

**Parte II**  
**EL IMPACTO INTERNACIONAL DE LA CIENCIA COLOMBIANA**

**Capítulo 1**  
**Tendencias de las Publicaciones Colombianas**  
**en Revistas Indexadas Internacionales (1966-2002)**

*Por Sergio Riaga Guerrero,  
Abelardo Duarte Rey,  
Andrés Zambrano,  
Bibiana Gutiérrez y  
Ana María Villa<sup>1</sup>*

**1. Introducción**

Este capítulo hace un análisis cuantitativo de la producción de artículos indexados que se han realizado en Colombia, en el periodo comprendido entre 1966 y 2002. Se examinan el volumen, la distribución, y la visibilidad de la producción científica nacional que ha sido 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<sup>2</sup>.

El artículo está dividido en 4 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 hace 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

<sup>1</sup> La orientación del trabajo estuvo a cargo de Clemente Forero P.

<sup>2</sup> 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 este y otros capítulos del presente informe.

caracterizar la ubicación y la dinámica de la investigación colombiana en el contexto científico internacional.

Los análisis se hacen con base en indicadores cuantitativos básicos que permiten describir cuantitativamente la actividad científica nacional y las múltiples relaciones observadas entre los autores, coautores, artículos publicados y 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 estabilidad<sup>3</sup> 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 realizadas dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología 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 utilizan, etc. En el presente proyecto, tal estudio sólo se ha adelantado para el caso de los artículos calificados por el 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

---

<sup>3</sup> 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 y/o internacional). La segunda examinará el grado de permanencia de los investigadores en una o varias temáticas, a través del tiempo.

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 los journals más importantes del mundo según la clasificación ISI (ver sección 2). 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<sup>4</sup>. La importancia de la ciencia puede evaluarse en diversos contextos como, 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 el bienestar social de la misma); 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<sup>5</sup>. 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 I, se expone este punto.

## **2. La unidad de análisis: Los artículos científicos**

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología (CTS) han demostrado, tanto en el campo empírico<sup>6</sup> como en el área de la teoría abstracta<sup>7</sup>, que las actividades tecno-científicas son

---

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> Callon et al. (1995, pp. 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.

<sup>6</sup> Ver, por ejemplo, la colección de estudios de la ciencia y la tecnología de Bijker, et al. (1987). También tener en cuenta el libro de Latour y Woolgar (1988) sobre la naturaleza del trabajo de laboratorio.

<sup>7</sup> Ver, por ejemplo, la propuesta desarrollada por la economía de la ciencia (David, 1997), o la realizada por sociología contemporánea del conocimiento (Woolgar, 1991).

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 auto-impuestos individualmente, como 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 evaluación colectiva que determinan la novedad, la reproducibilidad y la importancia de su contenido. Aunque un científico normalmente adelanta procesos individuales de autocrítica y auto-evaluación, él o ella (o su grupo) no pueden ser ajenos a las evaluaciones de sus pares, más aún cuando pretenden ganar credibilidad y reconocimiento, o quieren verificar la solidez de sus planteamientos, o aprender nuevas formas de resolver problemas e introducirse en nuevos campos de trabajo<sup>8</sup>. 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 en los medios y las publicaciones científicas que son coordinadas 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

---

<sup>8</sup> Esta literatura 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.

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 relacionadas con la creación, acumulación y difusión de conocimientos certificados es el artículo científico o el “texto-red” como lo denomina M. Callon (2001, p. 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 b 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 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 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. Es así que 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 la información concerniente a los artículos científicos indexados permite adelantar análisis cuantitativos de tipo cuantitativo y cualitativo 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, entonces, estudiar el impacto y posición de la ciencia colombiana a través del análisis de los artículos publicados en los journals indexados 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”<sup>9</sup> 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

---

<sup>9</sup> M. Callon (2001, p. 91)

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.

### **3. La base de datos**

La base de datos se elaboró a partir de la información que se obtuvo en el Institute of Scientific Information (ISI) sobre producción científica indexada. Esta información consiste en un compendio bibliográfico de trabajos publicados en revistas indexadas reconocidas por su alta visibilidad y reputación científica internacional. El lugar en el que se publica esta información se denomina el *ISI Web of Science*<sup>TM</sup>, 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 cienciométrica, el producto *ISI Web of Science*<sup>TM</sup> 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 cienciométrica 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 auto-citas, así como la cuestión de la sobre-representación 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 en que 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*<sup>TM</sup> 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 en que 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 de ISI no permite hacer análisis global de las redes sociales de citas. Este análisis únicamente se lograría observando casos específicos. Inclusive si se tiene un acceso ilimitado en tiempo al *ISI Web of Science*<sup>TM</sup>, 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 de 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:



---

**Áreas Temáticas del ISI Web of Knowledge**

---

Agricultural Sciences  
Biology and Biochemistry  
Chemistry  
Clinical Medicine  
Computer Science  
Economics & Business  
Engineering  
Environment & Ecology  
Geosciences  
Immunology  
Material Sciences  
Mathematics  
Microbiology  
Molecular Biology & Genetics  
Multidisciplinary  
Neuroscience & Behavior  
Psychiatry & Psychology  
Physics  
Plant & Animal Science  
Social Sciences, General  
Space Science

---

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. Así mismo puede que un

autor extranjero haga un estudio de campo en Colombia y publique un artículo en una revista internacional mencionando a la institución extranjera donde él/ella trabaja. En este caso, este 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 darle uniformidad a campos como la ciudad y la institución que aparece 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.

#### **4. 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 los aspectos relacionales de la misma<sup>10</sup>.

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 índices de calidad del mismo. Hay

---

<sup>10</sup> “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 et al. (1995, pp. 41-42)

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-conjuntas<sup>11</sup> 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.

