento, el capital humano es el agregado de acumular avances científicos y las habilidades desarrolladas en los diferentes procesos por cada uno de los individuos que componen la economía y dinamizan el desarrollo de esta y su sociedad.

A partir de los factores previamente identificados, surgen varios interrogantes acerca del capital humano. El primer interrogante es ¿qué es capital humano?; según Becker (1964) éste se caracteriza por ser cualquier inversión que conlleve al mejoramiento de la calidad del trabajo, expresada por la productividad de la fuerza laboral. El capital humano es un elemento que incluye gastos de salud, migración, búsqueda de trabajo y crianza de hijos, por lo que se le considera un fenómeno de carácter dinámico.

El desarrollo de la teoría del capital humano inicia su auge a principios de los 1960s con el artículo de Gary Becker (1962) sobre el “Análisis Teórico: Inversión en Capital Humano” donde explica como los individuos y las firmas deciden invertir en educación de la fuerza laboral, las diferentes formas de entrenamiento de carácter general y específico que pueden recibir los individuos, qué efectos tiene en el largo plazo la educación sobre los salarios de los individuos. En resumen, cómo la inversión en educación se ve reflejada en la productividad del individuo.

Por otra parte se encuentra la teoría de la señalización del mercado laboral (Arrow, 1973; Spence, 1973), afirman que la adquisición de educación se interrelaciona con las señales que los individuos envían al mercado laboral sobre sus habilidades, y siendo

potencialmente más productivos que los demás individuos del mercado, obtienen niveles de salario más altos. Dentro de esta perspectiva se encuentra la visión credencialista, (Ferrer y Craing, 2001; Flores y Ligth, 2007), según la cual la adquisición de educación es llevada a cabo para cumplir el requisito de admisión de algunas profesiones dentro del mercado laboral, obteniendo así salarios más altos y mejores trabajos, dejando rezagados a los individuos que no obtienen el título, que por tanto tienen oportunidades inferiores y una mayor dificultad para ascender en el mercado laboral.

Inicialmente se debe tener presente que dado que los individuos toman ciertas decisiones sobre el camino a seguir dentro del mercado laboral, es posible encontrar desde la perspectiva de la información incompleta y la heterogeneidad de los agentes, soluciones que desde el termino de ingresos no son las óptimas. Este es el caso del sector de generación de conocimiento: un individuo que se encuentra trabajando en este sector podría haber tomado la decisión de trabajar en el sector real o industrial, lo que habría podido representar en el futuro mayores ingresos que los generados en la investigación. Según investigadores en el tema como Holden (2001), Ding et Al. (2006) y Fox y Stephan (2001), esto se presenta por diferentes factores que pueden generar mayor utilidad presente al individuo, que la que le generaría los ingresos que recibirá en el futuro. Estos factores pueden ser: prestigio dentro de una comunidad académica, oportunidad de intercambios universitarios, autonomía en el uso del tiempo, seguridad del empleo y oportunidades de promoción dentro de la institución en la cual se trabaje; el efecto de los factores mencionados, como el prestigio dentro de la comunidad, se incrementa con la edad, generando esto un significativo grado de satisfacción, muchas veces mayor al que se tendría con los posibles niveles de ingreso alcanzables en sectores reales de la economía.

Otro de los factores que inciden en la decisión de investigar como una opción laboral es la facilidad que existe para vincularse a un grupo de investigación cuando se están realizando estudios de Doctorado y Post Doctorado, insertándose al mercado laboral de generación de conocimiento. Así mismo, uno de los factores que los científicos consideran es el horizonte de vida laboral, que para el caso de los investigadores es más largo, ya que su tiempo de jubilación es mayor debido a que el mercado del conocimiento tiende a valorar más el capital humano que el sector industrial o real, proyectando su retiro después de los setenta años de edad. Del mismo modo, las expectativas laborales de los investigadores después del retiro incluyen la posibilidad de seguir trabajando en otros proyectos de investigación; esto hace que el valor del conocimiento adquirido durante toda la vida profesional sea más valorado que en el sector industrial o real. Todos los anteriores factores son determinantes a la hora de ingresar al mercado del conocimiento como su proyecto de vida laboral.

Dentro de la Teoría del Capital del Conocimiento, como se dijo anteriormente, el capital humano es un agregado compuesto de acumular avances científicos en el conocimiento y las dotaciones con competencias incorporadas a cada uno de los individuos que componen la economía. Esto incluye la educación formal, vínculos asociados entre los investigadores y los usuarios de la ciencia, las relaciones entre individuos con las mismas organizaciones en la que se encuentran y el conocimiento que estas tienen y le transmiten al individuo. Es por esto que la adquisición de un título en la generación de conocimiento tiene un carácter informativo sobre las habilidades y la productividad de

cada uno de los individuos y este rendimiento se puede afectar no solo por las habilidades del individuo sino por la calidad de los programas y el entorno de estos para la investigación con calidad.

Se puede afirmar que la productividad es observable a través de las carreras académicas de cada uno de los individuos que pertenecen a una sociedad de conocimiento. Para realizar estudios de este tipo, existen dos enfoques teóricos que explican esas diferencias en la productividad de cada uno de los investigadores; la primera está orientada en planteamientos de la ciencia económica, donde Jaramillo (op. Cit, 2008) en su revisión de literatura encuentra que esta línea concentra el estudio en la productividad y específicamente de la gestión en la innovación y de carreras industriales. El otro enfoque, proveniente de la sociología, explica que el conocimiento es derivado de un sistema complejo de relaciones sociales entre una carrera académica y la productividad, lo que hace que los recorridos sean menos predecibles que otro tipo de sectores o profesiones. Cabe anotar que los dos enfoques, a pesar de provenir de dos disciplinas diferentes no son excluyentes.

Los estudios elaborados tanto desde la perspectiva de la industria como de las carreras científicas tienen su razón de ser en la necesidad de la gestión del conocimiento. Jaramillo (op. Cit) muestra que los principales temas de estudio han sido en el comportamiento de la productividad de los ingenieros, de la innovación, la obsolescencia tecnológica, manejo del personal técnico, transferencia de conocimiento en el cual los efectos de la externalidades del conocimiento muestran flujos de personas entre organizaciones, siendo fundamentales para los procesos de transferencia y el mantenimiento de redes a través de la carrera académica.

Los trabajos basados en la sociología de la ciencia surgen de los realizados por Merton (1957, 1961, 1968) en los que estudia la estratificación social de la ciencia como una comunidad, y de Roe (1956) y Cole y Cole (1973), quienes investigan sobre la psicología de los científicos. Lo que hacen estos diferentes estudios es explorar a la ciencia como una organización sociológica, en donde se tiene un marco cultural y normativo que rige la generación y reciprocidad de conocimientos. Por tal motivo explican que la productividad del investigador no solo se encuentra relacionada con sus propias capacidades o puesto de trabajo, sino que se debe analizar desde los distintos factores sociales que tienen la generación de la ciencia. Dentro de estos estudios, los niveles de productividad del sector de la investigación se han medido en diferentes modelos como: prestigio, redes sociales, dotaciones educativas y motivación innata.

El análisis basado en los modelos de prestigio se concentra en los efectos del reconocimiento institucional sobre la productividad académica de cada uno de los investigadores. Estudios como los de Crane (1965,1970) muestran el efecto de la institución tomada como universidad a la que pertenece cada individuo sobre el nivel de éxito de este en la carrera académica. Nuevamente Crane (1972) aborda el nivel de productividad pero ahora desde la perspectiva de redes sociales, donde expone que las relaciones entre investigadores logran proporcionar al proceso de colaboración y comunicación entre los mismo grupos de investigación; esto se debe a que la productividad individual está relacionada con la productividad de las comunidades científicas.

La visión de la motivación innata estudia las características psicológicas de la actividad científica. Se estudian variables asociadas como la devoción a la investigación, el interés individual y las habilidades intelectuales. Adicionalmente Hunter y Kuhn (1987) analizaron el hecho de pertenecer a círculos académicos como una variable vital en la visión científica del individuo, por lo que la participación temprana en estos ambientes se hace importante para este tipo de modelos de motivación innata.

La visión de ciclo vital difiere de las demás corrientes por su enfoque en la captura de la dinámica de las carreras académicas a través del tiempo y en los distintos momentos de esa carrera; esto se debe a que tiene componentes dinámicos, mientras que las otras tendencias teóricas dan un manejo estático al fenómeno de carreras académicas. Diamond (1986) investiga como las carreras académicas de los investigadores desarrollan diferentes habilidades individuales, sus estructuras sociales y los distintos procesos de incentivos que tienen efectos en la productividad del científico. Los modelos que recogen esta visión permiten conocer que los investigadores no se forman en ambientes aislados de trabajo, debido a que internamente se desarrollan diferentes instituciones sociales; también se muestran distintos elementos que ayudan a establecer los procesos de colaboración entre redes, siendo una variable importante en el capital humano del investigador y por último los modelos que constituyen una herramienta para observar las distintas formas de generar conocimiento y su difusión.

Modelos de prestigio como el de Cole y Cole (1967) hallan que el número de reconocimientos obtenido y la posición a nivel internacional de la organización científica a la que pertenece el investigador tienen un efecto positivo sobre la probabilidad de publicación y citación de la producción científica.

Por otra parte, estudios basados en la teoría de la motivación innata encuentran que la correlación entre el gusto al trabajo y el interés que el científico tenga, es positiva con respecto a la productividad. La primera variable es estudiada por Roe (1965) y la segunda variable por Cole y Cole (1973). Adicionalmente Bayer y Folger (1966) estudian la existencia de correlación entre el nivel intelectual de los investigadores con respecto a su nivel de productividad, encontrando que no hay relación positiva entre las dos variables.

Los modelos de ciclo vital estudian los distintos determinantes de la productividad, donde uno de los más evaluados es la colaboración entre los investigadores medida por las coautorías. Las investigaciones han mostrado que esta opción de publicación ayuda a que los científicos enfrenten mejor las demandas de investigación en su campo porque aumentan las habilidades de cada uno de los individuos de la organización científica.

La utilización del Curriculum Vitae en estudios empíricos ha sido de gran ayuda, ya que ha proporcionado información sobre las trayectorias de los científicos. Uno de estos estudios es el de Bonzi (1992), que toma 411 CVs y examina la productividad por el crecimiento de la producción científica de cada uno de los individuos, analiza el número de publicaciones con variables de control como el área de conocimiento de la investigación, rango académico que ocupa en la organización, sexo y la fecha de culminación de Doctorado. Con un análisis bivariado, se observa que la productividad tiene un aumento con el tiempo y la existencia de diferenciales en artículos y libros. Así mismo, encontró que el área de conocimiento está totalmente relacionada con la productividad del científico, debido a que en algunas ciencias el tiempo de investigación

es mayor que en otras para realizar al final la publicación del documento, caso típico de las ingenierías.

