

SERIE DOCUMENTOS

**BORRADORES
DE
INVESTIGACIÓN**

No. 51, agosto de 2004

**Tendencias de las publicaciones colombianas
en revistas indexadas internacionales (1966-2002)**

Sergio Riaga Guerrero
Abelardo Duarte Rey
Andrés Zambrano
Bibiana Gutiérrez
Ana María Villa



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario - 1653

Tendencias de las publicaciones colombianas en revistas indexadas internacionales (1966-2002) / Sergio Riaga Guerrero... (et al.). — Bogotá: Centro Editorial Universidad del Rosario, 2005.

33 p. — (Economía. Serie Documentos, Borradores de Investigación; 51).

Incluye bibliografía.

ISSN: 0124-4396

DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO – COLOMBIA - PUBLICACIONES / PUBLICACIONES CIENTÍFICAS – COLOMBIA – 1966-2002 / CIENCIA Y TECNOLOGÍA – COLOMBIA / SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA / INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA – COLOMBIA – 1966-2002 / I. Riaga Guerrero, Sergio / II. Duarte Rey, Abelardo / III. Zambrano, Andrés / IV. Gutiérrez, Bibiana / V. Villa, Ana María / VI. Título / VII. Serie.

© Centro Editorial Universidad del Rosario

© Facultad de Economía

© Autores del libro: Sergio Riaga Guerrero, Abelardo Duarte Rey, Andrés Zambrano, Bibiana Gutiérrez, Ana María Villa

Todos los derechos reservados

Primera edición: agosto de 2004

ISSN: 0124-4396

Impresión digital: JAVEGRAF - Colombia

TENDENCIAS DE LAS PUBLICACIONES COLOMBIANAS EN REVISTAS INDEXADAS INTERNACIONALES (1966-2002)*

SERGIO RIAGA GUERRERO**
sergio.riaga@urosario.edu.co

ABELARDO DUARTE REY***
adj@adm.unidades.edu.co

ANDRÉS ZAMBRANO****
jzambrano@urosario.edu.co

BIBIANA GUTIÉRREZ*****
bibi_bags@yahoo.com

ANA MARÍA VILLA*****
amv@adm.unidades.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta un análisis cuantitativo de los artículos científicos producidos en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano, y que han sido publicados en revistas indexadas entre 1966 y 2002. Se examinan el volumen, la distribución y la visibilidad internacional de la producción científica nacional publicada en diferentes áreas temáticas de las ciencias. Igualmente, se hace un ejercicio exploratorio sobre las redes de coautorías nacionales e internacionales que se han formado entre 1966 y 2002. Aunque los resultados son de carácter preliminar, constituyen un primer cuadro descriptivo de la actividad científica nacional en términos de producción de

* En esta investigación participaron 22 investigadores, que son autores o coautores de los 21 ensayos donde se recogen los resultados del proyecto. Estos investigadores contaron con el apoyo sin condiciones de Colciencias. La dirección; los jefes de programas; los “demonios de Maxwell”, que orientan y registran la entrada de proyectos a la entidad, y las distintas dependencias académicas y administrativas ayudaron a recoger información compleja y esquivada al análisis. Más de una docena de destacados científicos colombianos y once secretarios técnicos de los programas de ciencia y tecnología de Colciencias enriquecieron con sus conceptos el análisis del equipo de investigación. Colciencias, el grupo Académico CT&S de la Universidad Nacional y la Regional de Suramérica de la empresa ISI-Thomson nos permitieron consultas y acceso temporal a sus bases de datos, que sirvieron de base a varios de los capítulos de este trabajo.

** Investigador asociado, Facultad de Economía, Universidad del Rosario.

*** Asistente graduado de la Facultad de Administración de Empresas, Universidad de los Andes.

**** Facultad de Economía, Universidad del Rosario.

***** Facultad de Economía, Universidad del Rosario.

***** Asistente graduada de la Facultad de Administración de Empresas, Universidad de los Andes.

textos científicos. Al final, se señalan algunas recomendaciones para el diseño de un sistema global de medición permanente de la actividad científica dentro del Sistema Nacional de Ciencias y Tecnología colombiano.

Palabras clave: Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología; artículo científico; coautoría.

Código JEL: O30-O31

ABSTRACT

This article deals with a quantitative analysis of the production of scientific papers written within the National System of Science and Technology of Colombia. The sample of scientific papers includes all the articles published in indexed journals between 1966 y 2002. Volume, distribution and visibility of the scientific articles are analyzed in different thematic areas. An additional exploratory exercise identifying national and international networks of co-authors is also developed. Although the results are preliminary, they provide an interesting outlook of the national scientific activity in terms of production of scientific papers. Concluding remarks are made in order to promote the design of a global system of measurement of the scientific activity within the National System of Science and Technology of Colombia.

Key words: National System of Science and Technology; scientific papers; co-authors.

JEL code: O30-O31

INTRODUCCIÓN

Este capítulo analiza cuantitativamente la producción de artículos indexados que se han realizado en Colombia, en el período comprendido entre 1966 y 2002. Se examinan el volumen, la distribución y la visibilidad de la producción científica nacional publicada en revistas indexadas internacionales, en diferentes áreas temáticas de las ciencias. También se hace un primer ejercicio exploratorio sobre las redes de coautorías que han formado entre 1966 y 2002.¹

El artículo está dividido en cuatro partes: en la primera se explica y se justifica el uso del artículo indexado como unidad de análisis del presente estudio. En la segunda se presenta la base de datos, describiendo los pasos metodológicos que permitieron su construcción y codificación. En la tercera se hacen mediciones y valoraciones de la investigación científica nacional más reconocida internacionalmente. En la última se plantea un balance general del estudio y se señalan los principales elementos metodológicos y conceptuales que hay que tener en cuenta para diseñar indicadores confiables que permitan medir y caracterizar la ubicación y la dinámica de la investigación colombiana en el contexto científico internacional.

Los análisis se hacen basándose en indicadores cuantitativos básicos que permiten describir cuantitativamente la actividad científica nacional y las múltiples relaciones observadas entre los autores, los coautores, los artículos publicados y las áreas temáticas. El manejo particular de estos indicadores permite determinar cuánto producen los investigadores colombianos (volumen), en qué áreas adelantan su trabajo científico (distribución de temáticas y distribución de autores en cada una de esas áreas) y qué tanto citan sus trabajos (visibilidad). Todos estos aspectos son valorados a través del tiempo para conocer la evolución y el grado de estabilidad² de la investigación científica colombiana.

Cabe anotar que estas mediciones se aplican tanto al agregado total de artículos científicos colombianos indexados internacionalmente como a la producción indexada en cada una de las áreas temáticas. A través de gráficos y tablas se describen tendencias, puntos de quiebre y comportamientos generales de la ciencia colombiana desde 1966 hasta el 2002.

El análisis cuantitativo que aquí se desarrolla no pretende adelantar conclusiones definitivas sobre la calidad relativa de las publicaciones elaboradas dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) colombiano o sobre las formas particulares de organización que puedan llegar a desarrollarse en las comunidades académicas o los grupos científicos nacionales. Tales aspectos requieren, sin duda, un estudio cualitativo complementario sobre las estrategias de investigación de los científicos, sus métodos de trabajo, los instrumentos que utilizan, sus formas de interacción con los demás entornos sociales, los recursos humanos y técnicos que utili-

¹ Para ello se utiliza la base de datos de producción científica indexada del Institute of Scientific Information (ISI). Los autores agradecen a Thomson ISI, Regional de América del Sur, por el acceso temporal a sus bases de datos, que permitió el desarrollo de éste y otros capítulos del presente informe.

² El grado de estabilidad se podría estudiar en dos aspectos diferentes: estabilidad de grupos y estabilidad de temáticas. La primera servirá para establecer si la cooperación entre coautores persiste en el tiempo, de forma que se puede hablar de grupos, redes o, incluso, comunidades de trabajo académico (nacional o internacional). La segunda examinará el grado de permanencia de los investigadores en una o varias temáticas, a través del tiempo.

zan, etc. En el presente proyecto, tal estudio sólo se ha adelantado para el caso de los artículos calificados por el Institute of Scientific Information (ISI) como *top papers*. El presente trabajo constituye un primer avance en estos temas, al hacer uso de estadísticas y herramientas de análisis sencillas (tablas y gráficos), que permiten medir y caracterizar la actividad científica nacional, independientemente de los rasgos particulares de los autores o del contenido específico de sus investigaciones.

Vale la pena aclarar, por último, que lo que aquí se entiende por impacto internacional de la ciencia colombiana se refiere exclusivamente a la visibilidad de la producción científica indexada en el entorno mundial de la ciencia y, más exactamente, en las publicaciones más importantes del mundo, según la clasificación ISI (véase la sección Base de Datos). La influencia de la ciencia colombiana puede darse en múltiples dimensiones, además de la científica, y por medios distintos al de los artículos publicados en revistas indexadas.³ La importancia de la ciencia puede evaluarse en diversos contextos, por ejemplo, el productivo (su relación con la generación de patentes o innovaciones), el de políticas públicas (su influencia en la toma de decisiones de la comunidad o su bienestar social) o el correspondiente a proyectos de interés general para la sociedad e, incluso, para toda la humanidad, como la preservación del medio ambiente o el descubrimiento de una vacuna.⁴ Pese a ello, la información que se tiene sobre los artículos indexados internacionalmente es la más sistematizada y sobre la cual se pueden hacer, por ahora, avances más significativos y confiables. A continuación, en la sección 1, se expone este punto.

1. LA UNIDAD DE ANÁLISIS: LOS ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS) han demostrado, tanto en el campo empírico⁵ como en el área de la teoría abstracta,⁶ que las actividades tecnocientíficas son operaciones fundamentalmente colectivas que dependen de la coordinación y cooperación de múltiples agentes y artefactos heterogéneos. La validez de una nueva pieza de conocimiento en la ciencia, por ejemplo, no se obtiene de forma aislada con criterios autoimpuestos individualmente, por ejemplo, el de mayor o menor ‘veracidad’ de las teorías o los experimentos realizados. Existe un amplio consenso entre filósofos, sociólogos y economistas de la ciencia que sostiene que la legitimación del conocimiento nuevo consiste, más bien, en la capacidad que éste tiene para superar, dentro de una comunidad de pares y especialistas, las pruebas de eva-

³ Además de los artículos publicados en revistas indexadas, los científicos también producen informes de investigación, apuntes de laboratorio, ponencias, notas de clase, artefactos de laboratorio, editoriales o notas de prensa, libros o capítulos de libro, informes de peritaje, etc.

⁴ Callon, Courtial y Penan (1995; 15-16) señalan, por ejemplo, que la naturaleza y los resultados de la ciencia pueden ser analizados “según cinco dimensiones principales” que los autores sintetizan bajo el nombre de la *rosa de los vientos de la investigación*. Estas dimensiones son el mundo de los conocimientos científicos certificados, el medio productivo, el de las actividades de formación e instrucción de nuevos investigadores y científicos, el medio de los programas públicos (especializados o generales) y el de las actividades de divulgación de conocimientos y decisión colectiva.

⁵ Véase, por ejemplo, la colección de estudios de la ciencia y la tecnología de Bijker, Hughes y Pinch (1987). También téngase en cuenta el libro de Latour, Bruno y Woolgar, Steve (1995).

⁶ Véase, por ejemplo, la propuesta desarrollada por la economía de la ciencia (David, 1997), o la realizada por sociología contemporánea del conocimiento (Woolgar, 1991).

luación colectiva que determinan la novedad, la reproducibilidad y la importancia de su contenido. Aunque un científico normalmente adelanta procesos individuales de autocritica y autoevaluación, él o ella (o su grupo) no pueden ser ajenos a las evaluaciones de sus pares, más aún cuando pretenden ganar credibilidad y reconocimiento, cuando quieren verificar la solidez de sus planteamientos o aprender nuevas formas de resolver problemas e introducirse en nuevos campos de trabajo.⁷ La evaluación y la certificación científica sólo son posibles en un espacio colectivo de debate y discusión.

En general, tales interacciones colectivas (locales y globales) se desenvuelven en los escenarios complejos de las comunidades académicas y los “colegios invisibles” (David, 1997). En los últimos tiempos, estos grupos y sus integrantes han concentrado buena parte de sus actividades de creación, validación, acumulación y difusión de conocimientos nuevos y las publicaciones científicas. Estos medios son coordinados por consejos editoriales y evaluadores científicos especializados en diferentes campos de la investigación.