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:

- a. Volumen de la producción científica indexada
- b. Distribución de los artículos y los autores en las diversas áreas temáticas
- c. Visibilidad de la producción literaria indexada hecha en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano.

En cuanto al aspecto relacional de la ciencia, se estudiará una primera propuesta metodológica en torno a:

- a. 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 y/o extranjeros, y la continuidad/discontinuidad que hay en la publicación de artículos en las áreas temáticas de mayor interés para este estudio.

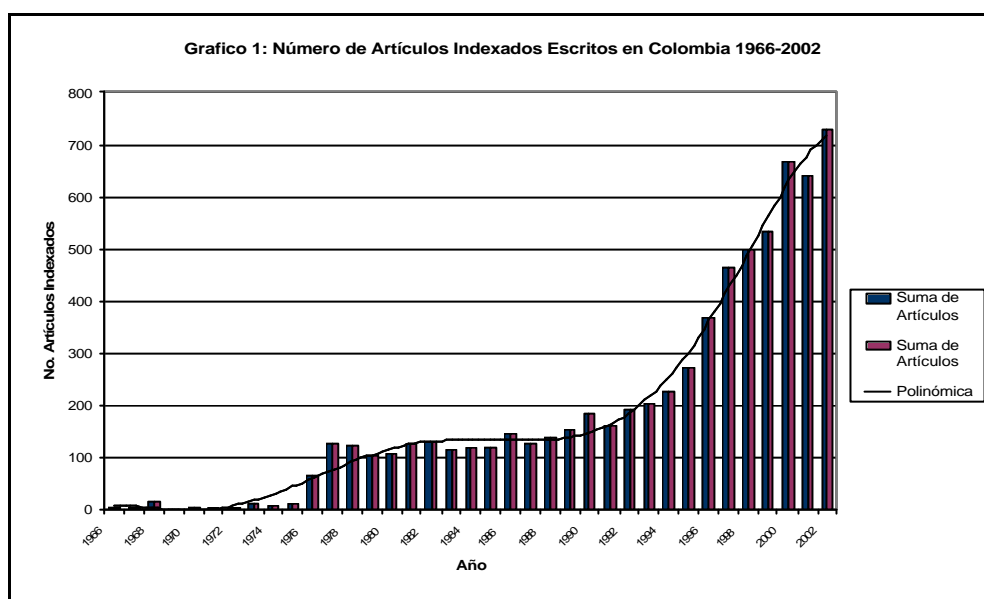
<sup>11</sup> Las citas -conjuntas son aquel conjunto de artículos que aparecen referenciados simultáneamente en otros textos científicos. Por ejemplo, en las publicaciones concernientes a la teoría económica del crecimiento es común encontrar citas simultáneas de Paul Romer (1990) y Robert Lucas (1993). Esta pareja de artículos haría, entonces, una cita conjunta.

## Los resultados<sup>12</sup>

### 1. Características de la actividad científica observada

#### a. Volumen

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



#### Cálculos de los autores con base en datos del ISI<sup>13</sup>

La primera va desde 1966 hasta 1975. Desde la aparición de los seis primeros artículos indexados en Colombia en el año 1966 (ver cuadro 1), hasta los once artículos publicados en 1975, se observa una actividad permanente de producción literaria científica, aunque con niveles muy bajos que no superan los 16 artículos por año.

<sup>12</sup> Los resultados que aquí se presentan se obtuvieron del análisis de 5048 artículos indexados cuyas áreas temáticas ya estaban definidas. Los documentos restantes se analizarán posteriormente, una vez se hayan clasificado en las áreas temáticas correspondientes.

<sup>13</sup> La fuente del gráfico anterior 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

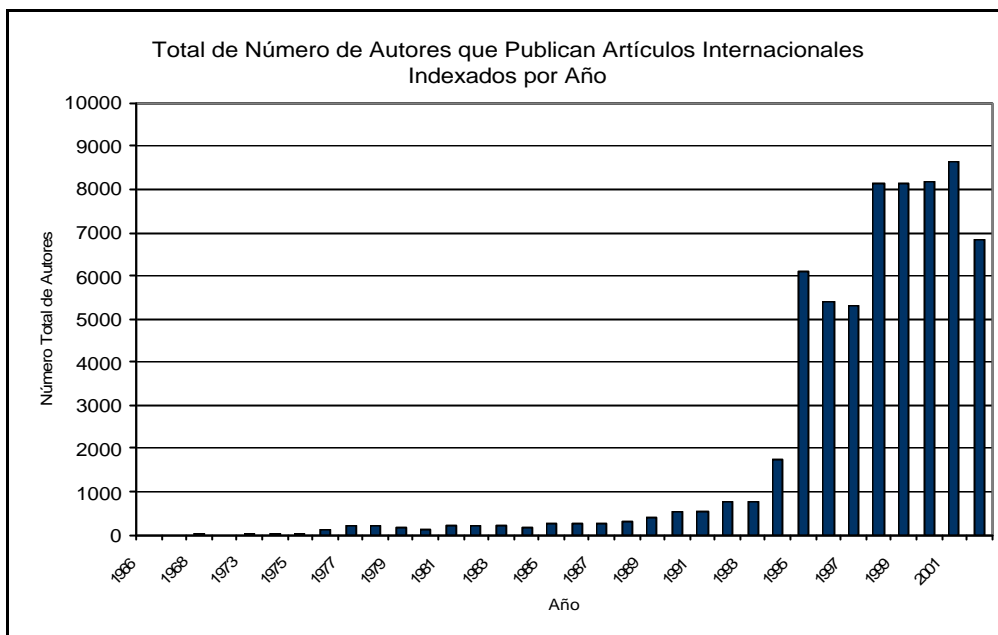
Primeros Artículos Colombianos Referenciados por el <i>Institute of Scientific Information</i> - Año 1966									
Autor	Título del Documento	Título de la Revista	Vol.	No.	Área Temática	Número de Citaciones al Artículo	Institución	Ciudad	Editorial
KRUIDERINK, A	SOME ASPECTS OF THE SPANISH MEDITERRANEAN FISHING INDUSTRY	TIJDSCHRIFT VOOR ECONOMISCHE EN SOCIALE GEOGRAFIE	57	6	Ciencias Sociales, General	0	TECH ASSISTANCE PROGRAM	BOGOTA	BLACKWELL PUBL LTD
BIRD, RM	TAX-SUBSIDY POLICIES FOR REGIONAL DEVELOPMENT	NATIONAL TAX JOURNAL	19	2	Economía y Negocios	3	HARVARD UNIVERSITY, DEV ADVISORY	BOGOTA	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	BOGOTA	BLACKWELL PUBLISHERS
SAMPER, A	ROLE OF AGRICULTURE IN ECONOMIC GROWTH	INTERNATIONAL DEVELOPMENT REVIEW	8	4	Economía y Negocios	0	MINISTERIO DE AGRICULTURA	BOGOTA	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	MEDELLIN	UNESCO