3. Análisis Cuantitativo: Estadísticas Descriptivas

En éste punto se utiliza la base de datos de becarios para estudios de postgrados en el exterior de Colciencias cruzándola con la información disponible en el Sistema de Información de la Ciencia, Tecnología de Colombia (ScienTi) donde se obtuvieron variables como producción e idiomas; así mismo, utiliza la base de datos de medición de grupos de Colciencias para el año 2004 lo cual nos permite realizar un estudio de los determinantes de productividad de miembros del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia.

3.1 Estadísticas Descriptivas Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología

Esta base de datos se obtuvo de la División de Recursos Humanos de Colciencias, e incluye los investigadores que han sido financiados por esta entidad para formación en el exterior, se excluyó a los investigadores financiados para formación en el ámbito nacional debido a que el horizonte de tiempo de este tipo de apoyo es menor que para estudios en el exterior. Adicionalmente, la base de datos se cruzó con el CV LAC que llena cada uno de los investigadores incluidos en el Sistema de Información de la Ciencia y Tecnología y el GROUP LAC de ScienTi para obtener variables de producción, idiomas y cantidad de grupos de investigación en cada área de conocimiento. El horizonte de tiempo analizar es desde el año 1992 hasta el año 2004, siendo 1992 el año que Colciencias inicia el financiamiento de estudios en el exterior.

La base cuenta con quince variables, entre socioeconómicas y de caracterización de productividad de la investigación en el país. Entre las variables socioeconómicas se encuentran género, lugar de nacimiento, nivel de educación alcanzado, si la institución que nombra al candidato es de carácter privada y/o pública, área de conocimiento y la cantidad de grupos registrados en su respectiva área de conocimiento (según clasificación de Frascati²). Adicionalmente se tienen variables de producción científica, las cuales son de carácter numérico, otras variables corresponden a clasificación de universidad de estudios según ranking de Shanghai, edad y experiencia laboral.

Al iniciar el análisis de variables de caracterización demográfica y socioeconómica, como el género, la variable muestra que en el sector de generación de nuevo conocimiento existe una predominancia del sexo masculino sobre el femenino, dado que el 69.6% de los investigadores financiados fueron hombres y solo el 30.4% fueron mujeres. Esto muestra que en dicho sector la relación es de dos hombres investigadores por una mujer, exponiendo la baja participación de la mujer en la generación de nuevo conocimiento. No obstante, es importante tener en cuenta que estas son variables descriptivas y que no es posible hacer análisis más avanzados con la información disponible.

² La clasificación según el Manual de Frascati permite tener una clasificación a nivel mundial de las áreas del conocimiento, teniendo un parámetro de comparación con otros países. Son seis áreas de conocimiento: Ciencias Agrícolas, Ciencias Médicas, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Humanidades e Ingenierías. Estas áreas permiten reunir los diferentes programas de estudios para así facilitar el estudio e impacto de cada una.

Tabla 3.1. Distribución de Becarios por Género 1990-2004

Género	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	183	30.4
Masculino	419	69.6
Total	602	100.0

Fuente: Colciencias

Dentro del proceso de análisis, el lugar de nacimiento de los investigadores permite tener un panorama de donde proviene ese recurso humano y una posible concentración de este mismo en pocos lugares del país y no exista distribución de la población interesada en realizar investigación en el país.

Tabla 3.2. Distribución de los Becarios por su lugar de nacimiento 1990-2004

	Lugar de Procedencia	Frecuencia	Porcentaje
		71	11.8
2	Antioquia	93	15.4
	Arauca	1	.2
	Atlántico	27	4.5
	Bolívar	7	1.2
	Boyacá	15	2.5
	Caldas	19	3.2
	Caquetá	1	.2
	Cauca	10	1.7
	Choco	1	.2
	Córdoba	4	.7
4	Cundinamarca	72	12.0
1	Distrito Capital	111	18.4
	Huila	6	1.0
	La Habana	1	.2
	Magdalena	5	.8
	Meta	1	.2
	Nariño	10	1.7
	Norte Santander	8	1.3
	Quindío	8	1.3
	Risaralda	7	1.2
	Santander	30	5.0
	Sucre	2	.3
	Tolima	13	2.2

	Lugar de Procedencia	Frecuencia	Porcentaje
3	Valle	79	13.1
	Total	602	100.0

Fuente: Colciencias

En la tabla No. 3.2, respecto a la variable lugar de procedencia se observa que, aunque hay individuos provenientes de casi todos los departamentos del país, existe una marcada concentración en cuatro departamentos: el primero es la capital del país con un 18.4%, seguido de Antioquia, Valle y Cundinamarca, con un 15.4%, 13.1% y 12% respectivamente. Esto muestra una tendencia en el ámbito nacional sobre la dominancia en la investigación en estos cuatro departamentos del país, donde en los tres primeros lugares se encuentran las tres universidades que se pueden denominar de investigación que son la Universidad Nacional, Universidad de Antioquia y la Universidad del Valle, igualmente se encuentran universidades que aunque no se consideran de investigación si tienen un alto componente dentro del modelo de universidad, estas son Universidad de los Andes y Pontificia Universidad Javeriana. Otra tendencia que se observa es sobre los denominados nuevos departamentos, como Caquetá que solo cuenta con un investigador financiado, al igual que Arauca y el Chocó.

Dentro de una comunidad científica en cualquier parte del mundo, la formación que tiene su fuerza laboral es uno de los determinantes más importantes, debido a que el científico realiza casi todos los procesos dentro de una investigación. En este caso la variable de formación se considera como la formación financiada por una entidad como Colciencias, el cual ayudado a que el país construya una masa crítica de investigadores formados para el sector del conocimiento.

Tabla 3.3. Distribución de Estudios de Becarios Según Nivel de Formación Financiado 1990-2004

Nivel de Formación Financiado	Frecuencia	Porcentaje
Doctorado	528	87.7
Maestría	73	12.2
Post. doctorado	1	.2
Total	602	100.0

Fuente: Colciencias

La tabla No. 3.3 muestra a los beneficiarios del programa de acuerdo al nivel de formación financiado. Este se encuentra distribuido así: un 87.7% a Doctorados, un 12.2% Maestría y un 0.02% a Programas Post doctorales. Es clara la tendencia a financiar estudios de doctorado por encima de los niveles de maestría, teniendo una relación de siete financiados para doctorado por cada uno de maestría, esto por la necesidad del país de tener una masa crítica de Doctores para la realización de investigaciones de calidad e impacto en el conocimiento mundial.

En la variable Tipo de Institución Nominadora permite conocer la distribución del carácter de institución entre pública y privada, el cual puede mostrar una tendencia del

interés por estas instituciones de que su recurso humano que realiza investigación al interior de ellas tenga niveles de formación mayores a los ya obtenidos por este.

Tabla 3.4. Distribución por Tipo de Institución Nominadora del Becario 1990-2004

Tipo de Institución	Frecuencia	Porcentaje
Privada	248	41.2
Pública	354	58.8
Total	602	100.0

Fuente: Colciencias

Para el siguiente análisis (tabla No 3.4) se analiza a la institución que dio aval a los becarios de acuerdo al criterio de Privada o Pública, lográndose encontrar que el 58.8% de los becarios se encontraban trabajando para una institución de carácter público al momento de su aplicación y el 41.2% laboraban en instituciones privadas. Aunque la relación es casi de uno a uno, si muestra nuevamente la tendencia de investigación del país, donde esta se concentra en entidades de carácter público.

Dentro de las instituciones que dieron aval a los investigadores se destacan las universidades tanto de carácter público como privadas, dentro de las universidades públicas se destaca la Universidad de Antioquia con un 12.8% de becarios, la Universidad Nacional con un 12.1%, la Universidad del Valle con 9.5% becarios y en una menor proporción pero significativo son la Universidad del Cauca con un 2.2% y la Universidad de Cartagena con un 2%; en el caso de la universidades de carácter privado se destaca la Universidad de los Andes con el 8.3% de becarios, la Pontificia Universidad Javeriana con el 5.5% y la Universidad del Norte con el 2%.

Otras instituciones como los centros de investigación no tienen la misma participación de becarios que las universidades del país, algunos lograron tener un peso significativo. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica logró tener 2.2% de becarios, El Instituto Nacional de Salud y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras obtuvieron cada una la participación del 1.5% del total de becarios. Lo que se puede decir es que las universidades en el país al ser en su mayoría las entidades que realizan investigación, tienen una mayor participación de becarios y las tres universidades públicas más importantes en investigación en Colombia tienen la mayor cantidad de becarios en el país.

Con la variable de distribución de estudios por área de conocimiento según Frascati, se puede conocer el interés de investigación de científico colombiano y así mismo una tendencia en qué áreas de conocimiento la comunidad científica nacional realiza investigaciones.

Tabla 3.5. Distribución por área de Conocimiento de Estudios del Becarios 1990-2004

Clasificación por Área de Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
Ciencia Agrícolas	26	4.3
Ciencias Médicas	87	14.5
Ciencias Naturales	250	41.5
Ciencias Sociales	96	15.9
Humanidades	19	3.2
Ingeniería	124	20.6
Total	602	100.0

Fuente: Colciencias

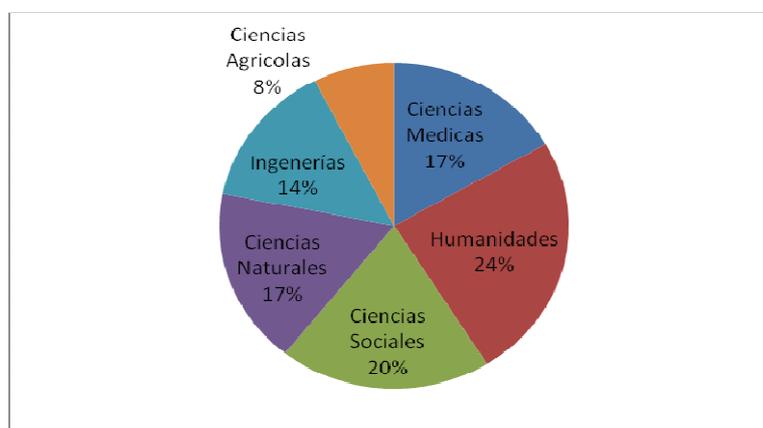
En este caso (tabla No.3.5), se tomó el programa de estudios realizados de acuerdo a la clasificación por área del conocimiento del Manual de Frascati, que establece que las seis áreas de conocimiento son: Ciencias Agrícolas, Médicas, Naturales, Sociales, Humanidades e Ingeniería. Se encontró que Colciencias como entidad de Sistema de Ciencia y Tecnología, ha distribuido su financiación en las siguientes participaciones: 41.5% el área de las Ciencias Naturales, 20.6% el de las Ingenierías, seguido del de las Ciencias Sociales en un 15.9%, el área de las Ciencias Médicas en un 14.5%, el de las Ciencias Agrícolas en un 4.3% y por último en un 3.2% el área de las Humanidades.