En efecto, la elaboración y exposición escrita de conocimientos certificados se ha convertido, sin duda, en una de las empresas literarias más importantes de los últimos años. Hoy en día, la codificación de los procedimientos y los hallazgos científicos en forma de artículos, informes de investigación, libros, manuales de laboratorio, etc. abarca la mayor parte del tiempo y de los recursos utilizados por los individuos y los grupos científicos. Entre este grupo de trabajos, el “artefacto escrito”, que revela de forma más explícita las interacciones de la creación, de la acumulación y de la difusión de conocimientos certificados, es el artículo científico o el *textored*, como lo denomina Michel Callon (2001; 90).

El artículo científico permite la evaluación colectiva que eventualmente conduce a la certificación de nuevas piezas de saber y al reconocimiento académico de sus autores. Es, además, un poderoso instrumento de difusión de información y conocimiento codificado que puede aumentar el saber colectivo o, por lo menos, dinamizarlo. La codificación que implica un texto científico permite, en últimas, crear vínculos entre autores y lectores que tal vez de otra manera no se habrían llegado a relacionar. Tales contactos, aunque incompletos, promueven el avance de la ciencia a través de la evaluación y cooperación de múltiples agentes heterogéneos.

En principio, el artículo científico parece ser un simple cúmulo de inscripciones e informaciones impersonales que poco o nada tienen que ver con el contexto en el que fueron creados o han sido leídos. Sin embargo, al hacer un análisis más detenido de sus componentes, el texto científico revela la acción e interacción de múltiples sujetos y objetos que participan en su elaboración, que además remiten a otros textos y a otras redes de conocimiento.

Aspectos como el nombre de la revista, la lengua escogida, el título del artículo, la clasificación temática, el nombre de los autores y las instituciones a las que pertenecen dejan entrever

⁷ Esta bibliografía también ha mostrado que para propiciar avances científicos, los investigadores deben apoyarse en ciertos flujos de conocimiento (tácito y codificado), que trascienden las capacidades y los conocimientos individualmente acumulados por los investigadores. Este “conocimiento común” se mantiene gracias a las interacciones de agentes heterogéneos que intercambian resultados, replican contenidos, usan instrumentos comunes, etc. La cooperación y la coordinación de diversos actores son requisitos esenciales para ganar solidez en los hallazgos científicos.

un panorama general pero confiable sobre el campo de acción del trabajo académico que produjo ese artículo, las audiencias a las que va dirigido, sus orígenes institucionales y regionales, etc. De igual manera, las citas y las referencias bibliográficas enriquecen el panorama, al permitir identificar las redes y las temáticas de investigación en las cuales se inscribe o pretende inscribirse un autor. Las citas generalmente se utilizan para aplicar o rechazar métodos, debatir o validar resultados anteriores o contrastar las propias conclusiones con las de los pares y críticos. Así es como las citas revelan una serie de vínculos, explícitos e implícitos, con otros autores y temáticas, que dan unos primeros indicios de las relaciones científicas que existen dentro de una disciplina, una comunidad académica, un país, una región, etc.

El alto grado de codificación de los datos concernientes a los artículos científicos indexados permite adelantar análisis cuantitativos y cualitativos que dejan ver buena parte de los elementos y las relaciones subyacentes que rigen la actividad científica de los investigadores y los grupos que conforman. Ninguno de los tipos de análisis pretende ser exhaustivo. Ambos son complementarios.

Son dos las razones que justifican estudiar el impacto y posición de la ciencia colombiana a través del análisis de los artículos publicados en las publicaciones indexadas más importantes del mundo. Por una parte, está la razón teórica: el artículo es una de las expresiones más claras y completas que se puede encontrar del trabajo científico, en todas sus dimensiones. El texto científico es una red “que por sí misma provee su propia descripción” (Callon, 2001; 91) y consiste en mucho más que la simple inscripción de supuestos y conclusiones escritas. Para quien trabaja con esta información, la clave está en hacer un seguimiento cuantitativo y cualitativo de los componentes del texto-red (autores, citas, palabras clave, áreas temáticas, lengua escogida, institución patrocinadora, red de agradecimientos, etc.) y las relaciones existentes entre ellos.

Por otra parte, está la razón práctica: la información concerniente a los artículos indexados en revistas internacionales de alta visibilidad está ampliamente codificada, lo cual facilita su tratamiento y manipulación para diversos propósitos. No obstante, es necesaria su organización y sistematización, para así identificar aspectos críticos como el contexto en el que se elaboran los documentos, el tipo de autores que los elaboran y la clase de vínculos científicos que los soportan (coautorías, grupos de trabajo, redes de colaboración científica, comunidades académicas establecidas, etc.).

Antes de pasar a la definición y construcción de la base de datos, es conveniente insistir en que hay otras formas, igualmente importantes, de evaluar el comportamiento y la dinámica global de la ciencia nacional de punta. Hay otros aspectos (humanos y no humanos, instrumentos, personal, recursos financieros, etc.) que deben ser tomados en cuenta para construir una representación más detallada y objetiva de los modos de organización de la investigación científica colombiana y de los recursos y resultados que maneja. Lo importante es crear modelos y metodologías de medición de impacto y dinámica de la ciencia que integren y hagan complementarios tales análisis.

2. LA BASE DE DATOS

La base de datos se elaboró a partir de la información que se obtuvo en el ISI sobre producción científica indexada. Esta información consiste en un compendio bibliográfico de trabajos publicados en revistas indexadas reconocidas por su gran visibilidad y reputación científica internacional.

El lugar en el que se publica esta información se denomina el *ISI Web of Science*TM, y sus consultas arrojan información bibliográfica completa de los artículos publicados en revistas indexadas de distintas áreas temáticas como ciencias sociales, neurociencias, física, química, etc.

Como herramienta bibliométrica y cuantitativa, el producto *ISI Web of Science*TM es muy valioso. No sólo permite conocer los datos particulares de cada uno de los artículos que se publican en temas específicos de la ciencia, sino también facilita información sobre la visibilidad y el impacto generado por esos documentos publicados. Sin embargo, su uso no está exento de algunas limitaciones. La utilización de las citas como herramienta cuantitativa es, por ejemplo, objeto de múltiples críticas dentro de la comunidad académica internacional. Usualmente, el conteo de citas se utiliza como medida de visibilidad e impacto de las publicaciones científicas indexadas. Para muchos, esta estadística ofrece un panorama muy limitado de la producción científica indexada. No sirve para comparar el impacto de revistas o artículos que pertenecen a áreas temáticas diferentes, dado que las prácticas de citación varían significativamente de una disciplina y otra. Asimismo, su uso como índice de calidad es problemático. La probabilidad que tiene un artículo para ser citado depende de múltiples factores, además de su calidad. Muchos autores citan un mismo artículo porque los demás lo hacen; existe el problema de las autocitas, así como la cuestión de la sobrerrepresentación de unos artículos con respecto a otros. El alto contenido experimental y metodológico de muchos artículos de ciencias básicas y experimentales, los hace más propensos a ser citados y referenciados por muchos investigadores en muchas disciplinas.

Aunque la información ofrecida por ISI no es completa y la forma como se presenta no es muy sofisticada, sí cumple un objetivo práctico importante: proporciona una base de datos amplia y diversa que permite construir un panorama más o menos general de la actividad científica internacional.

Toda la información disponible en el *ISI Web of Science*TM se puede consultar a través de un formulario en internet. La suscripción a esta base de datos es bastante costosa y su precio es diferencial dependiendo de las características del cliente. Las consultas a la base de datos pueden hacerse en múltiples campos, como lo son la institución que según el autor patrocina la elaboración del artículo, su nombre, la revista donde es publicado el documento, el año en el que aparece, etc. También se pueden realizar búsquedas en campos que no están disponibles en otras bases de datos mundiales como el número de citas de cada artículo, sus referencias a otros autores y las palabras clave. Esta información permite deducir relaciones numéricas, estadísticas y cualitativas de un grupo de autores, incluso para casos particulares como el de la comunidad científica colombiana.

Hay que precisar que la información obtenida del ISI no permite analizar globalmente las redes sociales de citas. Esto únicamente se lograría observando casos específicos. Incluso si se tiene un acceso ilimitado en tiempo al *ISI Web of Science*TM, solamente es posible hacer análisis de citas en casos puntuales, ya que establecer el total de citas a todos los autores colombianos que aparecen en la base de datos es un procedimiento muy complicado. Esto requiere la descarga de la información artículo por artículo, lo cual supera los recursos y los intereses del presente estudio.

La consulta a la base de datos, que fue el punto de partida de este estudio, se hizo buscando la palabra *Colombia* en los campos de direcciones de los autores y dirección de solicitud de reimpresión en cada una de las siguientes áreas temáticas del ISI:

TABLA 1
ÁREAS TEMÁTICAS DEL *ISI WEB OF KNOWLEDGE*

| |
|-------------------------------|
| Ciencias Agrícolas |
| Biología y Bioquímica |
| Química |
| Medicina Clínica |
| Ciencias de la computación |
| Economía & Negocios |
| Ingeniería |
| Medio Ambiente & Ecología |
| Geociencias |
| Inmunología |
| Ciencias Materiales |
| Matemáticas |
| Microbiología |
| Biología Molecular & Genética |
| Multidisciplinario |
| Neurociencia & Comportamiento |
| Psiquiatría & Psicología |
| Física |
| Ciencias animales y vegetales |
| Ciencias Sociales, General |
| Ciencias del Espacio |

Esta información del país se obtiene de la dirección de la institución que acompaña al nombre de cada autor una vez el artículo es publicado. Esto es importante en el momento de hacer el análisis, pues se asume que la producción científica colombiana que aparece en ISI es la que se atribuye a una institución con sede en Colombia y no a un autor colombiano que trabaja en el extranjero. Existe la posibilidad de que un autor colombiano firme su artículo con una institución extranjera y no una nacional. En este último caso, el artículo no quedaría incluido en la consulta realizada para el presente estudio. Asimismo puede que un autor extranjero haga un estudio de campo en Colombia y publique un artículo en una revista internacional mencionan-

do a la institución extranjera donde él o ella trabaja. En este caso, dicho artículo tampoco saldría en la consulta hecha por la palabra *Colombia*.

Después de realizadas las consultas en noviembre de 2003, se procedió a organizar la información en una base de datos propia que permitiera hacer análisis numéricos, estadísticos y descriptivos de variables interesantes. Este trabajo se hizo principalmente en *software* de hoja de cálculo y de bases de datos. Fue necesario programar algunos algoritmos que ayudaran a la organización y redistribución de la información, ya que el procedimiento no era trivial. También se efectuó un trabajo de depuración manual para darles uniformidad a campos como la ciudad y la institución, que aparecen en la dirección de los autores. Con la información ya depurada se procedió a hacer diversas exploraciones cuantitativas y cualitativas. Los resultados de estos análisis se presentan a continuación.

3. LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN REVISTAS INDEXADAS INTERNACIONALES (1966-2002)

Generalmente, los indicadores cuantitativos se clasifican en dos grupos: los que analizan la actividad científica y los que estudian sus aspectos relacionales.⁸ Los indicadores de actividad se refieren a medidas simples, como la cantidad total de artículos que producen los científicos, las revistas y las áreas temáticas en que publican o son clasificados sus documentos, el número de autores que participan en los textos, etc. Entre los indicadores de actividad científica también se estudia el cómputo de citas. Aun no parece haber un total acuerdo entre los especialistas sobre si este indicador sólo mide la visibilidad de un artículo o si permite establecer sus índices de calidad. Hay consenso, sin embargo, en cuanto a su conveniencia para cuantificar el *impacto* de un texto científico en una o varias áreas temáticas.

El análisis de citas y citas-conjuntas⁹ ha contribuido al diseño y aplicación de otra clase de indicadores, que van más allá de la simple contabilidad de artículos publicados o del número de autores involucrados. Con tales indicadores se han intentado caracterizar los modos de relación y organización de los científicos, ya sea en forma de coautorías; en grupos estables de investigación; en redes académicas, formales e informales; etc. Estos indicadores se conocen como los de relación científica.