**Cuadro 1**

En este periodo se destaca lo ocurrido en 1968 cuando se produce una cifra record para la época de 16 artículos. Sin embargo en lo siguientes 4 años sólo se publican 2, 6, 4 y 4 artículos, respectivamente. Indudablemente este periodo se caracteriza por tener muy pocos autores con muy pocos artículos, y con un bajo ritmo de publicación.

Cabe recordar, no obstante, que en este primer periodo, a finales de la década de los sesenta y comienzos de los setentas, se llevan a cabo una serie de reformas institucionales importantes 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 postgrados.

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 periodo aumentan significativamente los artículos publicados por año y el número de autores que los elaboran.



#### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

Esta tendencia es estable hasta 1989. En el lapso de tiempo comprendido entre 1976 y 1989, se observa un rango en la publicación de artículos con un límite inferior de 66 en el año de 1976 y un valor máximo de 153 en el 89; 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 80's y comienzos de los 90's, en particular la de COLCIENCIAS y la referida a la conformación de los 11 programas nacionales de ciencia y tecnología, parecen ejercer una fuerte y positiva influencia en la productividad científica de los investigadores y las entidades que actúan dentro de él. A partir de 1992, el número de artículos publicados en todas las áreas no deja de crecer año a año, aunque entre el 2000 y el 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.

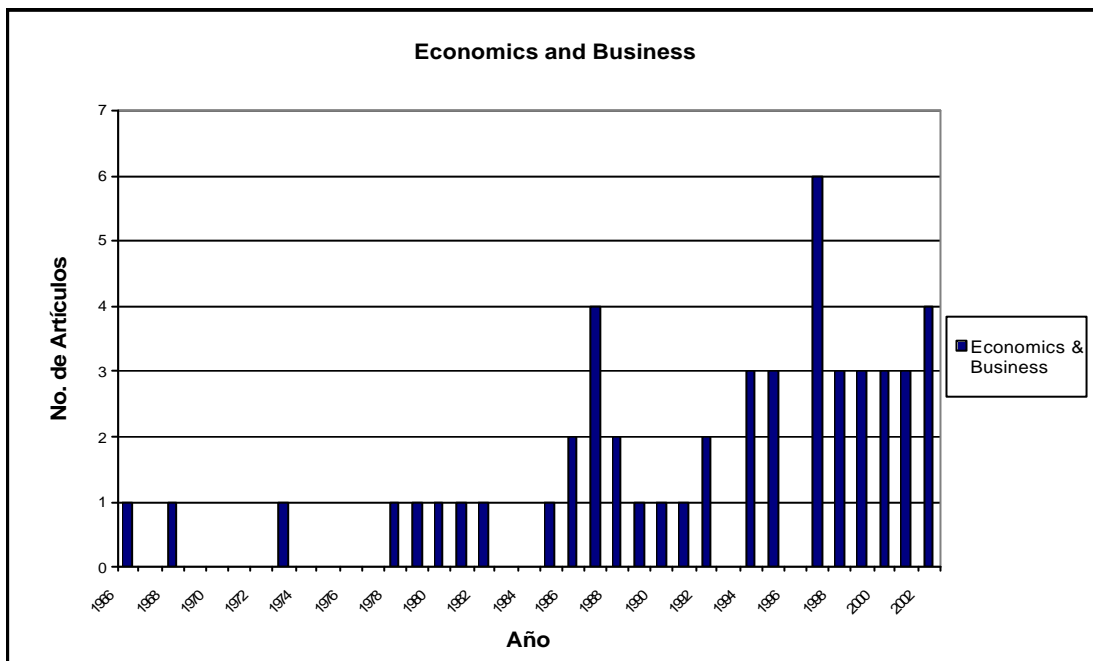
En general, se podría decir que las publicaciones indexadas colombianas no dependen directamente de la financiación de proyectos de los programas de COLCIENCIAS. La financiación de la actividad científica que termina en artículos internacionales puede venir de muchas otras partes: de instituciones públicas o privadas, nacionales o internacionales. Es por esto que 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<sup>14</sup>. Incluso hay periodos en los que se observa una reducción de la financiación pública a la ciencia, pero con 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 que financiación han recibido los autores de los artículos.