Tabla 3.6. Número de Grupos por área de Conocimiento

Ciencias Médicas	Humanidades	Ciencias Sociales	Ciencias Naturales	Ingenierías	Ciencias Agrícolas
621	914	733	651	536	280

Fuente: Colciencias ScienTi

Gráfica No. 3.1 Distribución Porcentual de los Grupos de Investigación



Fuente: Colciencias ScienTi

Colombia (Gráfica No. 3.1) presenta una predominancia en los grupos de las Humanidades y de las Ciencias Sociales, teniendo entre estas dos áreas el 44% de los grupos en el país y una representación muy baja en áreas que generan desarrollo tecnológico como son la ingeniería con una 14% y las ciencias naturales con un 17%. Se afirma que el caso colombiano concentra su investigación en dos áreas que tradicionalmente no producen desarrollos tecnológicos e innovación para un país.

La variable de producción o número de publicaciones es un indicador de productividad del sector del conocimiento, es este caso al querer mirar el efecto de la nueva formación del recurso humano, se decidió que la producción se dividiera en antes y después de realización de estudios para que fuera posible observar el incremento de productividad por efectos de la educación. Para el caso de los estudios en las áreas de ingeniería si incluyeron como producción las patentes y los desarrollos tecnológicos.

Tabla 3.7. Producción Científica por tipo³

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Numero de Artículos	0	158	11.53	13.99
Numero de Libros y/o capítulos de libros	0	42	2.51	4.22
Patentes	0	22	0.20	1.48
Working Paper	0	29	0.82	2.38

Fuente: Colciencias CVLAC- Cálculos Propios

En el siguiente caso (tabla No.3.7) se encontró que las variables de carácter productivo de un investigador pueden ser diversas y existen diferentes maneras de medir o influir en su nivel de productividad del individuo. Para esta situación se toman como referencia la producción científica, entendida como la correspondiente al desarrollo de artículos, capítulo(s) de libro(s) , patentes y documentos de trabajo; que en general Colombia tiene una mayor producción de artículos científicos y una muy baja producción de patentes que no alcanza hacer de una en promedio.

En el modelo probit se consideró la separación de las variables en los diferentes tipos de producto de conocimiento, como lo son artículos, capítulos y libros, patentes, trabajos en eventos y working papers. Lo anterior con el fin de poder analizar el comportamiento de cada producto con los determinantes de productividad individual en el sector, teniendo en cuenta las diferencia de área de conocimiento.

³ La base cuenta con 602 observaciones que fueron utilizadas para realizar el análisis descriptivo de las variables.

Tabla 3.8. Producción por tipo y área de conocimiento

	Ciencias Medicas		Humanidades		Ciencias Sociales	
	Media	Desv. Típ	Media	Desv. Típ	Media	Desv. Típ
Artículos	15,58	17,78	6,94	5,64	7,55	7,25
Capítulos y Libros	1,93	3,92	6,63	8,73	4,67	6,2
Trabajos en eventos	13,58	17,89	3,26	4,56	2,35	8,91
Patentes	0,08	0,34	0	0	0	0
Working Papers	0,28	1,1	1,36	2,38	1,95	3,76

Fuente: Colciencias CVLAC- Cálculos Propios

	Ciencias Naturales		Ingenierías		Ciencias Agropecuarias	
	Media	Desv. Típ	Media	Desv. Típ	Media	Desv. Típ
Artículos	13,18	15,97	9,08	10,47	12,03	11,9
Capítulos y Libros	1,91	2,98	1,87	2,6	2,19	3,78
Trabajos en eventos	14,61	23,51	14,91	16,1	8,69	8,81
Patentes	0,3	2,1	0,298	1,29	0	0
Working Papers	0,76	2,41	0,43	1,24	0,5	0,98

Fuente: Colciencias CVLAC- Cálculos Propios

Cuando se observan las medias de producción tabla (No. 3.8) discriminadas por tipo y área de conocimiento se halla que en el número de artículos las ciencias médicas seguido de las ciencias naturales son las dos áreas que tienen en promedio un mayor nivel de producción con un 15.58 y 13.18 artículos respectivamente. Para el caso de los capítulos y libros dos áreas de conocimiento muy afines entre ellas son las que producen una mayor cantidad de este tipo de producto, destacándose las humanidades y las ciencias sociales con un promedio superior a las otras áreas de hasta dos veces más el promedio de ellas.

En las patentes es claro que el país no produce niveles altos de este producto de conocimiento, ya que las distintas áreas de conocimiento o no producen patentes o simplemente en promedio no alcanzan a producir un investigador una patente completa. Los working papers tiene un comportamiento de producción bajo en todas las áreas de conocimiento, pero se destaca las ciencias sociales con un promedio de 1.95 working papers por investigador de esta área de conocimiento.

Idiomas extranjeros es una variable que muestra la capacidad del recurso formado para poder comunicarse con pares académicos internacionales y publicar en otros idiomas, generando que el nuevo conocimiento generado por los colombianos se difunda y se conozca en el ámbito internacional.

Tabla 3.9. Distribución de Edad y Experiencia Laboral

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Experiencia Laboral	0	37	10.88	6.33
Edad	25	67	39.29	6.73

Fuente: Cálculos Propios

En la tabla No 3.9, al observar las variables edad y experiencia laboral observamos que el horizonte de vida laboral en nuestro recurso humano científico es grande, donde van a poder consolidar sus áreas de estudio y brindarle generación de conocimiento a nuevas generaciones.

El ranking de Shanghai permite conocer entre las universidades del mundo cuales se ubican en mejor posición, mostrando un alto nivel de calidad de la educación que imparten dichas instituciones. En este caso se tomó esta variable para conocer si las universidades donde los investigadores colombianos han realizado sus estudios se encuentran en este ranking; con el objetivo de mirar si la alta calidad de dichas universidades tiene mejores efectos en la productividad del investigador.

Tabla 3.10. Distribución de Becarios en las Mejores Universidades del Mundo

Mejores 200 Universidades del Mundo		
	Frecuencia	Porcentaje
NO = 0	329	54.7
SI = 1	273	45.3
Total	602	100.0

Fuente: Universidad Jiao Tong Shanghai – Colciencias

En este caso, (tabla No.3.10) y teniendo presente la teoría de la señalización en la economía de la educación y los posibles efectos que tenga la calidad de la universidad en el cual se realizaron los estudios, sobre la productividad del investigador, se consideró tomar el Ranking de Shanghai del año 2005 y cruzarlo con las instituciones en las que habían estudiado los becarios de Colciencias. Se optó por tener presente sólo las doscientas primeras Universidades a nivel mundial. De los resultados encontramos que sólo el 45.3% de los becarios estudiaron dentro de este tipo de instituciones a nivel mundial y que el restante 54.7% de becarios fueron a otro tipo de institución que no se encuentran en el Ranking.

3.2 Estadísticas Descriptivas de Medición de Grupos Año 2004⁴

En el año 2004, Colciencias realizó un ejercicio de consolidación de información sobre los grupos de investigación, basado en la información que voluntariamente le entregaron a Colciencias las entidades generadoras de conocimiento interesadas en participar en el proceso. La base de datos incluye variables de tipo socioeconómico que miden el nivel de formación de los investigadores del grupo y otras que caracterizan el impacto de publicaciones del grupo, esto es, la clasificación por índice de ScientiCol que es utilizado por Colciencias para clasificar a los grupos en tres categorías (A, B y C), y a los investigadores en cuatro categorías (A, B, C y sin categoría).

Los grupos se clasifican en las tres categorías al obtener un índice ScientiCol entre los siguiente intervalos: Categoría A son los grupos que quedan con un índice entre 1 y 0.80, categoría B es de 0.79 a 0.60, categoría C va desde 0.59 a 0.01. En el caso de los grupos reconocidos el índice ScientiCol es de cero.

Tabla 3.11. Clasificación de Grupos de investigación 2004

Grupos	Porcentaje
Reconocidos	
	40.6
Grupo A	22.0
Grupo B	22.2
Grupo C	15.2

Fuente: Colciencias

Para iniciar este análisis, la primera variable de observación es la clasificación de grupos, se obtuvo que, para la medición de 2004 se clasificaron como grupo tipo A 160 grupos, lo cual equivale a un 22% del total, 161 grupos en categoría B (otro 22%) y 110 grupos en categoría C (15.2% del total), con lo cual se clasificó en categorías A-B-C a 431 grupos. Los 294 grupos restantes (40.6%) están reconocidos por el sistema de Colciencias como grupos de investigación, aun cuando no sean clasificados.

El número de integrantes de los diferentes grupos permite conocer el tamaño de los grupos de Colombia; así mismo se puede conocer el tamaño del grupo por las diferentes categorías de los grupos en el país.

Tabla 3.12. Número de Integrantes de Grupos 2004

Integrantes Grupos	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupos Reconocidos
Máximo de Integrantes	63	47	39	78
Mínimo de Integrantes	3	2	1	1
Promedio de Integrantes	21,5	14,1	11,7	11,5

Fuente: Colciencias

En la tabla No. 3.12 se observa que existe una relación directa entre el nivel de clasificación del grupo y su número de integrantes, es decir, que el nivel relativo de

⁴ La base cuenta con 725 observaciones que fueron utilizadas para realizar el análisis descriptivo de las variables.

calidad del grupo se relaciona con su tamaño. Un grupo de categoría A tiene una mayor cantidad de integrantes, que en la media es de 21,5 investigadores por grupo de dicha categoría. No obstante, al examinar el máximo de integrantes de cada uno de los grupo por categoría se encontró que los grupos reconocidos presentan un máximo de 78 integrantes siendo mayor que cualquiera de los grupo clasificados en las tres categorías, sin embargo para el mínimo de integrantes el que más integrantes tiene es el grupo A con 3 integrantes como mínimo dentro de un grupo con dicha cualidad.

Analizando los resultados de la variable socioeconómica, encontramos que mediante la variable socioeconómica de nivel de formación se puede observar la cantidad de investigadores que tiene cada grupo con el nivel educativo alcanzado por cada uno de ellos, permitiendo conocer el nivel promedio de estudios del recurso humano del sector de conocimiento colombiano.

Tabla 3.13. Conformación de los Grupos de Investigación de Acuerdo al Nivel de Formación de los Investigadores 2004

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
No. de investigadores con estudios de Doctorado	0	17	2.72	2.451
No. de investigadores con estudios de Maestría	0	34	3.84	3.721
No. investigadores con estudios de Pregrado	0	60	5.82	5.721

Fuente: Colciencias

Analizando por nivel educativo, para el nivel de Doctorado en promedio los grupos tienen 2,72 investigadores con este nivel, así mismo 3,84 investigadores con maestría y 5.82 con pregrado. Se afirma que los grupos de investigación en Colombia tienen una predominancia en tener investigadores con nivel de formación de pregrado más que de otros niveles de formación, ya que muestran una relación de un investigadores más con pregrado que con maestría y de dos más investigadores con solo pregrado con un doctorado.