⁸ “Esta distinción entre indicadores de actividad e indicadores de relación remiten a dos modelos diferentes del desarrollo científico y técnico. El primer modelo concibe la ciencia como una actividad productiva normal. Un campo de investigación [...] o un sector técnico están considerados como perfectamente identificables. La hipótesis está basada en que sus fronteras no se modifican más que a largo plazo [...]. En el segundo modelo, calificado como relacionador, la identificación de las comunidades de investigadores, de los campos o de los sectores no se efectúa a priori. Se considera dicha identificación como dependiente de las estrategias de los actores presentes y particularmente de los programas de investigación que éstos pretenden desarrollar” Callon, Courtial y Penan (1995; 41-42).

⁹ Las citas-conjuntas son aquel conjunto de artículos que aparecen referenciados simultáneamente en otros textos científicos. Por ejemplo, en las publicaciones concernientes a la teoría económica del crecimiento es común encontrar citas simultáneas de Paul Romer (1990) y Robert Lucas (1988).

Dado el objetivo que se persigue en la presente investigación y la naturaleza particular de la base de datos que se va a analizar, se realizarán las siguientes valoraciones de la ciencia colombiana en el ámbito mundial. De la actividad científica como tal, se evalúan tres elementos básicos:

- Volumen de la producción científica indexada.
- Distribución de los artículos y los autores en las diversas áreas temáticas.
- Visibilidad de la producción literaria indexada hecha en el SNCyT colombiano.

En cuanto al aspecto relacional de la ciencia, se estudiará una primera propuesta metodológica en torno al posicionamiento (en términos de centralidad) de los autores y coautores nacionales con los grupos y las redes internacionales de la ciencia. Ambas dimensiones, la actividad científica y el aspecto relacional, se analizan tanto en el agregado de los artículos indexados como en cada una de las áreas temáticas definidas por el ISI. Asimismo, los estudios se hacen a través del tiempo para evaluar la evolución de la investigación científica en términos de la estabilidad observada en los grupos de autores e investigadores nacionales o extranjeros y la continuidad-discontinuidad que hay en la publicación de artículos en las áreas temáticas de mayor interés para este estudio.

3.1 LOS RESULTADOS:¹⁰ CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA OBSERVADA

3.1.1 VOLUMEN

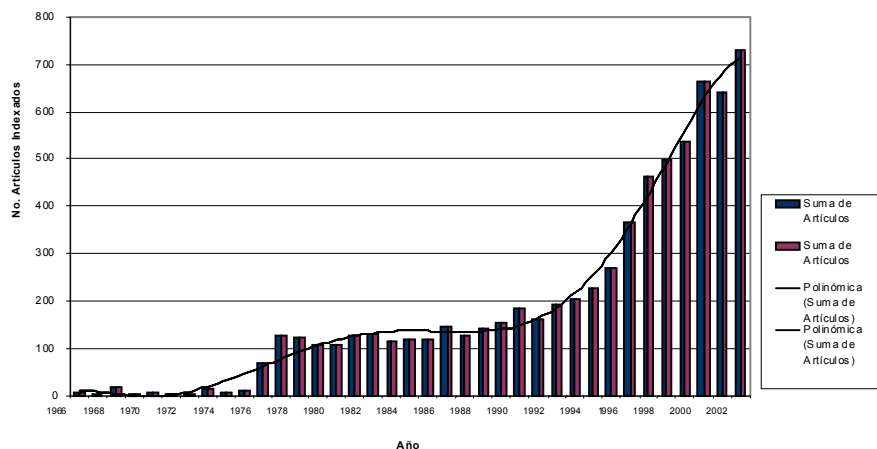
Entre 1966 y 2002, la producción de artículos indexados, elaborados dentro de lo que hoy se conoce como el SNCyT colombiano, muestra tres etapas de desarrollo claramente diferenciadas:

La primera va desde 1966 hasta 1975. Desde la aparición de los seis primeros artículos indexados en Colombia en 1966 (véase Tabla 2) hasta los once artículos publicados en 1975 se observa una actividad permanente de producción literaria científica, aunque con índices muy bajos, que no superan los 16 artículos por año.

En este período se destaca lo ocurrido en 1968, cuando se produce una cifra récord para la época de 16 artículos. Sin embargo, en los siguientes cuatro años sólo se publican dos, seis, cuatro y cuatro artículos, respectivamente. Indudablemente, este período se caracteriza por tener muy pocos autores con muy pocos artículos, y con un bajo ritmo de publicación. Cabe recordar, no obstante, que en esta primera etapa, a finales de la década de los sesenta y comienzos de los años setenta, se lleva a cabo una importante serie de reformas institucionales, como la fundación de Colciencias y el Icetex. Asimismo, se ponen en marcha numerosas transformaciones dentro de las instituciones universitarias (públicas y privadas) que abarcan cambios en los currículos de las carreras, reorganización de facultades, ampliación en la cobertura y la formación de un mayor número de profesionales con posgrados.

¹⁰ Los resultados que aquí se presentan se obtuvieron del análisis de 5.048 artículos indexados, cuyas áreas temáticas ya estaban definidas. Los documentos restantes se analizarán posteriormente, una vez se hayan clasificado en las áreas temáticas correspondientes.

GRÁFICO 1
NÚMERO DE ARTÍCULOS INDEXADOS ESCRITOS EN COLOMBIA, 1966-2002



Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.¹¹

TABLA 2
PRIMEROS ARTÍCULOS REFERENCIADOS POR EL ISI, 1966

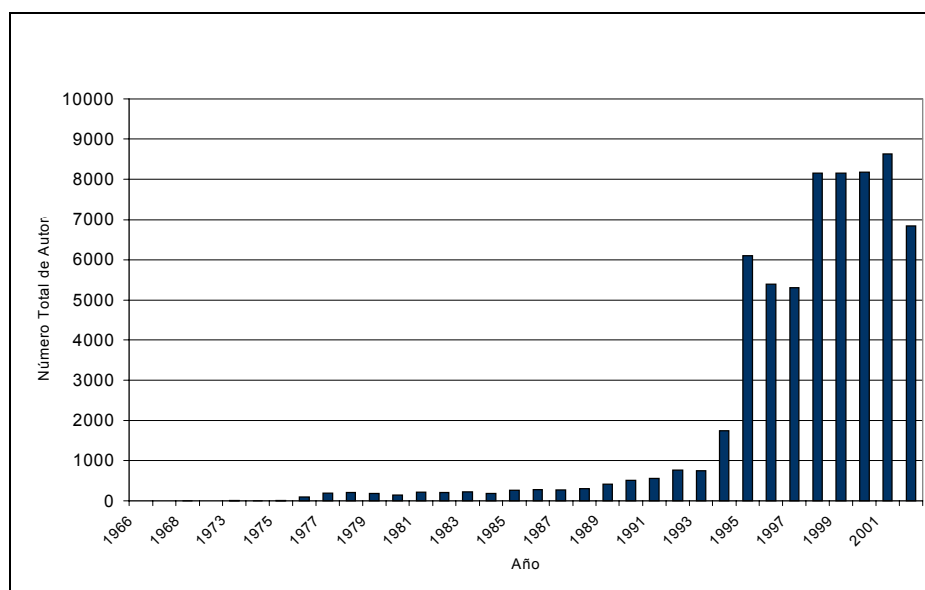
| Autor | Título del documento | Título de la revista | Vol. | No. | Área temática | Número de citas al artículo | Institución | Ciudad | Editorial |
|---------------|--|--|------|-----|-----------------------------|-----------------------------|--|----------|----------------------|
| Kruiderink, A | Some aspects of the Spanish Mediterranean Fishing Industry | Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie | 57 | 6 | Ciencias, Sociales, General | 0 | Tech Asístanse Program | Bogotá | Blackwell Publ LTD |
| Bird, RM | Tax-subsidy Policies for Regional Development | National TAX Journal | 19 | 2 | Economía y Negocios | 3 | Harvard University, Dev Advisory | Bogotá | Natl Tax ASSN |
| Aguirre, A | Colombia-Family in Candelaria | Studies in Family Planning | | 11 | Ciencias, Sociales, General | 0 | Univ. del Valle, Fac. de Medicina, Depto. de pediatría | Cali | Population Council |
| Depineda, VG | Impact of Culture and Norms of Disease | Milbank Memorial Fund Quarterly-Health and Society | 44 | 2 | Ciencias, Sociales, General | 0 | Univ. Nacional, Facultad de Sociología | Bogotá | Blackwell Publishers |
| Samper, A | Role of Agriculture in economic Growth | International Development Review | 8 | 4 | Economía y Negocios | 0 | Ministerio de Agricultura | Bogotá | Soc INT Develop |
| Floren, L | Inter-American School of Library Science, University of Antioquia – Origins and Future Plans | Unesco Bulletin for Libraries | 20 | 4 | Ciencias, Sociales, General | 1 | Universidad de Antioquia | Medellín | UNESCO |

¹¹ La fuente del Gráfico 1 fue una consulta hecha a la base de datos *ISI Web of Science*, en noviembre de 2003, con el criterio de *Colombia* en las direcciones de los autores de los artículos o de las direcciones referenciadas para solicitud de reimpresión. Cálculos del proyecto CTS.

Estos cambios institucionales comienzan a observarse a partir de 1976, cuando se inicia la segunda etapa en el historial de publicaciones internacionales elaboradas en Colombia. En este período aumentan significativamente los artículos publicados por año y el número de autores que los elaboran.

GRÁFICO 2

TOTAL DE NÚMERO DE AUTORES QUE PUBLICAN ARTÍCULOS INTERNACIONALES INDEXADOS POR AÑO



Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Esta tendencia es estable hasta 1989. En el lapso comprendido entre 1976 y 1989 se observa un rango en la publicación de artículos con un límite inferior de 66 en 1976 y un valor máximo de 153 en 1989. El promedio anual es de 122 artículos.

A partir de 1990 se observa una tercera etapa de desarrollo, en la que hay un despegue muy significativo en el número de publicaciones por año (un aumento promedio simple de 45 artículos por año). Igualmente, aumenta el número de autores y coautores. La organización e institucionalización formal del SNCyT a finales de la década de los ochenta y comienzos de la de los noventa, en particular la de Colciencias y la referida a la conformación de los once programas nacionales de ciencia y tecnología, parece ejercer una fuerte y positiva influencia en la productividad científica de los investigadores y las entidades que actúan dentro de éste. A partir de 1992, el número de artículos publicados en todas las áreas no deja de crecer año tras año, aunque entre 2000 y 2001 hay un leve descenso en la producción científica del SNCyT colombiano, que podría explicarse, en principio, por las drásticas reducciones en los recursos financieros disponibles para la investigación científica y técnica en Colciencias y por el crítico entorno de recesión económica que se produjo durante esa época.

En general, es posible afirmar que las publicaciones indexadas colombianas no dependen directamente de la financiación de proyectos de los programas de Colciencias. La financiación de la actividad científica, que termina en artículos internacionales, puede venir de muchas otras partes: de instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales. Por esto cobra sentido la noción de un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología abierto. Asimismo, la producción de publicaciones internacionales indexadas es atribuible a unas dinámicas sistémicas positivas que dependen de otros factores, además de la financiación de Colciencias.¹² Incluso hay períodos en los que se observa una reducción de la financiación pública a la ciencia, pero incrementos constantes en la producción de artículos. Al mismo tiempo, muchos de los esfuerzos de Colciencias diferentes a la financiación explícita de proyectos de investigación pueden tener efectos positivos y directos en el incremento de producción de artículos internacionales. Es el caso, por ejemplo, del programa de becas doctorales iniciado a principios de los noventa. El Icetex también tiene programas de financiación para doctorados que pueden reflejarse en el aumento de publicaciones indexadas. La única forma de establecer esta relación es determinando qué financiación han recibido los autores de los artículos.

Es necesario reflexionar si en el período analizado la relación casi inversa entre presupuesto de Colciencias y número de publicaciones internacionales se causó porque la gestión de Colciencias pudo propiciar, con menos recursos y una más eficiente administración, la generación de más artículos y productos científicos; porque las fuentes de financiación de los grupos o investigadores que elaboraron este creciente número de artículos se concentraron mucho más en las universidades públicas o privadas, los centros de investigación particulares, las empresas privadas, etc.; porque hubo una mayor cooperación con la comunidad científica internacional, o simplemente porque los científicos ubicados dentro del SNCyT colombiano realizaron un mayor esfuerzo individual, independiente de cualquier esfuerzo institucional, por adquirir mayor visibilidad internacional.