Habría que reflexionar, entonces, si en el periodo analizado, la relación casi inversa entre presupuesto de COLCIENCIAS y número de publicaciones internacionales, se causó, o porque la gestión de COLCIENCIAS pudo propiciar, con menos recursos y una más eficiente administración, la generación de más artículos y productos científicos; o 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 y/o privadas, los centros de investigación particulares, las empresas privadas, etc.; o porque hubo una mayor cooperación con la comunidad científica internacional, o simplemente porque los científicos ubicados dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano realizaron un mayor esfuerzo individual, independiente de cualquier esfuerzo institucional, por adquirir mayor visibilidad internacional.

<sup>14</sup> 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 externalidades generadas por la financiación de actividades asociadas con la creación y acumulación de conocimiento.

## b. Distribución

Entre 1966 y 2002 se producen, entonces, un total de 7454 artículos<sup>15</sup>. Las tres áreas que producen más artículos, en términos relativos y de acuerdo con la clasificación de ISI, son ciencias vegetales y animales (18.8% del total publicado en el periodo), 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 periodo analizado. En términos del volumen de publicaciones internacionales, economía y negocios es preocupante: en ningún año se producen más de 6 artículos indexados y hay un bajo promedio simple de 2 a 3 artículos publicados por año.



### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

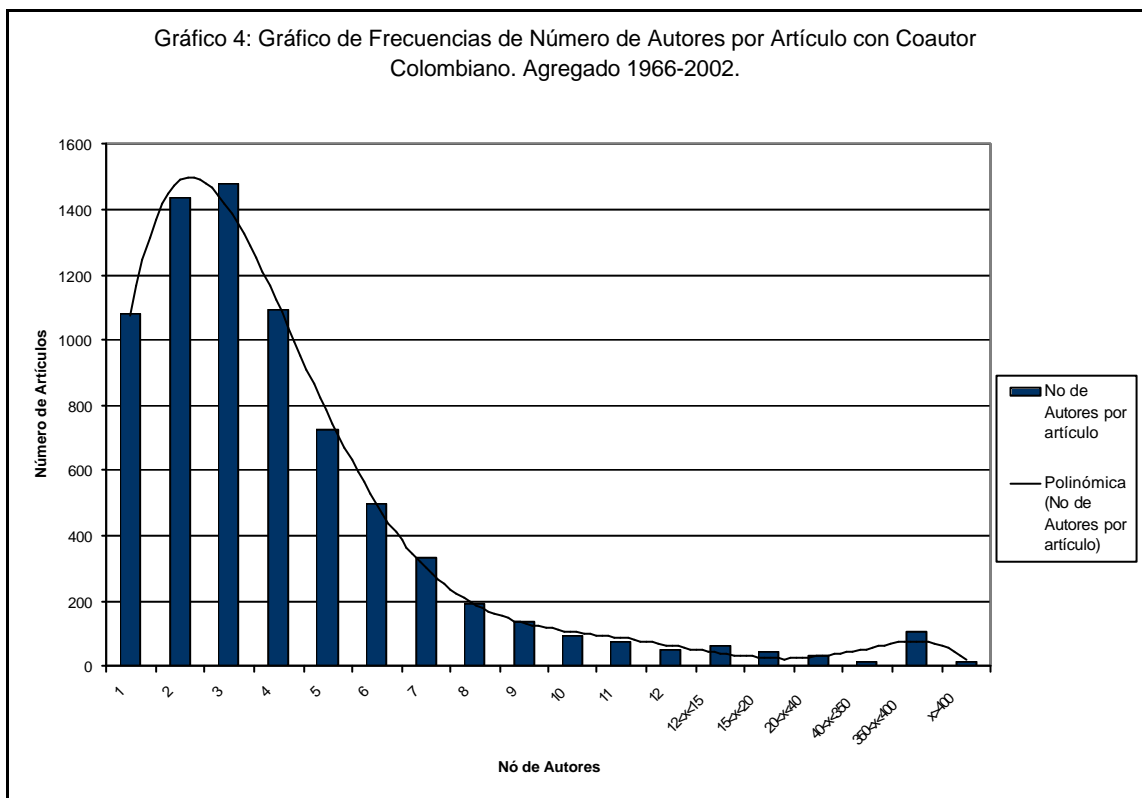
Ahora bien, la posición relativa de estas áreas a lo largo del tiempo no siempre ha sido así. Es más, el peso relativo de las publicaciones asociadas con ciencias vegetales y animales, y medicina clínica se ha venido reduciendo desde 1990. Esto, sin embargo, no debe interpretarse como una menor actividad científica en estos campos. Este tipo de variaciones se dan a términos relativos por lo que es de esperarse que su disminución se deba, más bien,

<sup>15</sup> En este estudio se analiza un grupo representativo de 5048 artículos indexados



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.