Considerando la variable socioeconómica de nivel de educación de los investigadores, se decidió analizar las medias de cada uno de los niveles educativos según la tipología del grupo de investigación. Se encontró que, como era de esperarse los grupos de categoría A tienen en promedio 4,1 investigadores con Doctorado sobrepasando la media general de los grupos medidos en el 2004, así mismo con los otros niveles de formación de Maestría y Pregrado. Para los grupos de categoría B se observa que tienen una mayor cantidad de investigadores con nivel de pregrado sobrepasando la media de la medición de todos los grupos, no se encontró que los grupos C y los Reconocidos sobrepasen la media para todos los niveles de formación.

Tabla 3.14. Conformación de los Grupos de Investigación de Acuerdo al Nivel de Formación de los Investigadores y Categoría de los Grupos 2004

	Total Grupos	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo Reconocidos
Media de					
Doctorado	1.973	4,1	2,6	2,3	2,2
Media de Maestría	2.782	6	3,3	3,4	3,1
Media de Pregrado	4.217	9	6	4,4	4,6
Máximo					
Doctorado	17	14	10	10	17
Máximo Maestría	34	19	15	22	34
Máximo Pregrado	60	60	20	18	59

Fuente: Colciencias

Observando la variable educación por su nivel máximo de integrantes en cada uno de los grupos por clasificación, se obtiene que los grupos reconocidos tiene el nivel máximo de investigadores pertenecientes a un grupo con doctorado de 17 y así mismo con maestría de 34 dándose esta cantidad de investigadores en un solo grupo; ya que esta clase de grupos solo tiene en promedio 2.2 investigadores con doctorado y 3.1 investigadores con maestría, no sobrepasan la media del 2004 que fue de 2.72 doctores en un grupo y de 3.84 con maestría.

En el caso de la variable impacto de las publicaciones, el cual se mide como el número de citas realizadas en un periodo de tiempo permitiendo observar la relevancia de las investigaciones de los grupos. Para los grupos medidos en el año 2004 los resultados de impacto de sus publicaciones son:

Tabla 3.15. Media de Impacto de Publicaciones Grupos 2004

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Impacto	.05	1,209.74	17.6404	5.453.755

Fuente: Colciencias

En la tabla No. 3.15 muestra que para los grupos medidos en el año 2004, la media de las citas de las publicaciones de estos grupos fue de 17.64 citas para las publicaciones de los grupos medidos en el 2004.

Dentro del sistema de clasificación de las comunidades científicas o grupos de investigación en Colombia, el recurso humano es objeto de clasificación en tres categorías A, B y C; cada una de las categorías tiene parámetros que permiten realizar la clasificación y estas son: Categoría A, tener un mínimo de cinco productos de nuevo conocimiento y dentro de estos tener por lo menos tres de nuevo conocimiento de calidad A; además, debe tener por lo menos una maestría terminada y tres proyectos de investigación referenciados, en los cuales haya participado; Categoría B, tener como mínimo tres productos de nuevo conocimiento, de los cuales por lo menos uno debe ser de calidad A; además, de una maestría terminada o un proyecto de investigación relacionado, en el cual haya participado y Categoría C, tener como mínimo tres

productos de nuevo conocimiento, y cumplir una de las siguientes condiciones: tener una maestría terminada, un proyecto de investigación referenciado, o pertenecer a un grupo de investigación. También se consideró como investigador de tipo C, a una persona con doctorado y al menos un producto de nuevo conocimiento reportado.

Teniendo presente esa clasificación de los investigadores de cada uno de los grupos, se obtuvo que:

Tabla 3.16. Cantidad de Investigadores por Tipología del Investigador Medición Grupos 2004

	Investigador A	Investigador B	Investigador C	Investigador sin Clasificar
Número de Investigadores Por clasificación	1.522	1.697	2.018	5.141
Porcentaje de Investigadores por clasificación	15%	16%	19%	50%

Fuente: Colciencias

La distribución de las proporciones de las tres categorías de clasificación en A, B y C de los investigadores es equilibrado entre ellas, pero se encontró que los investigadores que aún no se han clasificado son el 50% para el año 2004. Así mismo el investigador de tipo A es el que menor proporción aparece en el Sistema de Ciencia y Tecnología de Colombia, pero se ve un aumento proporcional en las categorías B y C respectivamente.

Tabla 3.17. Cantidad de Investigadores por Tipología del Investigador y por Clasificación de Grupos 2004

Clasificación de Investigadores	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupos Reconocidos
Media de Investigador A	3,9	2	1,2	1,5
Media de Investigador B	3,8	2,2	1,7	1,9
Media de Investigador C	3,6	2,6	2,8	2,4
Media de Investigador sin Clasificar	10,2	7,2	6	5,7
Máximo Investigador A	17	7	9	11
Máximo Investigador B	12	11	8	28
Máximo Investigador C	20	12	16	26

Clasificación de Investigadores	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupos Reconocidos
Máximo Investigador sin clasificar	58	35	26	38

Fuente: Colciencias

Como era de esperarse, al analizar las medias de la tipología de los investigadores por la clasificación de los grupos se encontró que los grupos A tienen una mayor cantidad de investigadores de todos los tipos e igualmente sin clasificar, esto se debe a que los investigadores sin clasificar se encuentran en proceso de formación. Para los grupo de categoría B se observa que tienen una preferencia promedio por los investigadores de tipo B y C y para el caso de los grupos de categoría C predominan los investigadores C.

Así mismo cuando se observa el máximo de integrantes con las clasificaciones de los investigadores se tiene que el un grupo A tienen un máximo de 17 investigadores A y 58 investigadores sin clasificar. En el caso de los grupos reconocidos se tiene que un grupo de esta categoría tiene un máximo de 28 y 26 investigadores de tipo B y C respectivamente.

Para esta sección se concluye que aunque se analizaron variables descriptivas que impiden realizar un análisis más avanzado si se encontró que la realización de estudios permite tener incrementos en la productividad del investigador y que esta formación es preferible en los niveles de doctorado, ya que permite tener mayores herramientas para la realización de investigación.

Para el caso de las comunidades científicas colombianas se puede decir que el hecho de tener un número importante de doctores dentro de un grupo si tiene efectos en la productividad y calidad del grupo, esto debido a que los grupos de investigación de categoría A tienen una predominancia en este tipo de investigador con ese nivel de formación. Así mismo, los grupos clasificados en B tienen en su mayoría investigadores con nivel de formación de maestría y los clasificados en C son en su mayoría de pregrado al igual que los grupos reconocidos.

Para la tipología del investigador es relevante decir que los grupos colombianos son conformados en su gran mayoría investigadores que no tienen clasificación; pero si existe por parte de los grupos tipo A una preferencia por investigadores con una clasificación A, como era de esperarse los grupos B están conformados en su mayoría por investigadores con tipología B, el grupo C es conformado en promedio por investigadores de tipo C y los reconocidos por científicos sin clasificar.

4. Cálculos y Análisis

En esta sección se presentan los diferentes modelos econométricos estimados, basados en modelos probit, que permitieron hacer un análisis de los posibles determinantes de productividad tanto de un investigador como de un grupo respectivamente.

Un análisis de Hojas de Vida de investigadores que pertenecen al sistema en Colombia y a su vez han sido financiados para estudios de postgrado en el exterior por parte de Colciencias. Si bien es cierto que esta aproximación no abarca la totalidad del sistema

de Ciencia y Tecnología, si nos permite mirar las tendencias de productividad en el individuo dedicado a la generación de nuevo conocimiento. Posteriormente se analizará el modelo de medición de los grupos de investigación año 2004, el cual nos proporciona un panorama de los determinantes de la productividad al interior de los grupos colombianos y cuáles de esas variables tienen impacto en las publicaciones del grupo.

4.1 Análisis de los Recursos Humanos de Ciencia y Tecnología

Basado en 601 CV de investigadores que le han sido financiados sus estudios por parte de las becas créditos de Colciencias para estudios en el exterior, se observaron las variables que pueden tener efectos en el nivel de productividad, donde se encuentra medida por el número de publicaciones según el tipo (artículos, libros y/o capítulos, patentes y working papers) de cada uno de los investigadores financiados por la entidad. Como posibles determinantes de la productividad se consideraron nivel de formación, área de conocimiento de estudios, estudios en las cien ó doscientas mejores universidades del mundo, edad, experiencia laboral, tipo de institución que presento al becario (pública, privada) y género.

Utilizando un modelo probit base, donde en el modelo puede variar la variable dependiente de producción por tipo de producto dando origen a cuatro modelos probits. Así mismo se realizaron transformaciones a estas variables donde cada una de ellas fue dividida por la media de su producto y su área de conocimiento a la que cada investigador de la base pertenezca. Lo anterior con el fin de incluir el efecto de productividad de cada área de conocimiento siendo este variable para cada una de ellas.

El modelo probit que se utilizó para el análisis asumiendo la transformación de cada una de las variables es:

$$\begin{aligned}
 Y_i^* &= X\beta + \mu_i \\
 Y_i &= 1 \text{ if } Y_i^* > 0 \\
 Y_i &= 0 \text{ if } Y_i^* \leq 0 \\
 \text{Prob}(Y_i = 1) &= \Phi(X\beta) \\
 \text{Prob}(Y_i = 0) &= 1 - \Phi(X\beta)
 \end{aligned}$$

donde:

Y_i = 1 la producción de cada uno de los productos supera la media de su área de conocimiento y cero si es menor su producción en cada producto.
 $\Phi(X\beta)$ = Función de distribución normal acumulada
 X = Vector de variables independientes.

Así mismo para estos modelos se consideró en tener en cuenta la edad de cada investigador y hacer uso de rangos de edad con el fin de ver los periodos de tiempo de producción de cada investigador. Adicionalmente la variable sobre las doscientas mejores universidades del mundo se decidió hacer dos dummies la primera si las universidades están entre las mejores 50 y la segunda entre la 51 a 100, y para el modelo de patentes se utilizó una variable categoría para las mejores universidades donde 0 no está entre las mejores universidades en el ranking, 1 si está entre 200-151, 2 entre 150-101, 3 entre 100-51 y 4 entre 50-1.

Modelo de Artículos

Para los artículos como variables independientes se consideró el nivel de formación del investigador, género, tipo de institución que presento al individuo, unas dummies de rangos de edad donde dummy1 es un rango de 31-40, dummy2 es de 41-50 y la dummy 3 es de más de 51 años. Adicionalmente se incluyó una dummy de las primeras 50 universidades del mundo y la dummy de 51 a 100 mejores universidades del mundo según el ranking de Shanghai.