3.1.2 DISTRIBUCIÓN

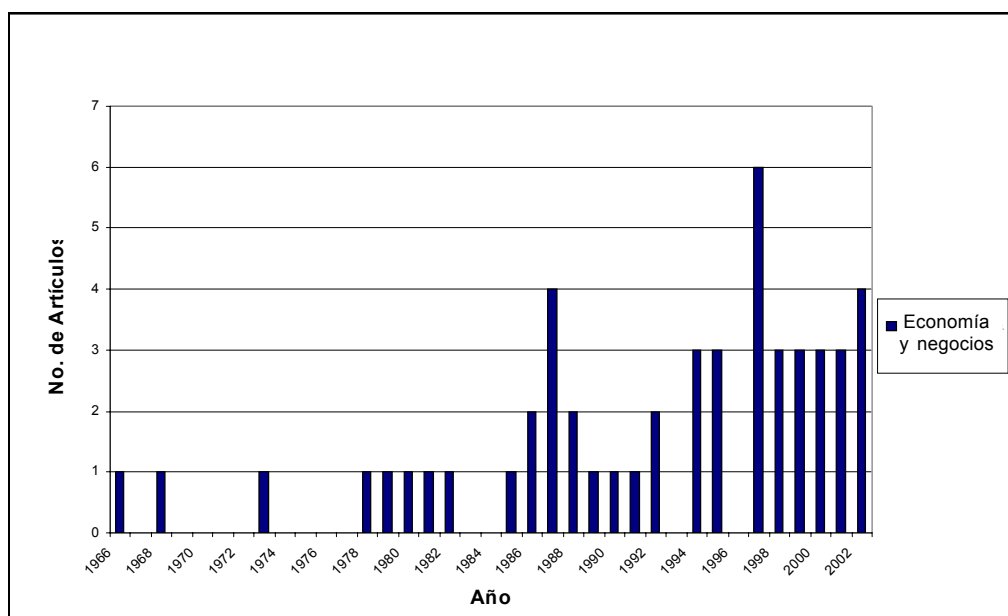
Entre 1966 y 2002 se producen un total de 7.454 artículos.¹³ Las tres áreas con mayor producción, en términos relativos y de acuerdo con la clasificación de ISI, son ciencias vegetales y animales (18,8% del total publicado en el período), física (17,1% del total) y medicina clínica (13,7%). Las áreas en las que menos publicaciones indexadas aparecen son ciencias de la computación (0,95%), ciencias espaciales (0,97%) y economía y negocios (1,07%). En esta última área llama la atención la escasa actividad científica que se ha llevado a cabo en el período analizado. En términos del volumen de publicaciones internacionales, economía y negocios es preocupante: en ningún año se producen más de seis artículos indexados y hay un pequeño promedio simple de dos a tres artículos publicados por año.

¹² Además, los efectos de la financiación no son inmediatos, sino que se distribuyen a lo largo del tiempo. Asimismo, estos efectos también dependen de otras variables del entorno que pueden reforzar o limitar las exterioridades generadas por la financiación de actividades asociadas con la creación y acumulación de conocimiento.

¹³ En este estudio se analiza un grupo representativo de 5048 artículos indexados.

GRÁFICO 3

VOLUMEN DE PUBLICACIONES EN EL ÁREA DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS



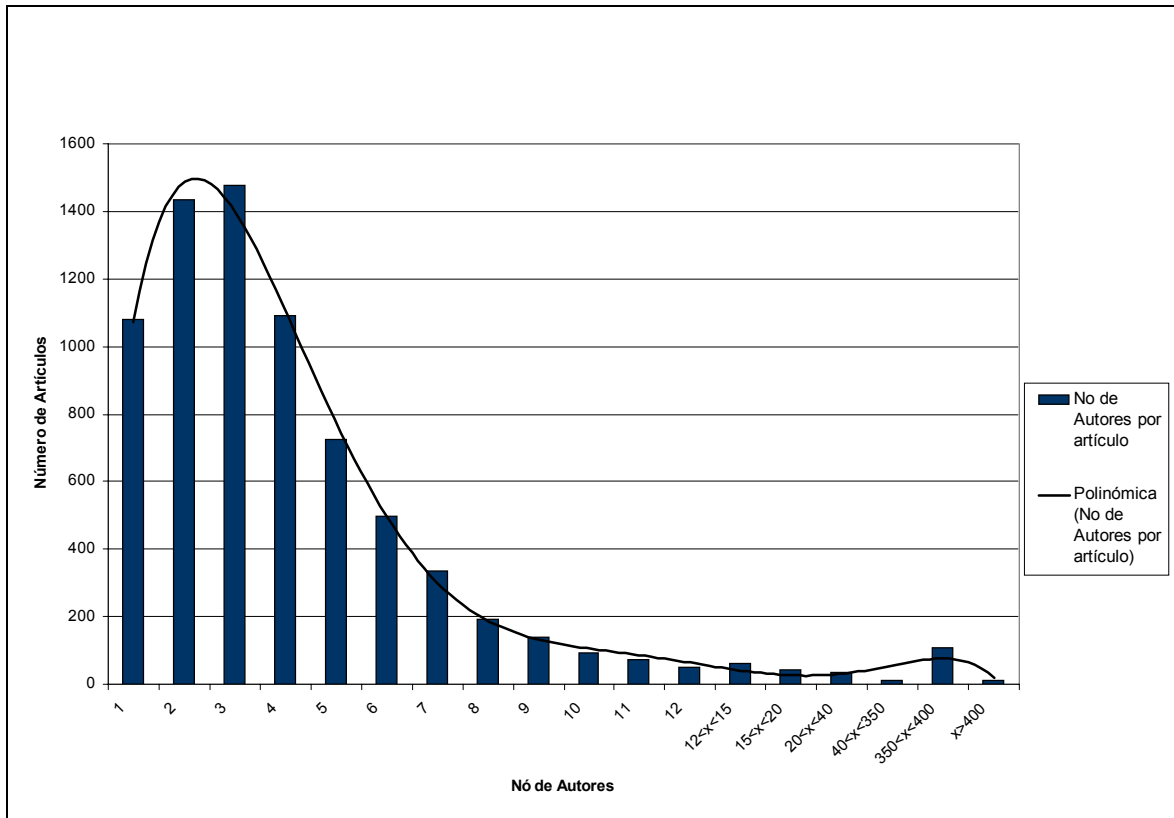
Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Ahora bien, la posición relativa de estas áreas a lo largo del tiempo no siempre ha sido así. Es más, el peso relativo de las publicaciones asociadas con ciencias vegetales y animales y medicina clínica se ha venido reduciendo desde 1990. Esto, sin embargo, no debe interpretarse como una menor actividad científica en estos campos. Este tipo de variaciones se dan en términos relativos, por lo que es de esperarse que su disminución se deba, más bien, al avance y a la mayor productividad en otras áreas como química y física, en las que no se había avanzado en años anteriores, seguramente porque los autores de los artículos estaban en pleno proceso de formación. Incluso un fenómeno como el de física, que a lo largo del tiempo parece mantener constante su posición relativa frente al agregado, esconde el hecho de que es una de las áreas que a lo largo del tiempo produce más cantidad de artículos indexados. En la base de datos se observa también que son más frecuentes los artículos en coautorías que los artículos de un solo autor.

Normalmente, los investigadores que trabajan dentro del SNCyT colombiano realizan artículos con dos a tres autores. Sin embargo, existen “casos espectaculares”, como física e ingeniería, en los cuales se encuentra una gran cantidad de documentos que son elaborados por 350 a 400 autores, con la participación de un solo colombiano. Este fenómeno se debe a que en el área de física los artículos publicados corresponden en su mayoría al área experimental de altas energías. Como su nombre lo indica, esta clase de trabajos se caracterizan por tener un alto contenido práctico y metodológico que no debe sobrestimarse ni confundirse con otra clase de actividades científicas que se relacionan más directamente con la generación de conocimientos nuevos, codificados y certificados. Lo anterior implica que para construir indicadores confiables de la actividad y la distribución científica nacional es necesario establecer unos criterios básicos, en cuanto a lo que se va a entender por actividad científica como tal.

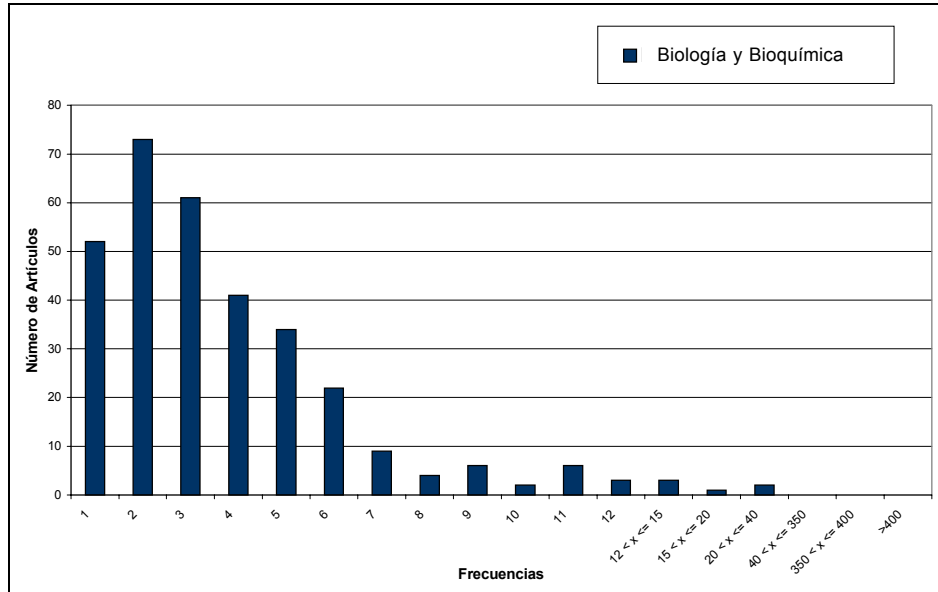
Al analizar los casos específicos de cada disciplina se encuentran los siguientes resultados: en campos afines como biología, bioquímica y ciencias de plantas y animales predominan los artículos de dos a cuatro coautores.

GRÁFICO 4
FRECUENCIAS DE NÚMEROS DE AUTORES POR ARTÍCULO CON COAUTOR COLOMBIANO, 1966-2002



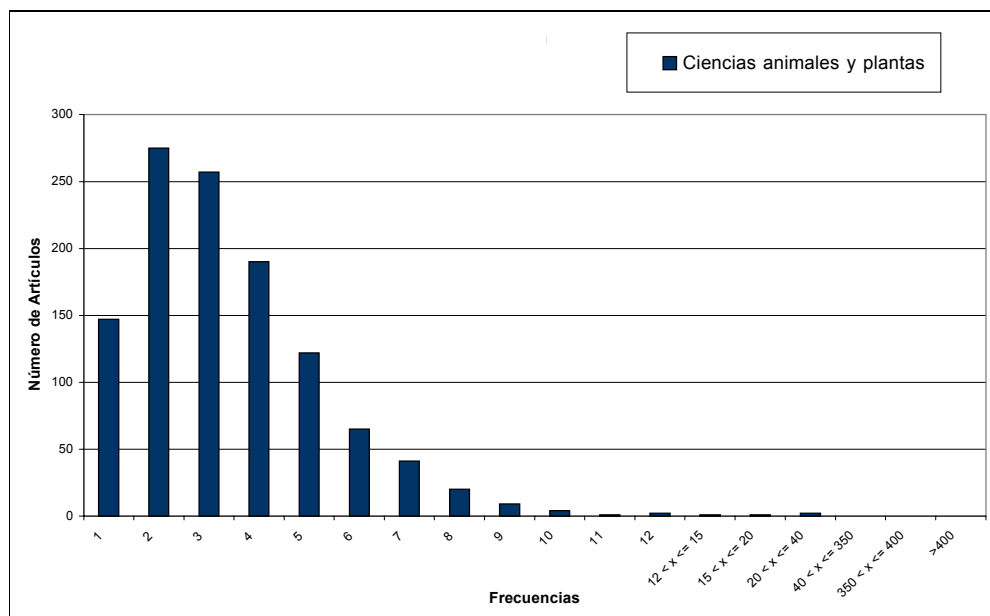
Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

GRÁFICO 5
FRECUENCIAS DE NÚMERO DE AUTORES POR ARTÍCULO
CON AUTOR COLOMBIANO EN BIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA, 1966-2002



Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

GRÁFICO 6
FRECUENCIAS DE NÚMERO DE AUTORES POR ARTÍCULO
CON AUTOR COLOMBIANO EN CIENCIAS DE PLANTAS Y ANIMALES, 1966-2002



Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Tanto en las áreas de Biología y Bioquímica, como en las ciencias de Plantas y Animales, predomina el trabajo de coautorías. Como se puede observar en los gráficos 5 y 6, en ambos grupos de disciplinas las publicaciones se realizan con dos o más autores. No obstante, a medida que aumenta el número de coautores, especialmente a partir de los 4 autores, el número de publicaciones es cada vez menor.