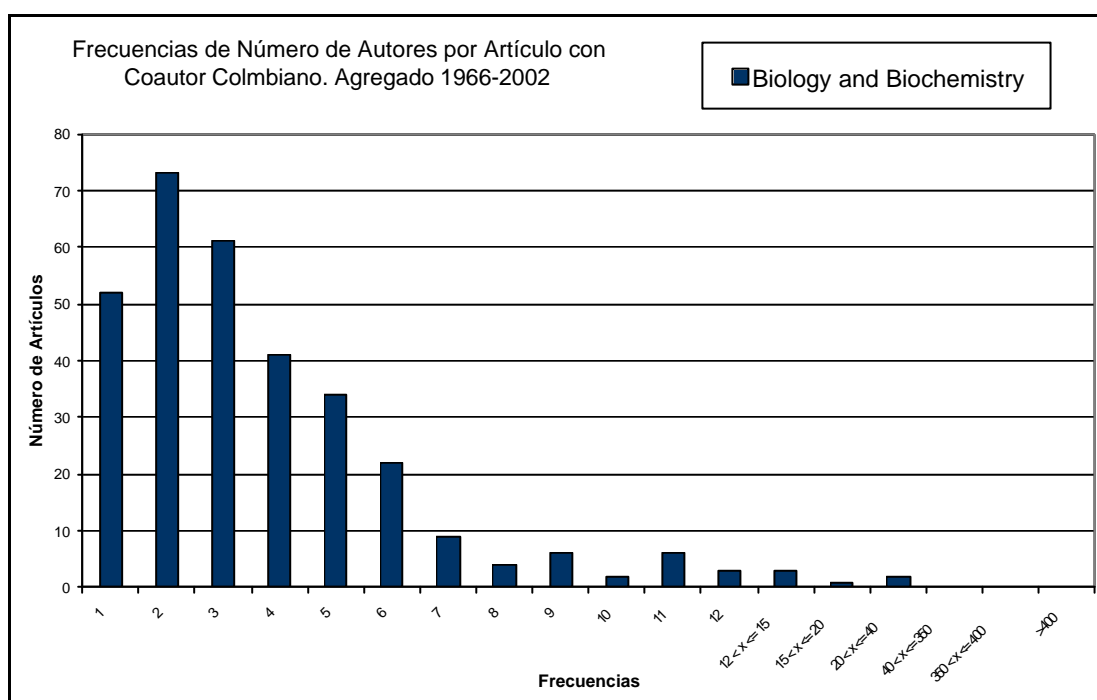


### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

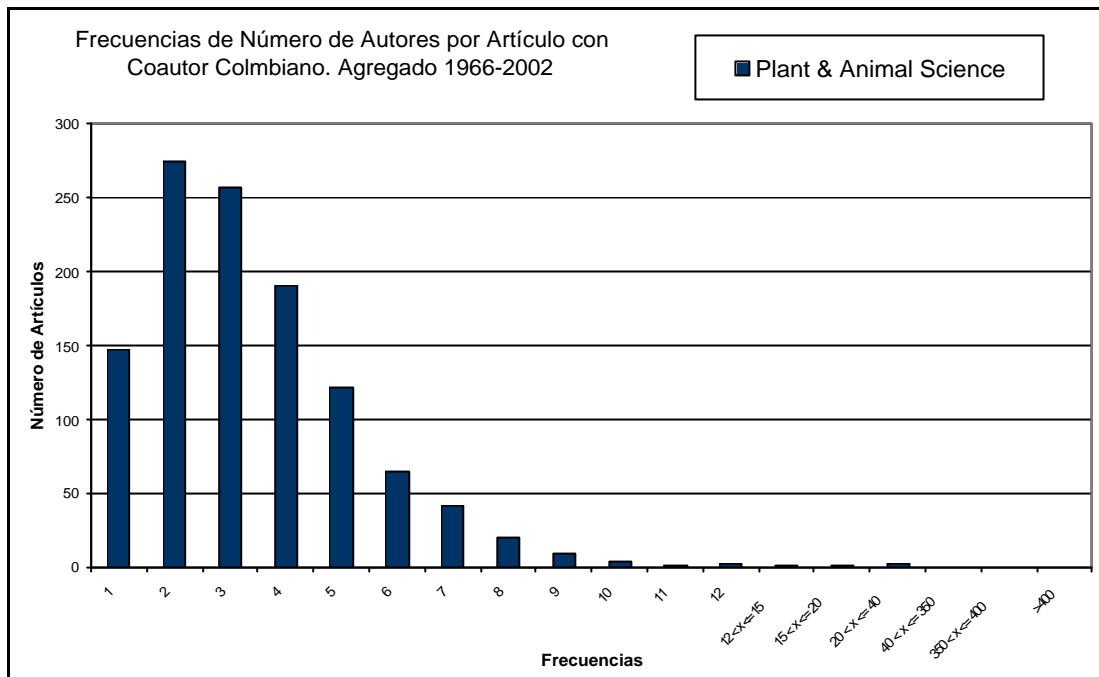
Normalmente, los investigadores que trabajan dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano realizan artículos con dos a tres autores. Sin embargo, existen “casos espectaculares” como Física e Ingeniería en las cuales se encuentra una gran cantidad de documentos que son elaborados por 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 2 a 4 coautores.



**Cálculos de los autores con base en datos del ISI**



**Cálculos de los autores con base en datos del ISI .**

Estas dos áreas son muy similares en distribución: la moda está ubicada en dos autores por artículo y en general, no hay muchos artículos con más de cuatro autores.