Tabla 4.1. Modelo de Productividad con respecto a la producción de Artículos

Artículos	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Constante	-1.699001	.4226348	0.000
Nivel de Formación	.0255999	.1735784	0.883
Tipo de Institución	-.2827163	.1154745	0.014
Género	.3573092	.1231858	0.004
Dummy 31-40	1.107928	.3509505	0.002
Dummy 41-50	1.45098	.3546073	0.000
Dummy 50 y más	1.692942	.3947756	0.000
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.3460081	.1644364	0.035
Dummy Mejores 51- 100 Universidades del Mundo	-.3141845	.1880491	0.095

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

El modelo probit para la producción de artículos, nos muestra que el nivel de formación no parece ser un determinante de productividad del número de artículos, quizás debido a que para producir un artículo no se requiere un conocimiento amplio en el tema de la investigación o al ser el artículo un producto de investigación nueva hace que no las habilidades que da el doctorado no logren determinar la generación del artículo, esto quiere decir que un investigador con pregrado puede producir de igual manera un artículo que un investigador con doctorado o maestría.

Como determinantes de la productividad de artículos se encontró que el hecho de ser hombre tiene efectos positivos en el nivel de productividad de artículos, esto se debe a que en el sector de la ciencia y la tecnología predomina el hombre como generador de conocimiento, debido a que en el sector predomina el hombre como científico a la mujer. Otro determinante importante en la productividad es el pertenecer a una institución de carácter público debido a que en el país tiene una concentración de sus grupos de investigación en universidades de carácter público teniendo mayores recursos a la investigación, eso hace que un investigador que pertenezca a un grupo en este sector

tiene una mayor probabilidad de publicar un artículo que un investigador de una institución privada.

En el momento de observar los distintos periodos de tiempo de publicación, se encuentra que en el sector de la investigación el tener más años tiene un efecto positivo en la productividad de los artículos, ya que el periodo de tiempo permite tener un mayor conocimiento de los temas investigados con efectos de productividad en este tipo de producto. En el caso de las mejores universidades del mundo se encontró que el efecto es negativo, esto puede ser por dos cosas; primero porque el hecho de haber ido a formarse a las mejores universidades del mundo no implica tener mayor productividad con respecto al que no asistió a estas instituciones de educación superior mostrando solo un efecto de señalización al mercado laboral de ser bueno por asistir a estas instituciones o segundo que un indicador como el índice de Shanghai no es un buen método para observar la productividad de sus egresados ya que no tiene en cuenta variables como citas de los egresados que permitiría observar el efecto de su calidad de educación en la productividad de cada uno de ellos.

Tabla 4.2. Efectos Marginales de la Productividad con respecto a la producción de Artículos

Artículos	Efecto Marginal	Error Estándar	Probabilidad
Nivel de Formación	.0091866	.06199	0.882
Tipo de Institución	-.1004784	.04018	0.012
Género	.124005	.04068	0.002
Dummy 31-40	.370111	.10216	0.000
Dummy 41-50	.5262654	.11212	0.000
Dummy 50 y más	.5836609	.08834	0.000
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.1168678	.05135	0.023
Dummy Mejores 51 a 100 Universidades del Mundo	-.1059384	.05858	0.071

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

Al observar los efectos marginales del modelo, se encuentra que un determinante de productividad de los artículos es el hecho que un investigador pertenezca a una institución de carácter público el hecho que un investigador pertenezca a una institución pública incrementa su productividad de artículos en un 0.10%, esto se debe a que en el caso colombiano la producción de conocimiento está concentrada en universidades públicas teniendo un apoyo mayor a la investigación que en otro tipo de instituciones privadas, es más se afirma que Universidades como la Nacional, Antioquia y la del Valle se pueden considerar como instituciones de investigación por eso es de esperar

que en Colombia pertenecer a una institución de estas tiene efectos positivos en la producción de artículos. Con respecto a la edad, se muestra que un investigador con más años de edad tiene un efecto mayor en la productividad de los artículos debido a que un investigador que se encuentre en el rango de más de 50 años incrementa la producción de artículos en un 0.5836% y para las universidades el hecho de ir a una universidad que se encuentra entre la 51 y 100 mejores del mundo tiene un efecto menos negativo que ir a una de las primeras instituciones del mundo.

Modelo de Capítulos y Libros

En el caso de los capítulos y libros se vuelven a considerar como variables independientes el nivel de formación del investigador, género, tipo de institución que presentó al individuo, unas dummies de rangos de edad donde dummy1 es un rango de 31-40, dummy2 es de 41-50 y la dummy 3 es de más de 51 años. Adicionalmente se incluyó las dummies de las primeras 50 universidades del mundo y la dummy de 51 a 100 mejores universidades del mundo según el ranking de Shanghai.

Tabla 4.3. Modelo de Productividad con respecto a la producción de Capítulos y Libros

Capítulos y Libros	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Constante	-2.625357	.4684578	0.000
Nivel de Formación	.5069533	.1934641	0.009
Tipo de Institución	.0590996	.1145158	0.606
Género	.2830016	.1212195	0.020
Dummy 31-40	1.420225	.4378204	0.001
Dummy 41-50	1.755677	.4426883	0.000
Dummy 50 y más	2.075556	.4744305	0.000
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.1069943	.1579403	0.498
Dummy Mejores 51-100 Universidades del Mundo	.2427746	.1775413	0.171

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

En el modelo para capítulos y libros se encontró que a diferencia del modelo de artículos si es determinante el nivel de formación del investigador, esto quiere decir que un científico que tenga un doctorado tiene una mayor probabilidad de publicar o un capítulo de un libro y/o un libro completo. Nuevamente en este modelo se ve que un periodo de tiempo mayor en el sector permite tener una productividad mayor en este producto, pero en contraste con los artículos se muestra que para producir un capítulo

y/o un libro no es determinante pertenecer a una institución pública ni haber asistido a las mejores universidades del mundo.

Tabla 4.4. Efectos Marginales de la Productividad con respecto a la producción de Capítulos y Libros

Capítulos y Libros	Efecto Marginal	Error Estándar	Probabilidad
Nivel de Formación	.1608028	.05278	0.002
Tipo de Institución	.0210976	.041	0.607
Género	.0977762	.04042	0.016
Dummy 31-40	.4532111	.11371	0.000
Dummy 41-50	.6163449	.124	0.000
Dummy 50 y más	.6578517	.07515	0.000
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.0373948	.05412	0.490
Dummy Mejores 51 a 100 Universidades del Mundo	.0899173	.0678	0.185

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

De los diferentes determinantes de la productividad para capítulos y libros se observa que un investigador que tiene una edad superior a los 50 incrementa la producción de libro en un 0.65%, esto muestra que el mercado laboral de generación de conocimiento valora un investigador con mayor edad por su experiencia y conocimiento adquirido durante su vida laboral. Otro de los determinantes que tienen un aporte mayor a la producción de libros es el nivel de formación, esto se debe a que la producción de este producto es la consolidación de un área de investigación que requiere tener un conocimiento amplio en los temas y competencia que le proporciona un nivel doctoral. Adicionalmente aunque el género es determinante de la productividad su aporte es menor con respecto a los anteriores.

Modelo de Patentes

Las patentes en Colombia tienen una producción muy baja que hacen que el estudio de productividad para este producto sea difícil, sin embargo para este caso se consideran variables independientes el nivel de formación del investigador, género, tipo de institución que presento al individuo, una edad, edad al cuadrado, y las dummies de las primeras 50 universidades del mundo y la dummy de 51 a 100 mejores universidades del mundo según el ranking de Shanghai.

Para este caso se consideró tomar la edad de una manera continua debido a que al ser dummy generaba problemas en el cálculo del modelo.

Tabla 4.5. Modelo de Productividad con respecto a la producción de Patentes

Patentes	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Constante	-7.322038	2.098796	0.000
Nivel de Formación	-.2334204	.2511887	0.353
Tipo de Institución	.0758102	.1885397	0.688
Género	.6069467	.2530769	0.016
Edad	.2342188	.0960602	0.015
Edad2	-.002422	.0011116	0.029
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.3682044	.3205764	0.251
Dummy Mejores 51-100 Universidades del Mundo	-.057913	.3091054	0.851

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

Las variables consideradas en este estudio muestran que no son determinantes en la producción de patentes, sin embargo a un nivel de significancia del 90% solo se encontró que la edad y el género pueden ser significativos. Esto quiere decir que las variables estudiadas no explican que determina tener una patente para un investigador.

Tabla 4.6. Efectos Marginales de la Productividad con respecto a la producción de Patentes

Patentes	Efecto Marginal	Error Estándar	Probabilidad
Nivel de Formación	-.0223176	.02789	0.424
Tipo de Institución	.0062675	.01574	0.690
Género	.0413934	.01348	0.002
Edad	.0191253	.00842	0.023
Edad2	-.0001978	.0001	0.042
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	-.0240745	.01565	0.124

Patentes	Efecto Marginal	Error Estándar	Probabilidad
Dummy Mejores 51-100 Universidades del Mundo	-.0045394	.02305	0.844

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

Los determinantes para la producción de patentes dicen que el hecho de ser hombre incrementa la generación de una patente en un 0.041% y tener un año más de vida incrementa en un 0.0191%. Esto muestra que en el caso colombiano no hay un determinante de formación de capital humano que se relacione con la producción de patentes.

Modelo de Working Papers

Los working papers tienen una producción igualmente baja en el país y pareciera que no es costumbre al interior de la comunidad científica utilizar la producción de working papers como medio de generación de conocimiento. Para este tipo de producto el modelo consideró como variables independientes el nivel de formación del investigador, género, tipo de institución que presentó al individuo, las dummies de edad y las dummies de las primeras 50 universidades del mundo y la dummy de 51 a 100 mejores universidades del mundo según el ranking de Shanghai.

Tabla 4.7. Modelo de Productividad con respecto a la producción de Working Papers

Working papers	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Constante	-1.183671	.2991389	0.000
Nivel de Formación	.2821799	.1908316	0.139
Tipo de Institución	.0936112	.1173044	0.425
Género	-.1096803	.1210606	0.365
Dummy 31-40	.2554114	.2606437	0.327
Dummy 41-50	.2773444	.2720578	0.308
Dummy 50 y más	.0653928	.3453027	0.850
Dummy Mejores 50 Universidades del Mundo	.0470893	.1584641	0.766

Working papers	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Dummy Mejores 51-100 Universidades del Mundo	.1511856	.1862549	0.417

Fuentes: Colciencias, Cálculos Propios

Para el producto de Working Papers, las variables estudiadas no explican la productividad de este medio de generación de conocimiento, ya que ninguna de las variables es significativa, esto quiere decir que no son determinantes de la productividad de los working papers.

Después de analizar los diferentes productos de conocimiento generados por los académicos colombianos, se puede afirmar que los determinantes de productividad de cada bien varían, pero que tienen un determinante común entre artículos, libros y patentes es el hecho de tener una edad superior a los 50 años así mismo el género. Adicionalmente la variable tipo de institución que presento al becario fue significativo en el caso de artículos, aunque con signo negativo en los otros casos no fue significativo pero si de signo positivo. Eso es debido a que en Colombia donde se produce la mayor investigación en el país son es instituciones públicas y el hecho de ser un artículo un nuevo conocimiento hace que en su mayoría sea de este tipo de instituciones, como dice Chaparro (2008) en sus investigaciones, las universidades colombianas donde desarrollan más conocimiento son las tres principales universidades públicas: Nacional, Antioquia y Valle.