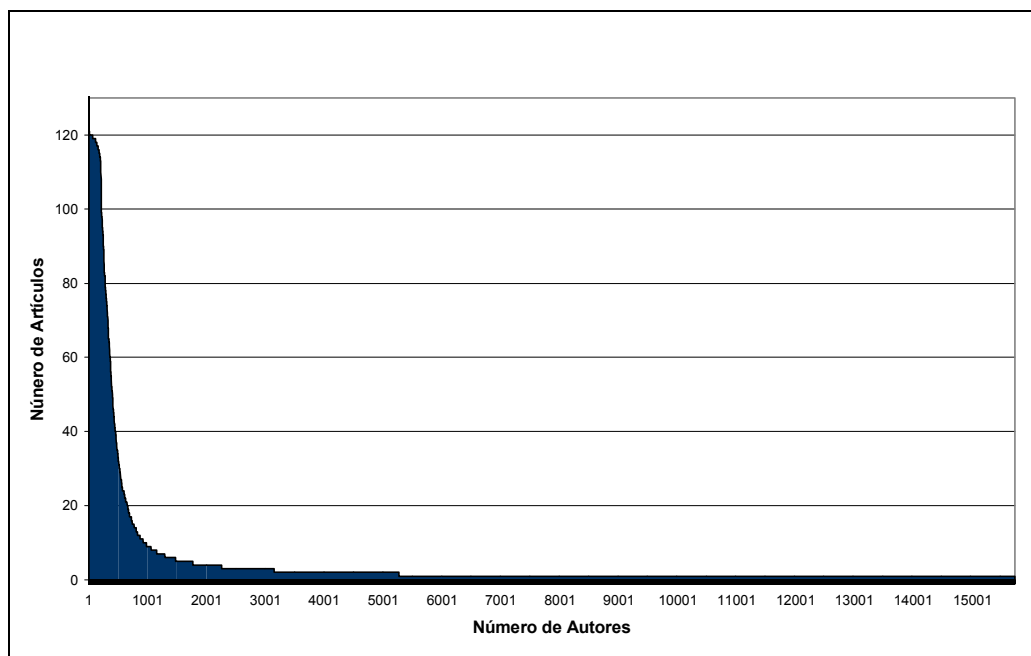
En áreas como economía, matemática, psicología, ciencias sociales y ciencias del espacio (véase Anexo. Gráficos de distribución de frecuencias de autores) es mucho más frecuente el trabajo individual que el trabajo en grupo. Las áreas en las que se produce una mayor cantidad de artículos indexados son aquéllas en las cuales trabajan con más frecuencia coautores nacionales y extranjeros.

Las frecuencias de número de autores es una manera interesante de mirar las dinámicas de trabajo en las disciplinas de la ciencia. Su regularidad evidencia disciplinas consolidadas no sólo por el teorema estadístico del límite central, sino también porque una vez consolidada un área, las formas de hacer ciencia se vuelven uniformes en todo el sistema. La ciencia es en sí una tecnología social que permite crear conocimiento. Una red científica consolidada implica una uniformidad en las formas de trabajo y de interacción entre los participantes.

Al considerar la producción de artículos autor por autor, se encuentra que hay un pequeño grupo de investigadores muy productivo que coexiste con una gran mayoría no tan prolífica. Esto es, existen unos cuantos autores que escriben un buen número de artículos y publican con cierta frecuencia, mientras que un grupo mayoritario de autores no ha publicado más de dos o tres artículos en toda su actividad científica.

GRÁFICO 7

PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS INDEXADOS POR AUTOR



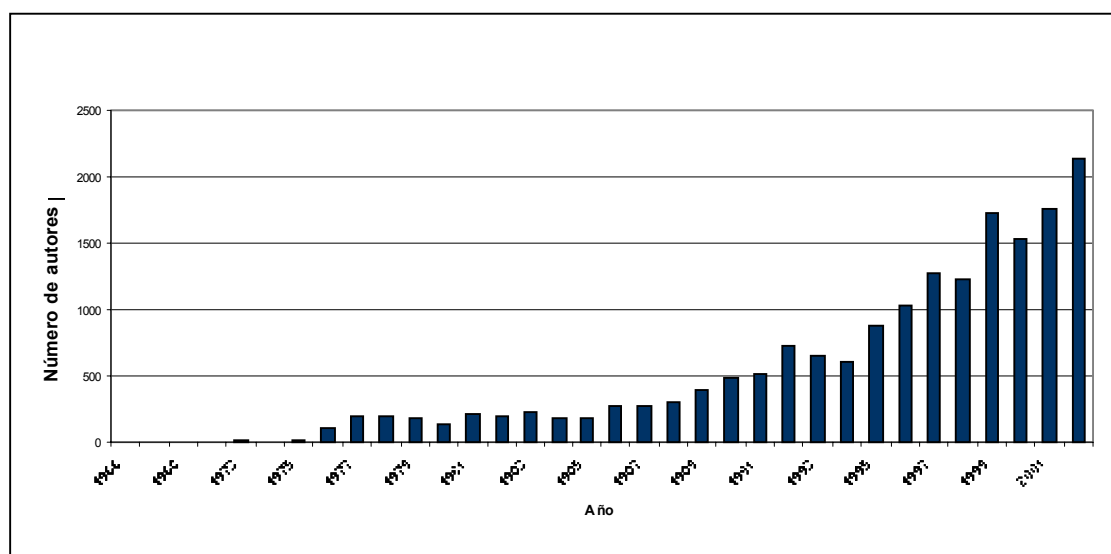
Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Sobresale el número reducido de artículos que se realizan en coautoría en las áreas de matemáticas, ciencias sociales y economía y administración.

De los 15.722 autores que se logran identificar en el conjunto de la base de datos construida a partir de los datos de ISI, el 79% son autores de artículos de física. El porcentaje restante, se dedica a otras áreas.

GRÁFICO 8

NÚMERO TOTAL DE AUTORES COLOMBIANOS EXCLUYENDO EL ÁREA DE FÍSICA



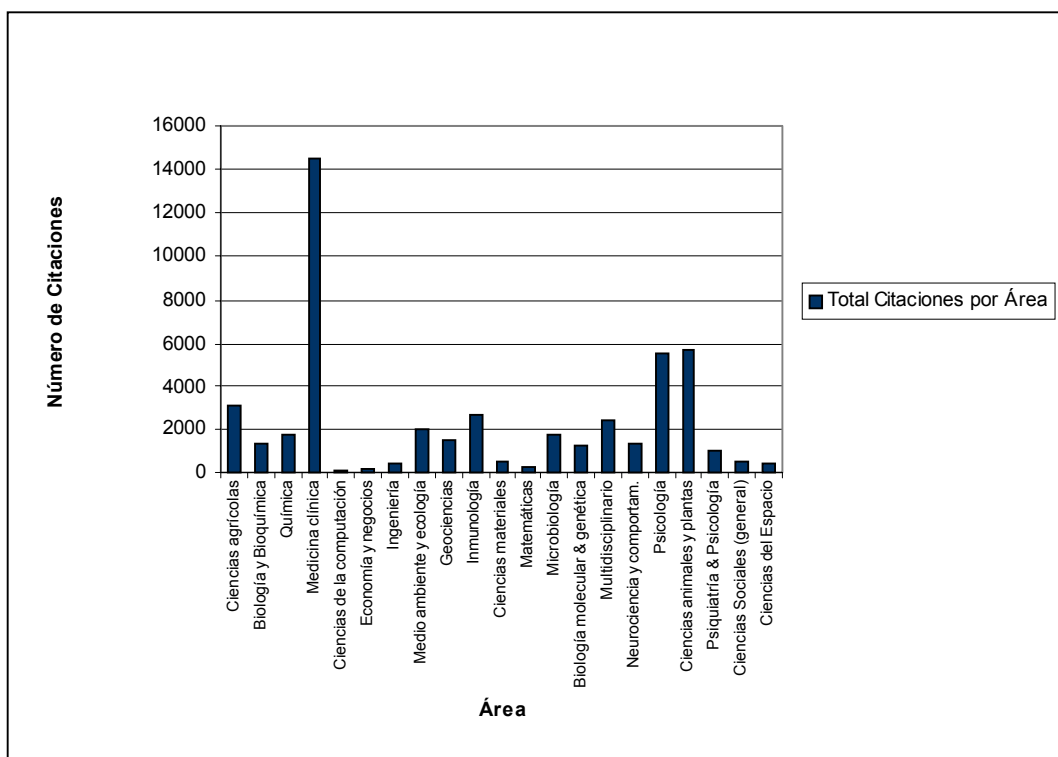
Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Parece no haber una asociación directa entre el número promedio de autores por artículo, en cada área, y la cantidad de artículos publicados en ese campo. Es decir: muchos autores no producen necesariamente muchos artículos. En medicina clínica, por ejemplo, se escriben relativamente muchos artículos con respecto al reducido promedio de autores que hay en el área. Igual sucede en matemáticas, ciencias animales y vegetales, química, medio ambiente y ecología y geociencias. Sin embargo, en áreas como física, neurociencia y conducta, biología molecular y genética y ciencias de la computación sucede que muchos autores participan en muchos artículos. Ahora bien, lo que es necesario establecer y que aún no se ha podido definir en la base de datos es cuántos de todos esos autores en cada una de esas publicaciones son colombianos.

3.1.3 VISIBILIDAD

Al estudiar el número de citas recibidas por los artículos indexados colombianos, es posible tener unas primeras aproximaciones en torno a la visibilidad y el impacto que tienen los resultados de artículos realizados en Colombia, o con participación de colombianos, en la comunidad científica internacional.

GRÁFICO 9
CITACIONES TOTALES POR ÁREA, 1966-2002



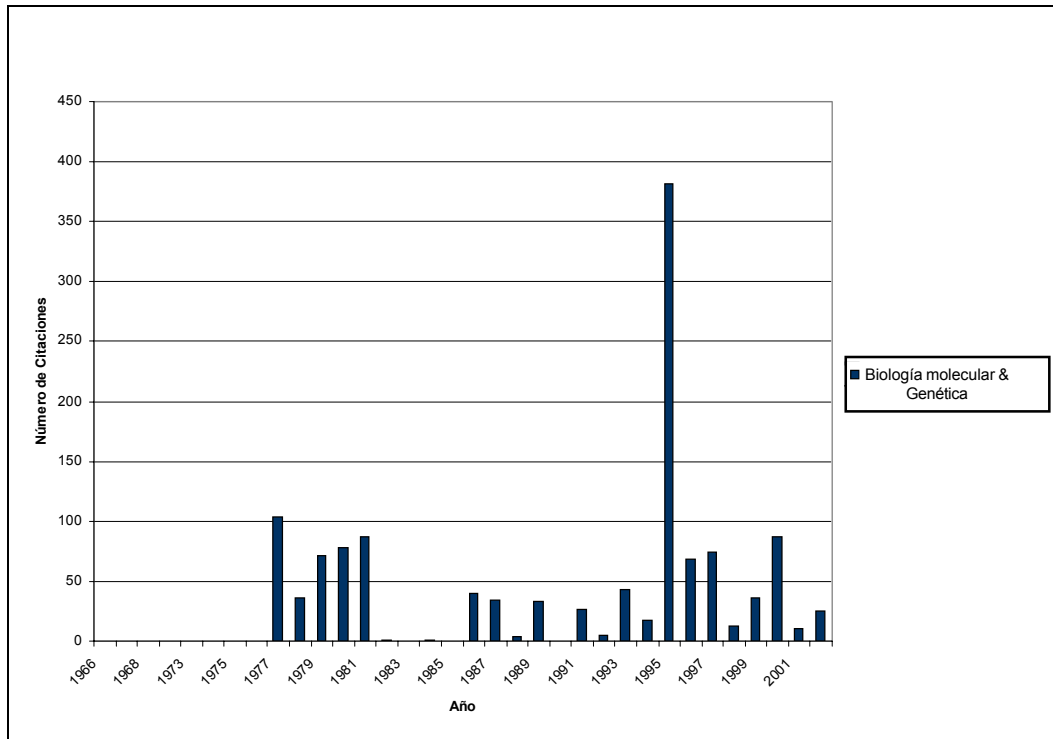
Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Dentro del todo el período analizado (1996-2002), las áreas donde más citas se han recibido son medicina clínica, física y ciencias vegetales y animales. Hay casos llamativos como los de inmunología, medio ambiente y ecología, geociencias, microbiología, biología molecular, neurociencias, psiquiatría y psicología, en los que hay períodos muy puntuales, en los cuales se superan las 250 o 300 citas de artículos publicados en esas áreas, cuando en promedio no han tenido más de sesenta o setenta citas por año.