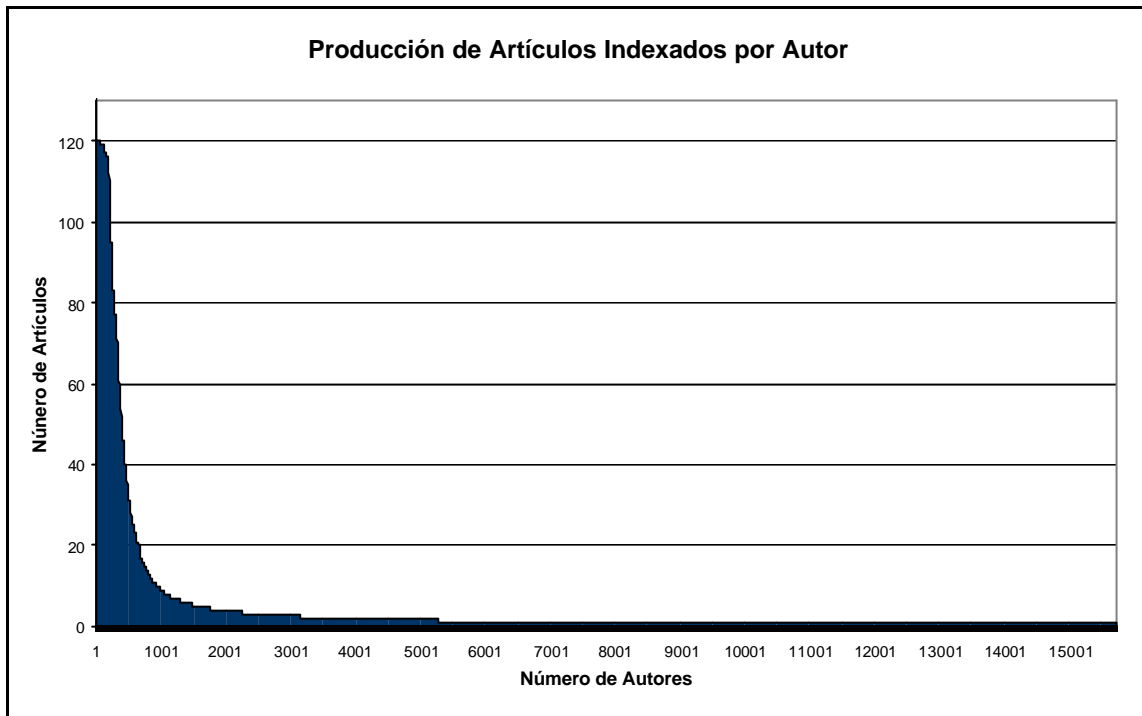
En áreas como Economía, Matemática, Psicología, Ciencias Sociales, Ciencias del Espacio, (ver Anexo 1: Gráficas de Distribución de Frecuencias de Autores), es mucho más frecuente el trabajo individual que el trabajo en grupo.

Las áreas en las que se produce una mayor cantidad de artículos indexados son aquellas 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 solo 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 que es muy productivo que coexiste con una gran mayoría que no

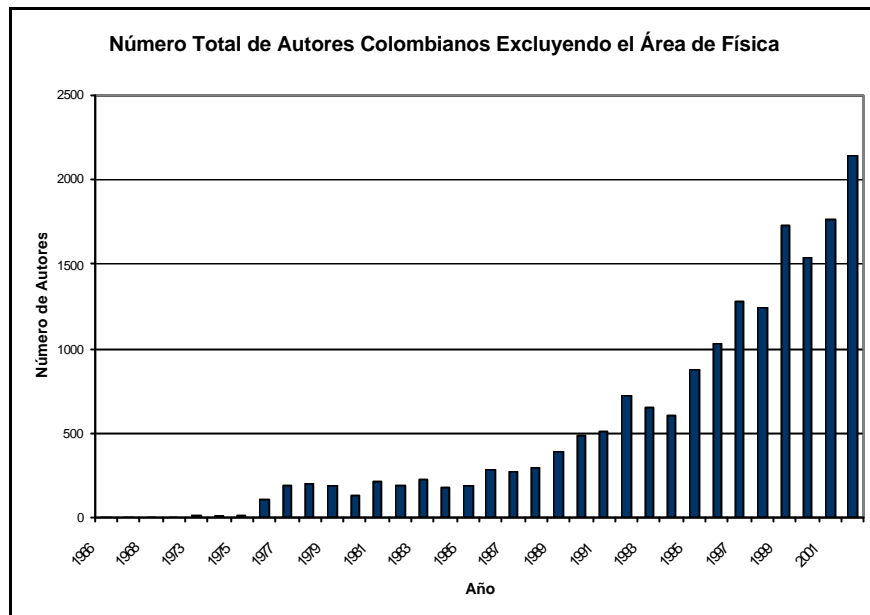
es tan prolífica. En otras palabras, hay unos cuantos autores que escriben un alto número de artículos y publican con cierta frecuencia, mientras que existe un grupo mayoritario de autores que no ha publicado más de dos o tres artículos en toda su actividad científica.



#### **Cálculos de los autores con base 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 15722 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