Como en el caso anterior, la variable de las mejores universidades del mundo no fue significativa en los mismos casos y si para artículos donde el efecto fue negativo signo que no se esperaba. Esto pudo ser a que en esta base utilizada la mayor cantidad de becarios fueron presentados por instituciones públicas con una relación baja en haber asistido a las mejores universidades del mundo en su mayoría asistían a otras instituciones en el ámbito mundial.

4.2 Medición de Grupos Años 2004

Basados en los diferentes factores que pueden incidir en el impacto de las publicaciones de cualquier grupo, como son el nivel de formación de los investigadores pertenecientes al grupo, el puntaje de índice Scienticol y la clasificación que se realiza por parte del sistema a los investigadores de los distintos grupos medidos durante este año, al igual que en con los 601 CV de investigadores analizados, se hizo un modelo probit con el objeto de estudiar el efecto de las anteriores variables nombradas en el comportamiento de la productividad del grupo.

Utilizando la base de datos de la medición de grupos 2004, se llevo acabo la modelación de un probit donde la variable dependiente es la media del impacto de la publicaciones de los grupos medidos en el 2004 y como variables dependientes se tienen: el índice Scienticol obtenido en la medición, el nivel de formación de los investigadores en

doctorado, maestría y pregrado y la clasificación obtenida por parte del científico como persona individual en A⁵, B, C y sin clasificación.

$$Y_i^* = X\beta + \mu_i$$

$$Y_i = 1 \text{ if } Y_i^* > 0$$

$$Y_i = 0 \text{ if } Y_i^* \leq 0$$

$$\text{Prob}(Y_i = 1) = \Phi(X\beta)$$

$$\text{Prob}(Y_i = 0) = 1 - \Phi(X\beta)$$

donde:

Y_i = 1 si el grupo tienen un impacto de sus publicaciones superior a la media de 17.64 y cero si es menor.

$\Phi(X\beta)$ = Función de distribución normal acumulada

X = Vector de variables independientes.

Tabla 4.28. Modelo de Productividad de Grupos Año 2004

Impacto	Coefficiente	Error Estándar	Probabilidad
Constante	-1.897063	.1415513	0.000
Scienticol	1.178702	.1909556	0.000
Doctorado	-.0657841	.0450984	0.145
Maestría	-.0713273	.0352561	0.043
Pregrado	.0023988	.0290284	0.934
Investigador A	.332981	.0538841	0.000
Investigador B	.1154906	.0427201	0.007
Investigador C	-.0733644	.0477144	0.124
Investigador Sin clasificación	.0124786	.0181905	0.493

Fuente: Colciencias, Cálculos Propios

Al igual que con la base de recursos humanos, se encontró que no todas las variables logran determinar el impacto como medida de productividad de los grupos. Las

⁵ Categoría A: Tener un mínimo de cinco productos de nuevo conocimiento y dentro de estos tener por lo menos tres de nuevo conocimiento de calidad A; además, de tener por lo menos una maestría terminada y tres proyectos de investigación referenciados, en los cuales haya participado.

Categoría B: Tener como mínimo tres productos de nuevo conocimiento, de los cuales por lo menos uno debe ser de calidad A; además, de una maestría terminada o un proyecto de investigación relacionado, en el cual haya participado.

Categoría C: Tener como mínimo tres productos de nuevo conocimiento, y cumplir una de las siguientes condiciones: tener una maestría terminada, un proyecto de investigación referenciado, o pertenecer a un grupo de investigación. También se consideró como investigador de tipo C, a una persona con doctorado y al menos un producto de nuevo conocimiento reportado.

variables que si explican que un grupo tenga un impacto en sus publicaciones superior a la media son el índice Scienticol con un efecto positivo, esto quiere decir que a mayor obtención del índice mayor probabilidad de tener un impacto mayor de sus publicaciones. En el nivel de formación de los investigadores sorprende que no tenga significancia tener un doctorado, pero si lo tenga la maestría de una manera negativa, esto quiere decir que un grupo al tener una mayor cantidad de sus miembros con maestría tiene una probabilidad menor de tener un impacto alto de sus publicaciones. Adicionalmente son significativos de una manera positiva el tener investigadores de clasificación A y B, esto es que un grupo ser integrado mayoritariamente por investigadores de estas dos categorías el grupo tiene una mayor probabilidad de tener un impacto superior en sus publicaciones.

Tabla 4.29. Efectos Marginales del Modelo de Productividad de Grupos Año 2004

Impacto	Efecto Marginal	Error Estándar	Probabilidad
Scienticol	.2821953	.0418	0.000
Doctorado	-.0157495	.01066	0.140
Maestría	-.0170766	.00824	0.038
Pregrado	.0005743	.00695	0.934
Investigador Sin Clasificación	.0029875	.00434	0.491
Investigador A	.0797196	.01285	0.000
Investigador B	.0276498	.01013	0.006
Investigador C	-.0175643	.01121	0.117

Fuente: Colciencias, Cálculos Propios

Cuando observamos los efectos marginales es claro que si el índice Scienticol aumenta el impacto de las publicaciones del grupo incrementan en un 0.2821%, Otras de las variables que proporcionan un efecto positivo son el tener un investigador más de categoría A incrementa el impacto en un 0.797% y un investigador de categoría B aumenta el impacto en un 0.276%. En contraste cuando un grupo tiene un investigador con un nivel máximo de educación de maestría el efecto es decreciente con respecto al impacto esto quiere decir que un grupo con un investigador con maestría disminuye su impacto en un 0.170%.

De lo anterior se afirma que aunque se esperaba que un grupo al tener sus investigadores un nivel de doctorado tendría efectos en el impacto de las publicaciones, si se obtuvo que cuando un grupo tiene investigadores A y B el efecto es positivo y significativo, esto llevaría a que los grupos tengan incentivos a preferir estos investigadores como miembros de sus grupo.

Adicionalmente se habría querido tener una base de datos con mayor información, ya que la obtenida era muy poca y con algunos datos adicionales se obtendría posibles determinantes que no pudieron ser estudiados como el área de conocimiento de los grupos, coautorías, etc.

5. Conclusiones

Después de hacer un análisis de los diferentes factores del sector del conocimiento en el caso colombiano, el estudio permite concluir que, el nivel educativo alcanzado por parte del científico puede influir en algunos productos de generación de conocimiento como lo es en los libros, pero no en el caso de los artículos y el tener un horizonte de tiempo mayor para la publicación, tienen efectos en el nivel de productividad del individuo.

Como lo explica la sociología de la ciencia donde la generación de nuevo conocimiento es derivado de un sistema complejo de relaciones sociales entre la carrera académica de un individuo, el lugar donde realiza las investigaciones, el cual tiene efectos en la productividad del científico como de la unidad de conocimiento a la que pertenece; es por esto que en el ámbito de los grupos de investigación, se concluye que la productividad del sector científico del país se evidencia en las distintas relaciones sociales que existen al interior de una comunidad como lo es el grupo de investigación, mostrando que, al interior de dicha sociedad el prestigio medido por la clasificación tiene efectos en la productividad del grupo como la preferencia por tener relaciones laborales con los investigadores de mayor categoría.

Modelos como los de prestigio, muestran la preferencia de trabajo por un investigador con prestigio al interior de la unidad de conocimiento. Para el caso colombiano se evidencia la preferencia de trabajo al interior de un grupo con un investigador con una alta categorización; es por esto que investigadores clasificados en A y B tiene una alta preferencia por trabajar en colaboración entre ellos.

Igualmente, el nivel de índice Scinticol tiene efectos en la productividad del grupos, esto dice que entre mayor sea el índice para el grupo, mayor va hacer el impacto de las publicación de este; adicionalmente se concluye que los grupos van a tener una preferencia por investigadores A y B ya que estos proporcionan un determinante importante en el impacto de las publicaciones, se afirma entonces que el hecho de ser clasificados A y B un investigador le da un prestigio a sus productos generando un aumento en el impacto de las publicaciones del grupo.

Con respecto a la formación doctoral tanto para los grupos como para la productividad individual, se afirma que aunque en algunos casos no muestre significancia en la productividad, el doctorado da competencias para la consolidación de una investigación.

En el análisis descriptivos, se resalta que en Colombia existe una dominancia en el sector de conocimiento por parte de los hombres ya que en un 69.6% de los financiados por Colciencias son hombres y solo el 30.4% han sido mujeres, si bien no es todo el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación sino nos da una tendencia de la distribución del genero dentro del sector.

En el análisis de los CV de investigadores financiados por Colciencias se concluye que aunque no se tiene toda la información de los investigadores que están registrados en el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación ScienTi; si es una indicador de las tendencias para el país. Se obtuvo que los determinantes de la productividad van a variar según el producto de nuevo conocimiento, ya que el nivel de formación doctoral tiene efectos en la publicación de un libro pero no así en la de un artículo, una patente y un working paper.

Del mismo modo se encontró que en Colombia las instituciones que generan mayor conocimiento son las instituciones de carácter público debido a que las universidades de este tipo son las que según los niveles internacionales pueden considerarse instituciones de investigación, que en el caso colombiano son Universidades como la Nacional, Antioquia y Valle que presentan altos niveles de publicación, esto se evidencia en el modelo probit de artículos, ya que es significativo y de signo negativo, por esto se dice que el hecho de haber sido presentado por una institución de carácter privado tiene efectos negativos en la productividad del individuo a la hora de publicar un artículo pero no así en la publicación de un libro. Adicionalmente se detectó que los investigadores provenientes de instituciones privadas tienen una mayor tendencia a realizar sus estudios en las mejores universidades a nivel mundial.

Finalmente se afirma que las dos bases de datos, no logran explicar en su totalidad los determinantes de la productividad del grupo y de un investigador, por tal motivo y dada la complejidad y la falta de tener toda la base de datos del ScienTi, se recomienda efectuar un análisis detallado de los CV de los investigadores y de las diferentes mediciones de grupos con el nuevo índice Scinticol, el cual permitiría observar cuáles son las tendencias de la investigación y los determinantes de la productividad del todo el sistema, para incentivar esas posibles externalidades y habilidades en los investigadores y las pequeñas sociedades al interior del grupo para un efecto mayor a la transición de una economía basada en la generación del conocimiento.