Sin duda alguna, en esas áreas específicas hay ciertos artículos, o un reducido grupo de ellos, que parecen haber recibido un reconocimiento importante de la ciencia internacional, en un momento particular del tiempo. En biología molecular, por ejemplo, se observa que en 1995 algunos de los artículos publicados hasta ese momento tuvieron un sorprendente valor de 382 citas, cuando en los años anteriores las publicaciones realizadas en ese campo habían recibido un máximo de 104 de citas, en 1977, o un valor sorprendente de cero citas, en 1983 y 1990. Entre 1990 y 1994 aparecieron ciertos documentos que causaron un impacto internacional que hasta el momento no se había producido en el área. Una vez más, se observa cómo la institucionalización del SNCyT, a comienzos de los años noventa, pudo haber influido de manera significativa, y en un muy corto período, en la productividad de los científicos y en la calidad internacional de sus trabajos. Sin embargo, parece que toma mucho tiempo tanto la elaboración de las investigaciones y la certificación de sus resultados (la publicación del artículo como tal) como el lapso en que empieza a ser citado.

GRÁFICO 10

DINÁMICA DE LAS CITACIONES EN EL ÁREA DE BIOLOGÍA MOLECULAR Y GENÉTICA



Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

Las áreas donde los artículos han recibido menos citas son economía-negocios y matemáticas. A partir de 1976, los artículos elaborados en Colombia comienzan a ser citados de manera permanente, aunque lógicamente en unas áreas más que en otras y en unos períodos más que en otros. En 1994, por ejemplo, todos los artículos indexados en todas las áreas recibieron un total de 2.346 citas. Al siguiente año este valor casi se duplica con un total de 4.624 citas, de las cuales casi la mitad corresponde a publicaciones hechas en el área de medicina clínica y física. Esto último es comprensible si se tiene en cuenta que el contenido de la mayoría de los artículos en estas áreas consiste en pruebas experimentales o ensayos de laboratorio que normalmente se citan mucho y en muy diversas disciplinas.

Es necesario aclarar que las estadísticas asociadas con las citas presentan algunas dificultades de carácter metodológico que vale la pena tomar en cuenta. Por una parte, está la sobrerrepresentación de los artículos experimentales y metodológicos. Generalmente, esta clase particular de artículos es muy citada, en muy diversos campos. Esto podría distorsionar la valoración de otras clases de artículos que no reciben tantas citas, pero que de todas formas la comunidad reconoce como piezas de conocimiento indispensables para la disciplina, independientemente de su visibilidad inmediata en las revistas indexadas. Incluso, hay ciertos resultados y conocimientos científicos que se incorporan rápidamente al flujo de conocimiento colectivo de la comunidad académica, dejando de ser atribuidos a un autor o un artículo específico para convertirse en piezas dadas de conocimiento ya establecidas en la disciplina. Asimismo, las prácticas de citación en cada una de las disciplinas son muy heterogéneas y de muy

difícil comparación. Es necesario diferenciar el valor y el significado de las citas según las áreas temáticas que se estén estudiando.

Por otra parte, está la cuestión del período de latencia de las citas. Aquí se han adelantado algunas hipótesis al respecto, pero no es del todo claro por qué unos artículos toman más tiempo en ser citados que otros, ni cuál es el tiempo prudencial para esperar que uno o varios artículos empiecen a ser citados. El análisis es más problemático cuando se toman en cuenta las diferencias que hay entre un área temática y otra.

Con el uso de las citas es posible evaluar algunos aspectos generales de las relaciones y del posicionamiento (en términos de centralidad) de los autores y coautores nacionales en los grupos y las redes internacionales de la ciencia. Por ejemplo, si se analizan las coautorías que realizan los investigadores colombianos, las citas que hacen de sus trabajos y los vínculos formales e informales que se pueden inferir de la base de datos de publicaciones (tipo de instituciones que patrocinan las investigaciones, colaboración entre autores, instituciones, países, o regiones, etc.), se podrían empezar a identificar ciertas redes de colaboración entre investigadores, así como la continuidad-discontinuidad de los grupos y las temáticas trabajadas, etc.

Asimismo, se ha venido proponiendo de manera insistente el uso de la teoría de redes sociales para identificar ciertos aspectos de las interacciones entre agentes heterogéneos, como la posición de los actores en un grupo o una red, su influencia en el comportamiento global de la red, etc. Normalmente se recurre al concepto de centralidad que se analiza en tres dimensiones diferentes:¹⁴ en grado, proximidad y mediación.¹⁵ Borgatti, Everett y Freeman han sugerido que el grado representa el nivel de la actividad comunicativa (la capacidad de comunicarse directamente con otros), que la proximidad se refiere a la independencia (la capacidad de llegar a muchos otros sin apoyarse en intermediarios) y que la mediación indica o representa el control de la comunicación de los demás y su capacidad de restringirla.

3.2 COAUTORÍAS DE LOS ARTÍCULOS INTERNACIONALES INDEXADOS DE COLOMBIA

Las coautorías internacionales pueden asumirse como un indicador confiable del grado de interacción que existe entre agentes científicos y académicos (individuales o colectivos) que provienen de entornos de conocimiento distintos. Según Metcalfe y Ramgolga (2002; 4), la creación del conocimiento proviene, en gran parte, de las discontinuidades producidas por las comparaciones entre el conocimiento individual y el conocimiento general, el cual denominan *entendimiento*. Para estos autores, el conocimiento no evoluciona de forma individual y aislada, sino que resulta de la confrontación del conocimiento propio con el entendimiento externo. A través del contraste del conocimiento propio con el que se distribuye en el entorno surgen nuevas preguntas y nuevos problemas que generan, a su vez, nuevas ideas y nuevas soluciones. Las coautorías son formas de

¹⁴ Sanz Menéndez, Luis. *Indicadores relacionales y redes sociales en el estudio de los efectos de las políticas de ciencia y tecnología*, Unidad de Políticas Comparadas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, 2001.

¹⁵ Borgatti, Steve; Everett, Martin y Freeman, Lin. *UCINET V for Windows*, Analytich Technologies, Natick, (MA), 1999.

interacción entre un sistema y los demás que lo circundan. El análisis de las coautorías internacionales permite medir, por lo tanto, el grado de confrontación del SNCyT colombiano con el resto del mundo y su participación en la creación de nuevo conocimiento.

La base de datos del ISI permite hacer una primera aproximación a este fenómeno. Después de un arduo trabajo de depuración y normalización de la base de datos, se logró organizar información en torno a los artículos internacionales donde participan coautores colombianos. A continuación se presentan los resultados del análisis descriptivo y cuantitativo de las coautorías en Colombia en el período 1966-2002.

3.2.1 EL PROMEDIO DE NÚMERO DE AUTORES

Desde 1995, la gran mayoría de los artículos producidos dentro del SNCyT colombiano se hacen en coautorías. Esta tendencia no sólo se presenta en Colombia. Según la National Science Foundation (2000; 5), desde 1986 las coautorías internacionales han experimentado un significativo aumento en casi todas las áreas del conocimiento. De esta tendencia general hay que destacar que la participación relativa de los países desarrollados en el agregado total de la producción mundial de artículos científicos ha ido reduciéndose. Esto se explica, en buena medida, por el drástico aumento de la producción científica del resto del mundo frente a la de los países desarrollados. Como se ha mencionado antes, Colombia no es la excepción a esta regla, sobre todo, desde comienzos de la década de los noventa.

Este proceso se acompaña de un aumento en el número de coautorías internacionales. En la Tabla 3 se ve el drástico aumento en el promedio de coautores en artículos indexados de colombianos desde 1994.

En la Tabla 3 se observa que a partir de 1994 parece aumentar significativamente el promedio de autores por artículos. La aparición de las publicaciones del grupo de Física Experimental de Altas Energías de la Universidad de los Andes explica este fenómeno. Esta red de coautores, asociada con Fermilab, publica artículos sobre experimentos conjuntos en los que participan hasta 400 autores. Sin embargo, el aumento en la media de autores por artículo no se inicia exclusivamente en ese año ni por ese solo hecho. Desde 1989, se venía dando un aumento paulatino pero constante de este indicador. Al excluir los datos del área de física de altas energías, se obtiene el Gráfico 11, donde se compara el número de artículos colombianos con el promedio de coautores:¹⁶

¹⁶ Para poder comparar estas dos cifras es necesario hacer un análisis a escala. En el gráfico, el número de artículos se dividió por treinta.

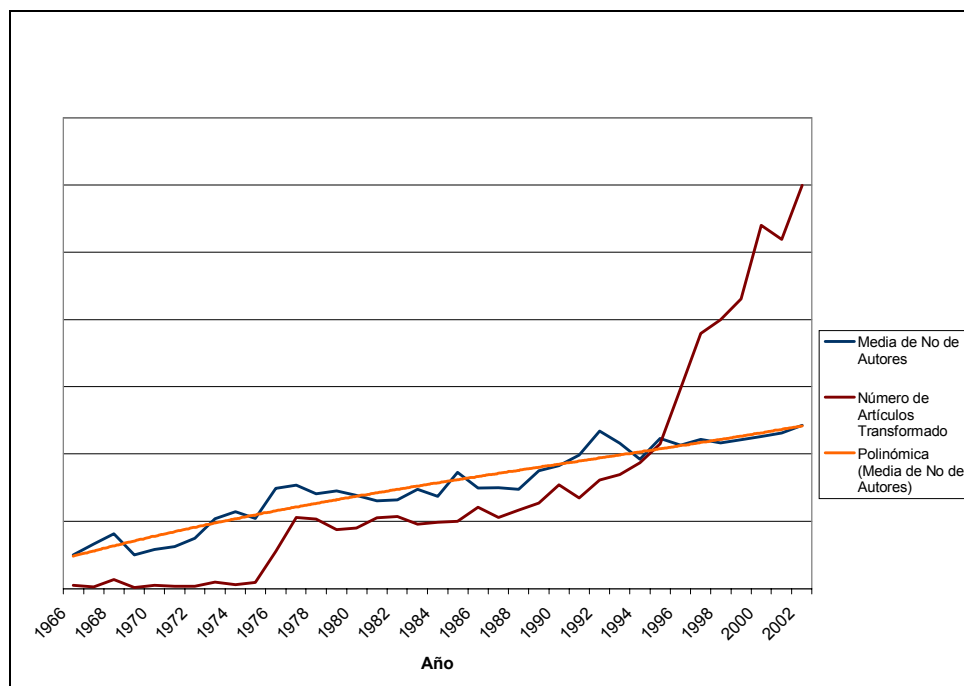
TABLA 3
PROMEDIO DE AUTORES POR ARTÍCULO-COLOMBIA, 1966-2002

| Año de publicación | Promedio de autores | Promedio móvil año anterior y posterior |
|-----------------------|---------------------|---|
| 1966 | 1,00 | |
| 1967 | 1,33 | 1,32 |
| 1968 | 1,63 | 1,32 |
| 1969 | 1,00 | 1,26 |
| 1970 | 1,17 | 1,14 |
| 1971 | 1,25 | 1,31 |
| 1972 | 1,50 | 1,61 |
| 1973 | 2,08 | 1,96 |
| 1974 | 2,29 | 2,15 |
| 1975 | 2,09 | 2,45 |
| 1976 | 2,98 | 2,72 |
| 1977 | 3,07 | 2,96 |
| 1978 | 2,81 | 2,93 |
| 1979 | 2,90 | 2,83 |
| 1980 | 2,77 | 2,76 |
| 1981 | 2,61 | 2,67 |
| 1982 | 2,64 | 2,73 |
| 1983 | 2,95 | 2,78 |
| 1984 | 2,75 | 3,05 |
| 1985 | 3,46 | 3,07 |
| 1986 | 2,99 | 3,15 |
| 1987 | 3,00 | 2,98 |
| 1988 | 2,95 | 3,15 |
| 1989 | 3,51 | 3,37 |
| 1990 | 3,65 | 3,71 |
| 1991 | 3,97 | 4,10 |
| 1992 | 4,68 | 4,32 |
| 1993 | 4,32 | 5,82 |
| 1994 | 8,47 | 12,03 |
| 1995 | 23,31 | 15,80 |
| 1996 | 15,63 | 17,14 |
| 1997 | 12,47 | 15,26 |
| 1998 | 17,67 | 15,56 |
| 1999 | 16,54 | 15,98 |
| 2000 | 13,72 | 15,01 |
| 2001 | 14,75 | 13,07 |
| 2002 | 10,75 | |
| Promedio total | 10,12 | |

Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

GRÁFICO 11

**COMPARACIÓN ENTRE EL PROMEDIO DE NÚMERO DE AUTORES POR ARTÍCULO
Y NÚMERO TOTAL DE ARTÍCULOS SIN FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS**



Fuente: cálculos de los autores con base en datos del ISI-

Se observa que en Colombia ha aumentado el número de autores que participan en la elaboración de un número creciente de artículos. Habría que explorar si el número de artículos y el número de autores y coautores que los producen aumentan como resultado de la consolidación de los programas nacionales de ciencia y tecnología (se conforman redes y comunidades de investigadores nacionales y extranjeros) y de la formación de un mayor número de profesionales dedicados a este tipo de actividades. Aunque cabría esperar que un mayor número de autores y coautores siga produciendo cada vez más artículos, este incremento simultáneo no puede ser permanente. Es necesario formar recursos humanos adicionales que participen en el desarrollo y acumulación de nuevo conocimiento; asimismo, se debe esperar a que se materialicen y se certifiquen los resultados de otras investigaciones que están en curso o que apenas comienzan.

Hasta ahora sólo se han visto algunos aspectos generales de la actividad científica, en términos de publicaciones científicas internacionales y número de autores involucrados en ellas, vale la pena preguntarse cuál es la visibilidad de esa actividad científica. Se empezó por establecer si había alguna relación entre el número de citas de los artículos colombianos y el número de autores respectivos (para cada disciplina) y luego se midió con detalle tal relación. De acuerdo con los resultados obtenidos, la visibilidad de los artículos no depende de su número de autores.

TABLA 4
ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE CITACIONES DE LOS ARTÍCULOS
Y EL NÚMERO DE AUTORES

| Área de la ciencia | Correlación entre citasiones y No. autores |
|-------------------------------|--|
| Ciencias agrícolas | 0,01113 |
| Biología y bioquímica | 0,01795 |
| Química | 0,08380 |
| Medicina Clínica | 0,28388 |
| Ciencia de la computación | -0,06711 |
| Economía & negocios | 0,30572 |
| Ingeniería | -0,01506 |
| Medio ambiente & ecología | -0,03026 |
| Geociencias | 0,13135 |
| Inmunología | 0,02684 |
| Ciencias Materiales | -0,05452 |
| Matemáticas | 0,03218 |
| Microbiología | 0,19998 |
| Biología Molecular & Genética | -0,00930 |
| Multidisciplinario | 0,35709 |
| Neurociencia & Comportamiento | 0,12135 |
| Psiquiatría & Psicología | 0,21100 |
| Física | 0,08886 |
| Ciencias animales & planras | 0,09228 |
| Psiquiatría & Psicología | 0,18909 |
| Ciencias Sociales (General) | 0,25282 |
| Ciencias del espacio | -0,27651 |

Fuente: cálculos de los autores basándose en datos del ISI.

3.2.2 LA PARTICIPACIÓN DE OTROS PAÍSES DEL MUNDO EN ARTÍCULOS DE COLOMBIANOS

Otro aspecto importante que se puede observar a través del análisis de las coautorías es la participación de países extranjeros en los artículos indexados colombianos publicados entre 1966 y 2003. El análisis se hizo para cada área temática definida por ISI. Una participación de un país ocurre cuando un autor residente en otro país participa en un “artículo colombiano”. Si hay dos o más participaciones de autores de un mismo país, sólo se cuenta la intervención del país una única vez. De esta manera, la unidad de medida es el artículo o *paper*, no el autor.

La Tabla 5 muestra la participación porcentual que tienen los países del resto del mundo en “artículos colombianos”. Esta tabla se limita a mencionar los países que aparecen en la consulta a la base de datos del ISI. A primera vista se puede notar cierta afinidad de trabajo con países iberoamericanos. Pareciera que el lenguaje y los rasgos culturales de los países latinoamericanos facilitan la interrelación social o la científica.

TABLA 5
PARTICIPACIÓN PORCENTUAL QUE TIENEN LOS PAÍSES DEL RESTO DEL MUNDO
EN “ARTÍCULOS COLOMBIANOS”

| País | % apariciones | País | % apariciones | País | % apariciones |
|------------------------|---------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|
| Colombia ¹⁷ | 99,074 | Portugal | 0,255 | Nicaragua | 0,040 |
| Estados Unidos | 26,120 | Bolivia | 0,228 | Irlanda del Norte | 0,040 |
| España | 6,788 | Nueva Zelanda | 0,228 | Taiwán | 0,040 |
| Brasil | 6,507 | Finlandia | 0,201 | Zaire | 0,040 |
| Méjico | 5,675 | Ucrania | 0,201 | Benin | 0,027 |
| Francia | 5,635 | Gales | 0,174 | Botswana | 0,027 |
| Inglaterra | 4,964 | Guatemala | 0,148 | Fiji | 0,027 |
| Argentina | 3,314 | Jamaica | 0,121 | Guadeloupe | 0,027 |
| Alemania | 3,112 | Singapur | 0,121 | Kuwait | 0,027 |
| Rusia | 2,388 | Sudan | 0,121 | Malagas y Rep. | 0,027 |
| India | 2,120 | Turquía | 0,121 | Mongolia | 0,027 |
| Canadá | 2,053 | Egipto | 0,107 | Morruecos | 0,027 |
| Korea del Sur | 1,918 | Grecia | 0,107 | Nepal | 0,027 |
| Holanda | 1,905 | Malasia | 0,107 | Oman | 0,027 |
| Italia | 1,771 | Eslovenia | 0,107 | Papua N Guinea | 0,027 |
| Suiza | 1,731 | Tanzania | 0,107 | Rwanda | 0,027 |
| Venezuela | 1,704 | Zimbaue | 0,107 | Tunisia | 0,027 |
| Chile | 1,637 | Honduras | 0,094 | Armenia | 0,013 |
| Polania | 1,395 | Hong Kong | 0,094 | Bahamas | 0,013 |
| Japón | 1,342 | Groelandia | 0,094 | Barbados | 0,013 |
| Rep. Popular China | 1,154 | Uganda | 0,094 | Bermuda | 0,013 |
| Ecuador | 1,087 | Yugoslavia | 0,094 | Brunei | 0,013 |
| Suecia | 1,046 | Camerún | 0,080 | Burundi | 0,013 |
| Australia | 1,033 | Pakistan | 0,080 | Croacia | 0,013 |
| Escocia | 1,033 | Zambia | 0,080 | Chipre | 0,013 |
| Bélgica | 0,899 | Bangladesh | 0,067 | Eslovaquia | 0,013 |
| Perú | 0,872 | Ghana | 0,067 | Fr Polynesia | 0,013 |
| Costa Rica | 0,792 | Irlanda | 0,067 | Gambia | 0,013 |
| Cuba | 0,765 | Paraguay | 0,067 | Guinea Bissau | 0,013 |
| Israel | 0,644 | Sri Lanka | 0,067 | Guyana | 0,013 |
| República Checa | 0,604 | W Ind Assoc St | 0,067 | Jordan | 0,013 |
| Alemania Federal | 0,577 | Algeria | 0,054 | Latvia | 0,013 |
| Tailandia | 0,456 | El Salvador | 0,054 | Liberia | 0,013 |
| Pilipinas | 0,429 | Senegal | 0,054 | Lituania | 0,013 |
| Nigeria | 0,402 | Senegambia | 0,054 | Macedonia | 0,013 |
| Africa del Sur | 0,402 | Trin&Tobago | 0,054 | Mauritius | 0,013 |
| Kenia | 0,389 | Vietnam | 0,054 | Nueva Caledonia | 0,013 |
| Panamá | 0,362 | Bulgaria | 0,040 | Rep de Georgia | 0,013 |
| Uruguay | 0,349 | Burkina Faso | 0,040 | Saudi Arabia | 0,013 |
| Austria | 0,322 | Rep. Dominican | 0,040 | Slovakia | 0,013 |
| Cundinamarca | 0,309 | Etiopia | 0,040 | Swaziland | 0,013 |
| Hungría | 0,282 | Malawi | 0,040 | Upper Volta | 0,013 |
| Noruega | 0,268 | Mali | 0,040 | USSR | 0,013 |
| Indonesia | 0,255 | Neth Antilles | 0,040 | Total general | 100,000 |

Fuente: cálculos de los autores basados en datos del ISI.

¹⁷ Llama la atención que Colombia no está en el 100% de los artículos. Esto se da por errores en la información consignada en ISI o porque existen direcciones con la palabra Colombia que no pertenecen a nuestro país (existe una calle Colombia en Israel). Estas dificultades se fueron corrigiendo a medida que se depuraba y organizaba la

Esta afinidad se evidencia mejor en el Gráfico 12, donde se compara la participación de los países en el total de la producción mundial de artículos indexados con la producción de artículos colombianos. Este gráfico muestra únicamente los 25 países que tienen una mayor participación porcentual. Países como España, Brasil, México, Argentina, Chile, Venezuela y Perú tienen una mayor participación porcentual en Colombia que en el total mundial. Esto sugiere que existe una “compatibilidad científica” con estos países. El lenguaje, el entorno cultural y la cercanía geográfica desempeñan un papel importante en las relaciones científicas.

Por otro lado, llama la atención la alta participación que tienen Francia, India y Corea del Sur en artículos colombianos, porque es más alta que la del resto del mundo. Además, en dos de estos casos la alta participación en artículos colombianos se debe a la Red de Física de Altas Energías. El resto de países, en especial los no iberoamericanos, participan relativamente menos en Colombia que en otras partes del mundo. Esto se observa, sobre todo, con los países desarrollados (Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Canadá, Italia y Japón).

Con la información disponible también se puede hacer un análisis por áreas o regiones. Para esto se podrían agrupar los países utilizando algún criterio geopolítico, de forma que se puedan explorar más detalladamente los factores que afectan la interacción de la ciencia hecha en Colombia con el resto del mundo.

En general, es claro que el SNCyT colombiano tiene una interacción bastante marcada, en términos de coautorías, con las comunidades científicas iberoamericanas. Con el resto de países no se observa igual grado de cooperación y participación científica.