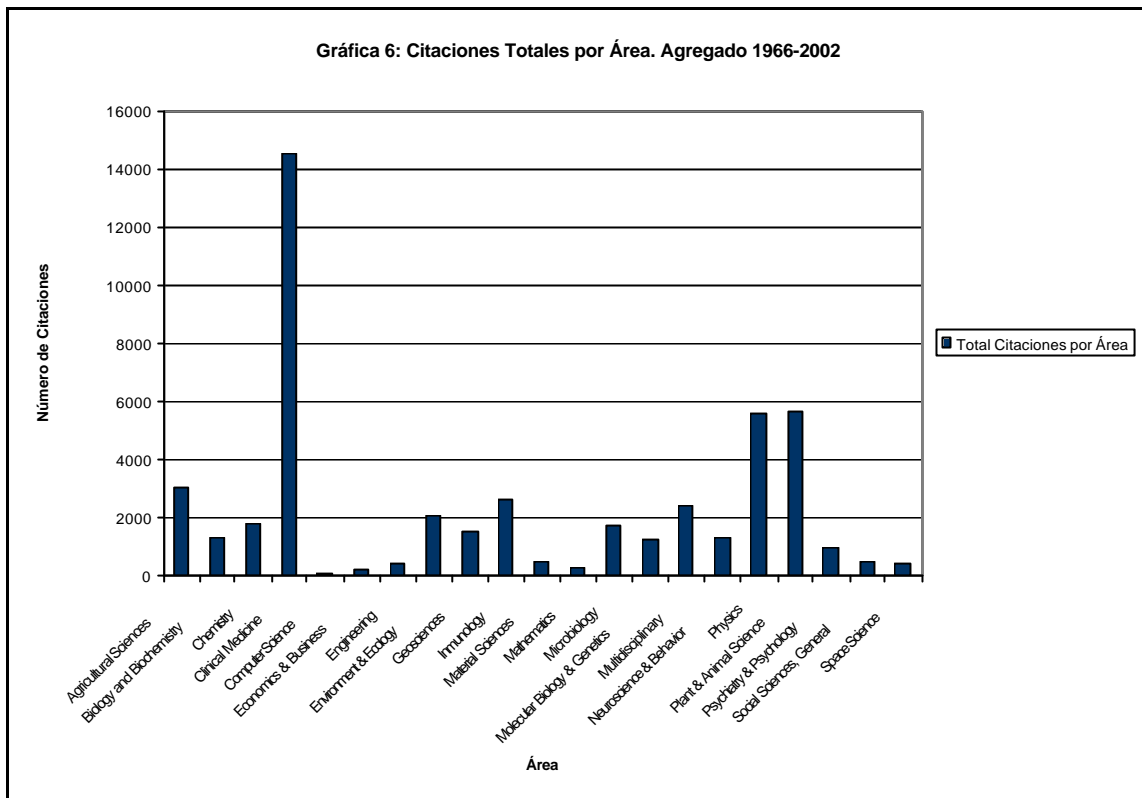


### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

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 escribe relativamente muchos artículos con respecto al bajo 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.

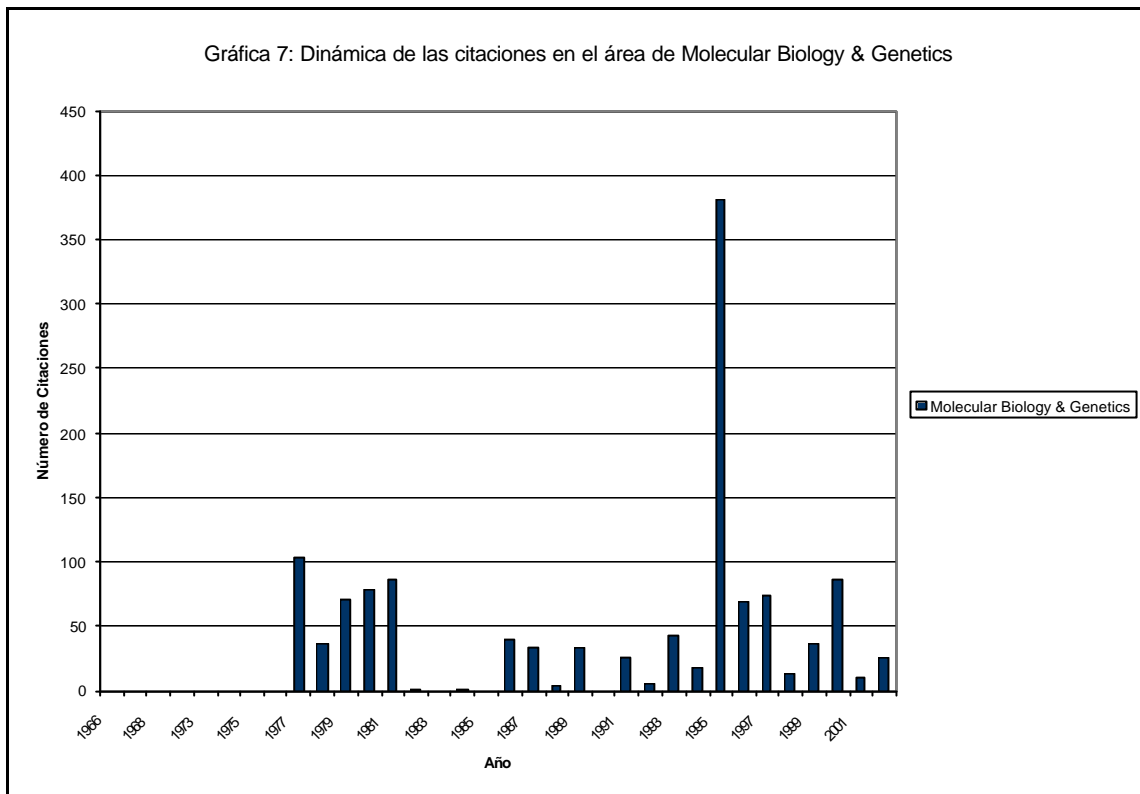
### c. Visibilidad

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.



**Cálculos de los autores con base en datos del ISI**

Dentro del todo el periodo 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 periodos 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 60 o 70 citas por año.



### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

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 el año de 1995, algunos de los artículos publicados hasta ese momento tuvieron un sorprendente valor de 382 citaciones cuando en los años anteriores las publicaciones realizadas en ese campo habían recibido un máximo de 104 de citaciones en 1977, o un valor sorprendente de cero citaciones en 1983 y 1990. Entre 1990 y 1994 aparecieron, entonces, ciertos documentos que causaron un impacto a nivel internacional, que hasta ale momento no se había producido en el área. Una vez más, se observa como la institucionalización del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología a comienzos de los 90's pudo haber influido de manera significativa, y en un muy corto periodo de tiempo, en la productividad de los científicos y 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 de tiempo en que empieza a ser citado.

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 periodos más que en otros. En el año de 1994, por ejemplo, todos los artículos indexados en todas las áreas recibieron un total de 2346 citas. Al siguiente año, este valor casi se duplica con un total de 4624 citas, de las cuales casi la mitad corresponden 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, sin embargo, 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 sobre-representación de los artículos experimentales y metodológicos. Esta clase particular de artículos son, generalmente, muy citados, 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, entonces, diferenciar el valor y el significado de las citas según las áreas temáticas que se estén estudiando.