6. Bibliografía

- Arrow, K. (1973). "*Higher Education as a Filter*", Journal of Public Economics, 2, p. 193-206
- Bayer, A., Folger, J. (1966). "*Some Correlates of a Citation Measure of Productivity in Science*". Sociology of Education, 39 (4), p. 381-390
- 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, p. 9-49.
- Bonzi, S. (1992). "*Trends in research productivity among senior faculty*". Information Processing and Management, 28(1), p. 111-120.
- Bozeman, B., Corley, E. (2004). "*Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital.*" Research Policy 33(4), p. 599-616.
- Bozeman, B., Dietz, S. J, Gaughan, M. (1999). "*Scientific and Technical Human Capital: An Alternative Model for Research Evaluation*". Paper prepared for presentation at the American Political Science Association, September 5, Atlanta, Georgia.
- 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), p. 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, p.769-794.
- Charum, J., Pardo, C., Montenegro, A., Olaya D. (2000). "*Recursos Humanos de la Ciencia y la Tecnología; Convocatoria de centros y grupos de investigación -1998*", Observatorio de Ciencia y Tecnología, Colombia. Junio 2002.
- CIDEC (2000). "*Valorizar el Capital Humano. Reto Clave para la Sociedad del Conocimiento*". Cuadernos de trabajo, No. 30, febrero, España.
- Cervantes, M (1999). "*Background Report: An Análisis of S&T Labour Markets in OCDE Countries*". OCDE, Science and Technology Division.
- Cervantes M., D Guellec (2002). "*The Brain Drain: Old Myths, New Realities*" OECD Observer, 2002 - mm.dk
- Clemente, F. (1973). "*Early career determinants of research productivity.*" American Journal of Sociology 79, p. 409-419.

- Crane, D (1965). *“Scientist at Major and Minor Universities: A study of Productivity and Recognition.”* American Sociological Review, Vol. 30, No. 5 (Oct., 1965), p. 699-714.
- Crane, D. (1970). *“Information needs and uses.”* Annual Review of Information Science and Technology (ARIST), Chicago, v. 6, p. 3-38.
- Crane, D. (1972). *“Invisible Colleges: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities.”* Chicago: University of Chicago Press.
- Cole, J.R. (1970). *“Patterns of intellectual influence in scientific research.”* Sociology of Education 43, p. 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, p. 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, p. 377–390.
- David, P., Foray, D. (2002). *“An Introduction to the Economy of the Knowledge”.* International Social Science Journal, march, No 171, UNESCO.
- Diamond Jr., A.M., (1986). *“The life cycle research productivity of mathematicians and scientists.”* Journal of Gerontology 41, p. 520–525.
- Dietz, J.S., Bozeman, B. (2005). *“Academic careers, patents, and productivity: industry experience as scientific and technical human capital.”* Research Policy 34 (2005) p. 349–367.
- Ding, W.W., Murray, F., Stuart, T.E. (2006). *“Gender Differences in Patenting in the Academic Life Sciences.”* Science 313 no. 5787, p. 665-667.
- Elder Jr., G.H. (1994). *“Time, human agency, and social change: perspectives on the life course.”* Social Psychology Quarterly 57, p. 4–15.
- Ferrer, A., Craig, W. (2001). *“Sheepskin Effects and the Returns to Education.”* Unpublished Paper. Retrieved April, 2001. University of British Columbia.
- Flores, A., Light, A. (2004). *“Identifying Sheepskin in the Returns to Education.”* Department of Economics, University of Arizona.
- Fox, M.F, Stephan, P.E. (2001). *“Careers of Young Scientists: Preferences, Prospects and Realities by Gender and Field.”* Social Studies of Science 31, p. 109-122.
- Friedkin, N.E. (1978). *“University social structure and social networks among scientists.”* American Journal of Sociology 83, p. 1444–1465.

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

Greene, W. H. 1998. "Análisis Económico", Prentice Hall, Tercera edición.

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

Holden, C. (2001). "General Contentment Masks Gender Gap in First AAAS Salary and Job Survey." *Science* 294 no. 5541, p. 396-411.

Hunter, D. E., Kuhn, G. D. (1987). "The "Write Wing": Characteristics of Prolific Contributors to the Higher Education Literature." *Journal of Higher Education*, p. 443-62

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.

Jaramillo, H., Botiva, M. A., Zambrano, J. A. (2004). "Políticas y Resultados de Ciencia y Tecnología". Borradores de Investigación No 50, Facultad de Economía, Universidad del Rosario, Bogotá, agosto.

Jaramillo, H., Forero, C. (2002). "La interacción entre el capital humano, el capital intelectual y el capital social: una aproximación a la medición de recursos humanos en ciencia y tecnología". En: RICyT, Indicadores de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica. Agenda 2002. Buenos Aires, Argentina, septiembre., ISBN 987-200443-0-9.

Jaramillo, H., Piñeros, L., Lopera, C., López, A. (2005) "Interacción entre el Capital Humano, El capital Intelectual y el Capital Social: Una Aproximación a la Medición de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología; Estudio de caso sobre Formación de Recursos Humanos para la Investigación y el Tránsito hacia Comunidades Científicas, a través del Programa de Jóvenes Investigadores de Colciencias". Informe final, 2005.

Jaramillo, H., Albán, M.C., Lopera, C. (2008). "Carreras Académicas. Utilización del CV para la modelación de carreras académicas y científicas". Borradores de Investigación. Facultad de Economía, Bogotá, abril. ISSN 0124-4396

Krogh G., Ebbe. "Human Capital Mobility – A Comparable Knowledge Indicator". The Danish Institute for Studies in Research and Research Policy, Denmark

Auriol, L., Sexton, J. (2002). "Human Resources in Science and Technology: Measurement Issues and International Mobility" *International Mobility of the Highly Skilled*, - ricyt.org

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

- Levin, S.G., Stephan, P.E. (1991). "*Research productivity over the lifecycle— evidence for academic scientists.*" American Economic Review 81, p. 114–132.
- 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, p. 703–722.
- Long, J.S., Allison, P.D., McGinnis, R., (1979). "*Entrance into the academic career.*" American Sociological Review 44, p. 816– 830.
- Long, J.S., McGinnis, R., (1985). "*The effects of the mentor on the academic career.*" Scientometrics 7, p. 255–280.
- Mahroum, S. (2000), "*Highly skilled globetrotters: mapping the international migration of human capital*". R & D Management. Blackwell Synergy
- Merton, R.K. (1968). "*The Matthew effect in science.*" Science 159, p. 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, p. 635–659.
- Pravdic, N., Olvicvukovic, V. (1986). "*Dual approach to multiple authorship in the study of collaboration/scientific output relationship.*" Scientometrics 10, p. 259-280.
- Psacharopoulos, G. "*On the Weak versus the Strong Version of the Screening Hypothesis*", Economic Letters 4 (1979), p. 181-185.
- Pon. B. Empar. (2005). "*Contraste de la Hipótesis de Señalización. Una Panorámica*". Departamento de Análisis Económico, Universidad de Valencia.
- Reskin, B. (1979). "*Academic Sponsorship and Scientist's Careers.*" Sociology of Education, Vol 52, No. 3, p. 129-146
- Roe, A. (1956). "*The psychology of Occupation.*" New York Wiley
- Seglen, P. (1998). "*Citation rates and journal impact factors are not suitable for evaluation of research*", Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Spence, M. (1973). "*Job Market Signalling*", Quarterly Journal of Economics 87, p.355-375.
- Sweetland, S.R. (1996). "*Human capital theory: foundations of a field of inquiry.*" Review of Educational Research 66, p.341– 359.

Unión Temporal B.O.T-Tecnos (2005), “*Evaluación De Gestión, Resultados E Impacto De Los Programas De Formación En Los Niveles De Maestría Y Doctorado Financiados Por Colciencias Durante El Período 1992-2004*” Informe Final.

Walker, G., Kogut, B., Shan, W. (1997). “*Social capital, structural holes and the formation of an industry network.*” *Organization Science* 8, p. 109–125.

Zambrano, J. A. , Jaramillo, H., Forero, C. (2004). “*Recuento Crítico de la literatura sobre los Impactos de la Investigación y sus Indicadores*”. Borradores de Investigación No 49, Facultad de Economía, Universidad del Rosario, Agosto 2004.

ANEXO

ANEXO 1

Para este estudio se utilizaron dos bases de datos provenientes de información Colciencias, la primera base de datos consta de información de becarios con estudios en el exterior que tuvo la entidad entre 1992 al 2004 y la segunda base consta de información sobre la medición de grupos que realizó el Instituto en el año 2004. A continuación se realizara una breve explicación de cada una de ellas.

Base de Datos Becarios en el Exterior:

Costa de 601 observaciones donde se tienen variables socioeconómicas, de caracterización del sector de CT+I y de producción científica como los artículos, libros, patentes y working papers; donde dichas variables permitieron tener un panorama del comportamiento del recurso humanos que tiene el sector.

Como variables socioeconómicas se tiene el género del becario, la cual fue transformada en una variable dicotómica donde se le dio valor de 1 al género masculino y cero si es mujer, otra de las variables es el nivel educativo financiado por Colciencias, donde para esta base de datos se tuvo los niveles de doctorado y maestría, igualmente para este caso se creo una variable dicotómica donde el valor de 1 era el nivel de doctorado y cero el de maestría.

Se contó con la variable de institución que dio aval al investigador, donde una institución fue clasificada entre pública y privada; esto con el fin de poder observar alguna posible diferencia en la productividad del sector al trabajar para una institución pública o privada. Esta variable se considero transformarla en una dicotómica donde se le dio valor de 1 a las privadas y cero a las públicas.

No se contaba con información sobre experiencia profesional y edad, donde estas dos variables eran de importancia para analizar trayectorias de vida laboral de cada uno de los investigadores; por tal motivo se hizo un supuesto base donde en promedio un profesional colombiano se gradúa a la edad de veintitrés años, con este supuesto y tomando como base el año de graduación del estudio realizado se estimo un rango de edad que podía tener el investigador para el 2004 y los años de experiencia laboral. Para el estudio se decidió utilizar la variable de edad de dos formas, la primera fue con los rangos establecer tres variables dicotómicas para los rangos de 31-40, 41-50 y 51 años o más, en otros casos se decidió usar la variable continua corriendo el riesgo que el dato no sea exacto por la aproximación realizada para obtenerlo. Igualmente la experiencia laboral se dejo como variable continua con el supuesto fuerte realizado para su obtención.

La variable de área de conocimiento estudiada por cada investigador se utilizó la clasificación Frascati de áreas de conocimiento donde se clasifica en cinco grandes áreas de conocimiento las cuales son: Ciencias Naturales, Ciencias Médicas, Ciencias Agropecuarias, Ciencias Sociales, Ingeniería y Humanidades; donde para un mejor manejo de la base se creo una variable discreta donde cada una de las áreas tomo un valor de uno hasta seis, donde con el valor de 1 fue ciencias sociales, 2 ciencias naturales, 3 ingeniería, 4 ciencias agropecuarias, 5 ciencias médicas y 6 humanidades. Esta variable fue utilizada para corregir los horizontes de tiempo de publicación de cada

área de las áreas de conocimiento, debido a que en cada una de ellas puede variar el periodo de publicación.