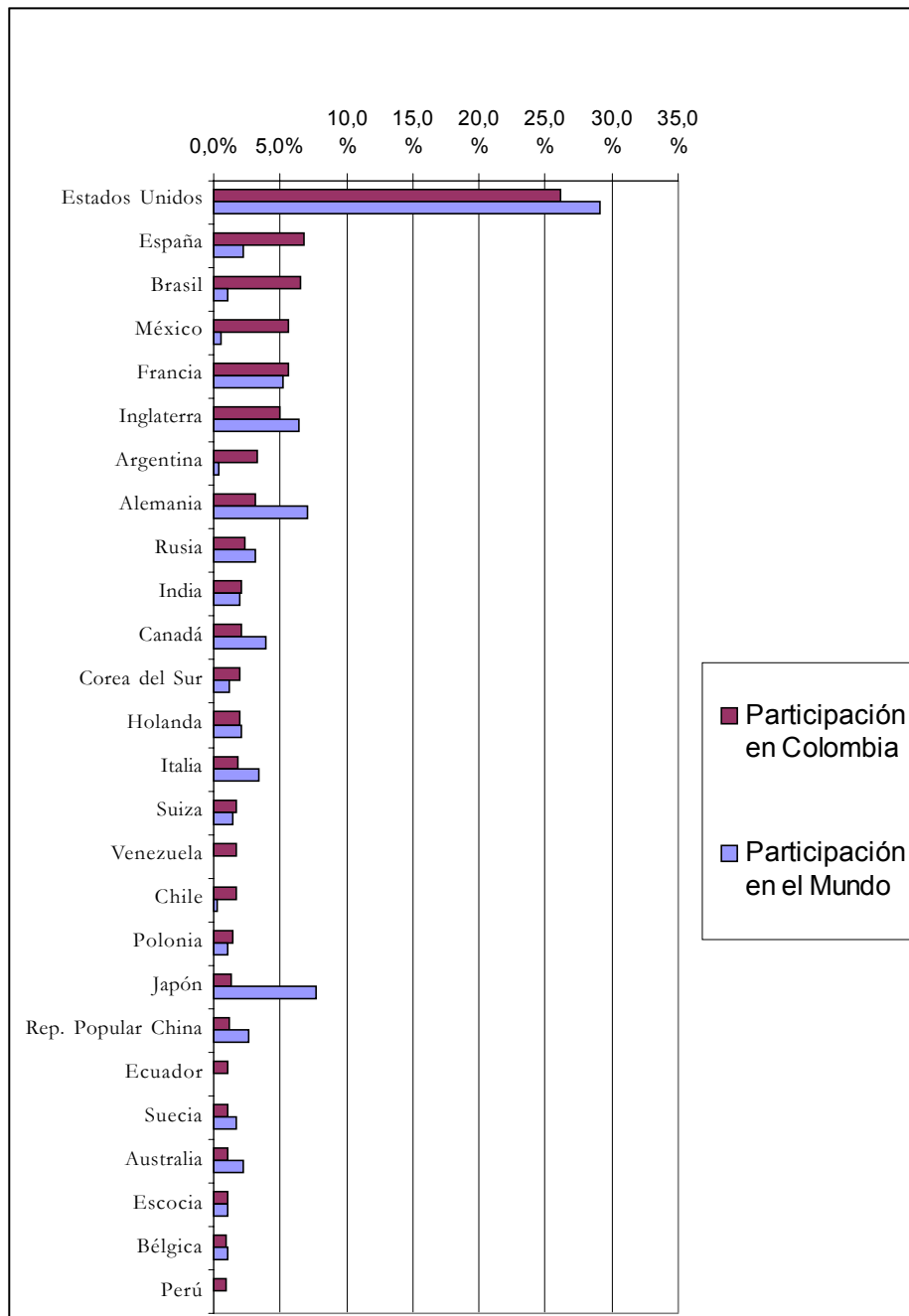
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los anteriores análisis han permitido construir un primer cuadro descriptivo de la actividad científica nacional certificada y publicada en el medio internacional. Aunque los resultados obtenidos son de carácter preliminar, proporcionan datos importantes en torno a dos temas fundamentales: la visibilidad e impacto internacional de actividad científica nacional, así como los métodos posibles y deseables para medir esa actividad científica.

Con respecto al primer tema, la principal conclusión que se adelanta es que desde 1990 hay un repunte muy significativo en el número de publicaciones por año y un crecimiento sostenido en el número de autores y coautores que las elaboran. Según la información analizada, la organización e institucionalización formal del SNCyT, a finales de la década de los ochenta y comienzos de la de los noventa, en particular la de Colciencias y la referida a la conformación de los once programas nacionales de ciencia y tecnología, parecen haber tenido una fuerte y positiva incidencia en la productividad científica de los investigadores y las entidades que actúan dentro de él.

base de datos. En realidad, Colombia no tiene 7.454 artículos indexados, sino exactamente 66 menos, lo que da 7.388. En los casos en que hay error, la mayoría de las veces parecen ser de digitación. Por ejemplo ocurre mucho el error “British Colombia” y “Univ Colombia, Colombia, MO, USA”.

GRÁFICO 12
PARTICIPACIÓN DE PAÍSES EN ARTÍCULOS DEL MUNDO Y PARTICIPACIÓN DE PAÍSES EN ARTÍCULOS COLOMBIANOS



Fuente: cálculos de los autores basados en datos del ISI.

Asimismo, es evidente que el área de ciencias básicas es aquella en la cual se producen más artículos indexados en revistas científicas internacionales. En las materias de física, química y medicina clínica es donde se producen más artículos a lo largo del tiempo y en las que se involucra una mayor cantidad de investigadores nacionales y extranjeros. En otras áreas, como ciencias sociales o economía, no parece haber igual capacidad de publicación y certificación internacional de resultados. Sin embargo, en los últimos años, esa tendencia negativa parece estar cambiando.

También se pudo observar que la gran mayoría de artículos se realiza en coautorías, aunque es igualmente notorio que hay una escasa minoría de autores muy prolíficos que convive con una gran mayoría de autores y coautores no tan productivos. En lo anterior también se pudo establecer que en las áreas donde se publican internacionalmente más artículos predomina el trabajo de las coautorías, mientras que en las áreas donde se producen menos artículos prevalece el trabajo individual.

Por último, es notable que en los últimos años se ha venido fortaleciendo una serie de colaboraciones científicas internacionales con coautores y grupos iberoamericanos, la cual sugiere el afianzamiento de una comunidad científica iberoamericana. Aunque con los demás países no parece existir igual grado de cooperación científica, es claro que el SNCyT colombiano se articula con más frecuencia y permanencia a la principal actividad científica internacional.

En cuanto al segundo tema, sobre las formas posibles y deseables de medir la actividad científica nacional, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos de carácter metodológico. Aunque estas consideraciones resultan del trabajo específico que aquí se ha desarrollado en torno a la visibilidad y el impacto de la actividad científica nacional en el ámbito internacional, pueden ser muy útiles para el diseño de un sistema global de análisis y medición permanente de la actividad científica, dentro y fuera del SNCyT colombiano.

- El estudio cuantitativo no se reduce al conteo y la observación de los artículos indexados. Existen otros elementos y procesos de la actividad científica que deben ser tomados en cuenta para completar el análisis: por un lado, hay que evaluar cuál es el papel de los autores de estos artículos indexados *dentro* de SNCyT colombiano: si conforman o lideran grupos estables de investigación, si participan en procesos de formación académica y científica, si tienen algún impacto en la toma de decisiones del país, etc.

Por otro, es indispensable evaluar de forma más detallada la relación entre los recursos disponibles para la investigación (humanos, técnicos, financieros, etc.) y los resultados que éstos permiten generar, de forma que se puedan proponer o mejorar mecanismos de gestión científica y tecnológica que sean más eficientes y efectivos a la hora de integrar la comunidad científica nacional con el resto del mundo.

- Es necesario tener claridad sobre las normas y las rutinas de cada campo de la ciencia, de forma que no se cometa el error de evaluar con un único y absoluto criterio los rendimientos o las actividades científicas disciplinas tan diferentes, por ejemplo, la física, la economía o la medicina clínica.
- Es básico distinguir, también, la naturaleza especial de actividades científicas en cada una de las disciplinas: no es lo mismo realizar experimentos dirigidos desde el exterior que proponer

teoremas, validar una teoría o proponer el diseño de un proceso de producción. Cada proceso científico y técnico debe ser evaluado en sus propios términos, tomando en cuenta las especificidades de la actividad y analizando su impacto en ámbitos sociales, productivos, académicos, científicos, políticos, etc. Es decir, es conveniente abordar y resolver el problema de la demarcación de las actividades científicas y no científicas, discriminar y valorar con criterios particulares los tipos de investigación que adelantan los grupos y los agentes científicos y determinar, por ejemplo, si la investigación es básica, aplicada o estratégica. Tales discusiones no deben ser relegadas a la especulación y deben ser abiertamente resueltas en la comunidad científica y académica nacional.

- Es importante aclarar lo de las áreas temáticas y la respectiva clasificación de los artículos y las publicaciones dentro de ellas. En el ISI, las áreas temáticas son definidas según las publicaciones periódicas registradas en la base de datos, no con los artículos como tales. Puede ocurrir que haya muchos artículos colombianos que tratan el tema de genética, pero que no aparecen en publicaciones exclusivas de esa área o no son citados en revistas de ese campo específico. Una reclasificación de estas temáticas mediante el empleo de metodologías automáticas, como las redes neuronales, es una forma más confiable de definir las áreas temáticas según los contenidos particulares de los artículos (palabras clave, resúmenes, nombres de instituciones, etc.), superando las limitaciones propias de una *proxy*.
- Es obligatorio tomar en cuenta análisis de tipo cualitativo en los que se determine, por ejemplo, cómo se citan a los colombianos, en qué contextos se hace y para qué se les cita. Si uno quiere, por ejemplo, definir las clases de vínculos posibles que tienen los investigadores y los científicos nacionales con la comunidad científica internacional, hay que estudiar las formas de coautorías que se observan o la continuidad-discontinuidad de la cooperación entre academias o grupos de investigación. No es lo mismo participar como coautor en un experimento preestablecido desde el exterior que integrar una comunidad académica reconocida que de forma continua y estable intercambia conocimientos y certifica innovaciones científicas en general.
- El análisis del impacto y la visibilidad internacional de la ciencia desarrollada dentro de SNCyT colombiano debe sustentarse en estudios comparativos. En este estudio preliminar se ha señalado que los colombianos publican más en unas áreas que en otras. Sin embargo, el grado de especialización de los investigadores y la ciencia colombiana en esas áreas debe medirse en términos relativos, lo cual implica tomar en cuenta el total de publicaciones de otros de países y regiones en esas disciplinas.

BIBLIOGRAFÍA

- BIJKER, E; HUGHES, T. P., y PINCH, T. (1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MIT Press.
- Borgatti, Steve; Everett, Martin y Freeman, Lin, (1999) *UNICET V for Windows*, Analytich Technologies, Natick, (MA).
- CALLON, Michel (2001), "Redes tecno-económicas e irreversibilidad", en *Redes*, Buenos Aires, vol. 8, No. 17, junio, pp. 85-125.
- _____; Courtial, Jean Pierre, y Penan, Hervé (1995), *Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría la vigilancia tecnológica*. s. l., TREA.

- DAVID, Paul (1997), "Communication Norms and the Collective Performance of 'Invisible Colleges'", Versión Agosto, publicado en G. Barba Navaretti, P. Dasgupta, K-G. Mäler, D. Siniscalco, (eds.), *et al.*, "Creation and Transfer of Knowledge - Institutions and Incentives" Springer Verlag, Berlin.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1995), *La vida en el laboratorio: La construcción de los hechos científicos*. Madrid, Alianza Editorial.
- LEYDESORFF, Loet (2003), *The Mutual Information of University-Industry-Government Relations. An Indicator of the Triple Helix Dynamics*, Amsterdam, University of Amsterdam.
- LUCAS, R. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", en *Journal of Monetary Economics*, No. 22, pp. 3-42.
- METCALFE, J. S. y Ramlogan, R. (2002), *Limits to the Economy of Knowledge and Knowledge in the Economy*, ESRC (Center for Research on Innovation and Competition), disponible en: http://les1.man.ac.uk/cric/J_Stan_Metcalfe/pdfs/limits.pdf.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (2000), *Science and Technology Policy. Past and Prologue*, s. l. Washington.
- ROMER, Paul (1990), "Endogenous Technological Change", en *Journal of Political Economy*, No. 98, pp. 71-102.
- SANZ MENÉNDEZ, Luis (2001), *Indicadores relacionales y redes sociales en el estudio de los efectos de las políticas de ciencia y tecnología*, s. l., Unidad de Políticas Comparadas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Madrid.
- WOOLGAR, S. (1991), *Ciencia. Abriendo la caja negra*, Barcelona, Anthropos.