La variable sobre calidad de la educación recibida por cada becario se midió con el Ranking de Shangai donde se tuvieron en cuenta dos formas de capturar el efecto de calidad; la primera una variable categórica donde se establecieron rangos a cada 50 primeras universidades así de ascendente en el ranking hasta llegar a la universidad doscientos, la otra manera de medir la calidad fue hacer dos variables dicotómicas donde a las primeras cincuenta universidades donde habían estudiado con un valor de 1 y el resto cero y una segunda Dummy donde si la universidad se encontró entre la 51 a la 100 era 1 y el resto cero. Las dummies se hicieron para poder observar el comportamiento de la calidad educativa en la productividad del investigador y por la posible existencia de diferenciales en ella por la institución en la cual realizaron sus estudios entre haber asistido a las primeras 50 mejores universidades del mundo o entre la 51 a la 100, debido a que en algunos modelos evaluados con la variable categórica donde no existía ningún cambio se tomó la decisión de incluir estas dos nuevas variables para realizar un análisis similar pero analizando solo las primeras 100 universidades en el mundo.

Se decidió separar las publicaciones por tipo de publicación, debido a que mezclar las diferentes tipos podría generar ninguna diferencia en la productividad de cada individuo y se hacía más atractivo mirar esos determinantes de la productividad como podrían variar según el tipo de publicación. Se separaron en artículos, libros y/o capítulos de libros, patentes y working papers. Estas variables fueron transformadas, con el objeto de analizar que tan productivo podía ser un investigador con respecto al comportamiento de su área de conocimiento, por tal motivo a cada variable se le restó la media de su respectiva área de conocimiento.

Se sugiere que, solo como producto de nuevo conocimiento se considere a la publicación de artículos y patentes, pues un libro es posible hacerlos después que el conocimiento en un determinado tema está consolidado, así mismo un working paper muestra avances de un proyecto de investigación.

Base de Datos Grupos 2004

Para poder observar el comportamiento de productividad de los grupos de investigación en Colombia se utilizó la base de datos de los grupos que tomaron la iniciativa de medirse con el índice Scinticol de 2004. Esta base de datos consta de nueve variables de las cuales todas se caracterizan por ser variables numéricas, donde encontramos el número de investigadores por nivel educativo (Doctorado, Maestría y Pregrado) alcanzado.

La variable correspondiente al índice Scinticol, es utilizada para evaluar y clasificar el comportamiento de los grupos de investigación en el país en tres categorías en su momento donde un grupo A el resultado del índice se encuentra entre el rango 1 a 0.80, un grupo B está entre 0.79 a 0.60 y C entre 0.59 a 0.01. Un grupo que su índice tiene un valor de cero es reconocido por Colciencias. En este caso se utilizó el índice como variable y no la clasificación dada con ella por parte de Colciencias a un grupo de investigación.

Dentro de este análisis realizado por Colciencias, ella ofrece un escalafón a los investigadores de cada uno de los grupos de investigación, permitiendo conocer la calidad de cada uno de ellos, esta clasificación le da una categoría de A un investigador que tiene un mínimo de cinco productos de nuevo conocimiento y dentro de estos debe tener por lo menos tres de nuevo conocimiento de calidad A; además, de tener por lo menos una maestría terminada y tres proyectos de investigación referenciados, en los cuales haya participado. La Categoría B debe contar como mínimo tres productos de nuevo conocimiento, de los cuales por lo menos uno debe ser de calidad A; además, de una maestría terminada o un proyecto de investigación relacionado, en el cual haya participado. La Categoría C: tener como mínimo tres productos de nuevo conocimiento, y cumplir una de las siguientes condiciones: tener una maestría terminada, un proyecto de investigación referenciado, o pertenecer a un grupo de investigación. También se consideró como investigador de tipo C, a una persona con doctorado y al menos un producto de nuevo conocimiento reportado.

Según el informe de evaluación de grupos 2010, una publicación de calidad A es aquella que tienen una alta visibilidad e impacto nacional e internacional y son las publicaciones en revistas indexadas clasificadas en A1 Y A2 en el sistema PUBLINDEX (Colciencias), los libros de investigación, capítulos de libros de investigación, patentes de uso comercial, los secretos industriales, normas basadas en resultados de investigación y empresas que surgieron en un entorno universitario.

La variable de escalafón de investigadores nos permite conocer el número de estos con los que cuenta cada grupo por clasificación y adicionalmente el número de investigadores que tiene sin clasificar por no cumplir con dichos requisitos explicados en el anterior párrafo.

La última variable es el indicador de impacto de las publicaciones que realizan cada grupo de investigación; este se mide como el número de citación de las publicaciones en un periodo de tiempo, donde permite revelar la importancia de las publicaciones del grupo en su entorno académico y soporte a nuevas investigaciones.

Por último se aclara que el índice de Scinticol utilizado en este documento no es el que actualmente está utilizando Colciencias, ya que el indicador a sufrido cambios en su clasificación en la actualidad.

Anexo 2. Frecuencia de la Variable Tipo de Institución que Presenta

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	.2	.2	.2
Asociación De Trabajo Interdisciplinario	1	.2	.2	.3
Basicol	1	.2	.2	.5
Centro De Especialidades Neurológicas Ltda	1	.2	.2	.7
Centro De Investigación De La Caña De Azúcar De Colombia	2	.3	.3	1.0
Centro De Investigación En Palma De Aceite	1	.2	.2	1.2
Centro de Investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas de la Armada - CIO	1	.2	.2	1.3
Centro Internacional De Agricultura Tropical	5	.8	.8	2.2
Centro Internacional De Entrenamiento E Investigaciones Médicas	4	.7	.7	2.8
Centro Internacional De Física	23	3.8	3.8	6.6
Centro Nacional De Investigaciones De Café	5	.8	.8	7.5
Centro Para La Investigación En Sistemas Sostenibles De Producción Agropecu	3	.5	.5	8.0
Cinara	1	.2	.2	8.1
Clinica De Marly	2	.3	.3	8.5
Colciencias	5	.8	.8	9.3
Contraloría General De La República	1	.2	.2	9.5
Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria	13	2.2	2.2	11.6
Corporación Forestal del Tolima S.A.	1	.2	.2	11.8
Corporación Geológica Ares	7	1.2	1.2	13.0
Corporación Para El Desarrollo Sostenible De Las Islas De San Andres, Provi	1	.2	.2	13.1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
CORPORACION PARA LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO AGROPECUARIO	1	.2	.2	13.3
Corporación Universitaria Autónoma De Occidente	1	.2	.2	13.5
Dnp - Departamento Nacional de Planeación	5	.8	.8	14.3
Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	3	.5	.5	14.8
Fundacion Centro Fruticola Andino	2	.3	.3	15.1
Fundación Escuela Colombiana de Medicina	1	.2	.2	15.3
Fundación Fes, Investigación Y Experiencia Para El Desarrollo Social	1	.2	.2	15.4
Fundación Omacha	1	.2	.2	15.6
Fundación Para La Comunicación Popular Del Cauca	1	.2	.2	15.8
Fundación Para La Educación Superior Y El Desarrollo - Fedesarrollo	2	.3	.3	16.1
Fundación Santa Fe De Bogotá	1	.2	.2	16.3
Fundación Smurfit Cartón de Colombia	1	.2	.2	16.4
Fundación Tropenbos	1	.2	.2	16.6
Fundación Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano	3	.5	.5	17.1
Fundación Universidad Del Norte	6	1.0	1.0	18.1
Gems Ltda	1	.2	.2	18.3
Geoconsult, Asesorias Geologicas Ltda.	1	.2	.2	18.4
Hospital Universitario San Ignacio	1	.2	.2	18.6
Industrias Tetsol	1	.2	.2	18.8
Infométrica Ltda	1	.2	.2	18.9
Instituto Colombiano Agropecuario	3	.5	.5	19.4
Instituto Colombiano De Antropología E Historia	2	.3	.3	19.8
Instituto Colombiano De Geología Y Minería	2	.3	.3	20.1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Instituto Colombiano De Medicina Tropical Antonio Roldan Betancur	2	.3	.3	20.4
Instituto De Asuntos Nucleares	1	.2	.2	20.6
Instituto De Capacitación E Investigación Del Plástico Y Del Caucho	1	.2	.2	20.8
Instituto De Gestión Ambiental	1	.2	.2	20.9
Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt	1	.2	.2	21.1
Instituto De Investigaciones Marinas Y Costeras	9	1.5	1.5	22.6
Instituto Geográfico Agustín Codazzi	1	.2	.2	22.8
Instituto Nacional De Cancerología	4	.7	.7	23.4
Instituto Nacional De Salud	9	1.5	1.5	24.9
Interconexión Eléctrica S.A.	1	.2	.2	25.1
Movimiento Nacional Afrocolombiano Cimarron	1	.2	.2	25.2
Observatorio Colombiano De Ciencia Y Tecnología	1	.2	.2	25.4
Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá	2	.3	.3	25.7
Pontificia Universidad Javeriana	33	5.5	5.5	31.2
Programa de Estímulo a la Investigación del Bosque Húmedo Tropical	1	.2	.2	31.4
Secretaria De Fomento Y Competitividad Del Municipio De Ca	1	.2	.2	31.6
Unidad Educativa Jean Piaget	1	.2	.2	31.7
Universidad Autónoma De Manizales	1	.2	.2	31.9
Universidad Católica De Colombia	2	.3	.3	32.2

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Universidad Colegio Mayor De Nuestra Señora Del Rosario	2	.3	.3	32.6
Universidad De Antioquia	77	12.8	12.8	45.3
Universidad De Caldas	5	.8	.8	46.2
Universidad De Cartagena	12	2.0	2.0	48.2
Universidad De Córdoba	2	.3	.3	48.5
Universidad De La Amazonia	1	.2	.2	48.7
Universidad De La Salle	1	.2	.2	48.8
Universidad De Los Andes	50	8.3	8.3	57.1
Universidad De Los Llanos	1	.2	.2	57.3
Universidad De Nariño	4	.7	.7	58.0
Universidad Del Atlántico	2	.3	.3	58.3
Universidad Del Cauca	13	2.2	2.2	60.5
Universidad Del Magdalena	2	.3	.3	60.8
Universidad del Norte	12	2.0	2.0	62.8
Universidad Del Quindio	5	.8	.8	63.6
Universidad Del Rosario	1	.2	.2	63.8
Universidad Del Tolima	4	.7	.7	64.5
Universidad Del Valle	57	9.5	9.5	73.9
Universidad Distrital Francisco José De Caldas	7	1.2	1.2	75.1
Universidad Eafit	11	1.8	1.8	76.9
Universidad Externado De Colombia	2	.3	.3	77.2
Universidad Icesi	1	.2	.2	77.4
Universidad Industrial De Santander	41	6.8	6.8	84.2
Universidad Nacional De Colombia - Bogotá	4	.7	.7	84.9
Universidad Nacional De Colombia	73	12.1	12.1	97.0
Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia - Manizales	1	.2	.2	97.2
Universidad Pontificia Bolivariana - Bucaramanga	7	1.2	1.2	98.3
Universidad Surcolombiana	3	.5	.5	98.8
Universidad Tecnológica De Pereira	7	1.2	1.2	100.0

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Total	602	100.0	100.0	