Por otra parte está la cuestión del periodo 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 (Sanz, 2001): En grado, proximidad y mediación. Bogarte, Everet y Freeman (1999) han sugerido que el grado representa el nivel de la actividad comunicativa (la capacidad de comunicarse directamente con otros); la proximidad se refiere a la independencia (la capacidad de llegar a muchos otros sin apoyarse en intermediarios); y la mediación que indica o representa el control de la comunicación de los demás, y su capacidad de restringirla.

## **5. Coautorías de los Artículos Internacionales Indexados de Colombia**

Las coautorías internacionales pueden considerarse 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, p. 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 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 Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano con el resto del mundo y su nivel de participación en la creación de nuevo conocimiento.

La base de datos del *Institute of Scientific Information* 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 periodo 1966-2002.

### **El promedio de número de Autores**

Desde 1995, la gran mayoría de los artículos producido 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 aumento dramático 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 '90.

Este proceso se acompaña de un aumento en el número de coautorías internacionales. En la siguiente tabla se ve el aumento dramático en el promedio de coautores a artículos indexados de colombianos desde 1994:

<b>Año de Publicación</b>	<b>Promedio de Autores</b>	<b>Promedio Móvil Año Anterior y Posterior</b>
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

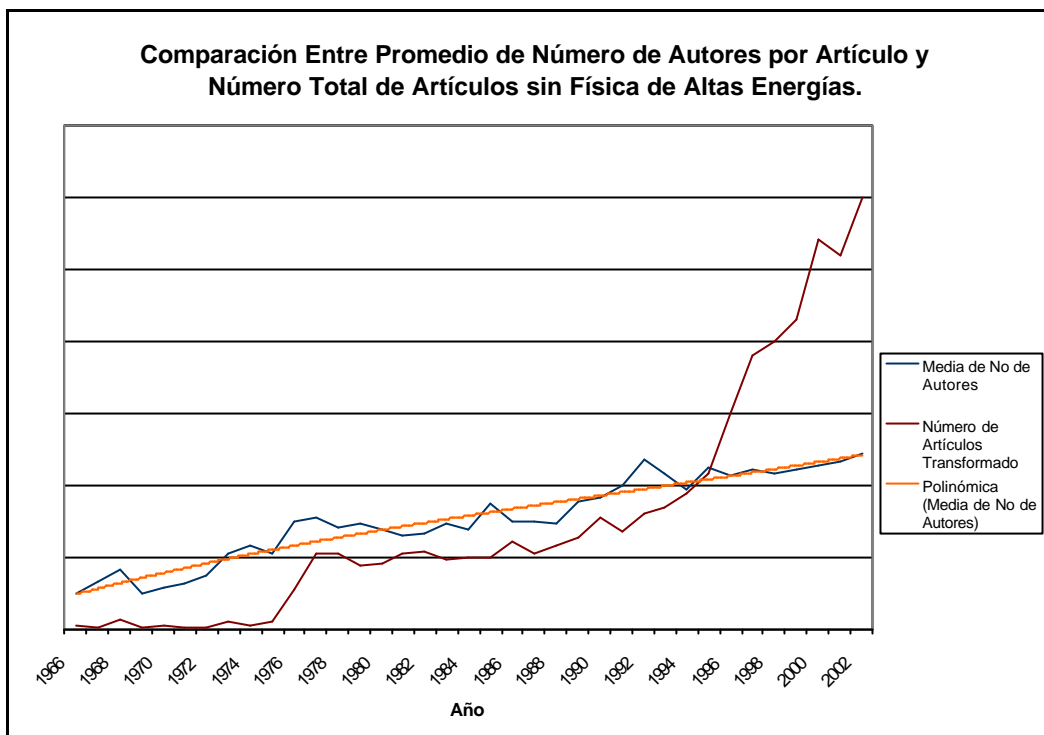
2002	10,75
<b>Promedio</b>	10,12
<b>Total</b>	

Tabla: Promedio de Autores por Artículo – Colombia 1966-2002. Fuente: Cálculos de los autores con base en datos del Institute of Scientific Information.

En esta tabla 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 a 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 sólo 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 siguiente gráfico en dónde se compara el número de artículos colombianos con el promedio de coautores<sup>16</sup>:

---

<sup>16</sup> Para poder comparar estas dos cifras es necesario hacer un análisis a escala. En la gráfica, el número de artículos se dividió por 30.



#### Cálculos de los autores con base en datos del ISI

Se observa, entonces, 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 de autores y artículos no puede ser permanente. Es necesario formar recursos humanos adicionales que participen en el desarrollo y acumulación de nuevo conocimiento, así como hay que esperar a que se materialicen y se certifiquen los resultados de otras investigaciones que están en curso o que apenas comienzan.

Hasta ahora solo 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, sin embargo, 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. Se midió en detalle la relación entre el número de citas de los artículos y el número de autores respectivos (para cada disciplina). De acuerdo con los resultados obtenidos, la visibilidad de los artículos no depende del número de autores del mismo.

<b>Área de la Ciencia</b>	<b>Correlación entre Citaciones y No. Autores</b>
Agricultural Sciences	0,01113
Biology and Biochemistry	0,01795
Chemistry	0,08380
Clinical Medicine	0,28388
Computer Science	-0,06711
Economics & Business	0,30572
Engineering	-0,01506
Environment & Ecology	-0,03026
Geosciences	0,13135
Inmunology	0,02684
Material Sciences	-0,05452
Mathematics	0,03218
Microbiology	0,19998
Molecular Biology & Genetics	-0,00930
Multidisciplinary	0,35709
Neuroscience & Behavior	0,12135
Pharmacology & Toxicology	0,21100
Physics	0,08886
Plant & Animal Science	0,09228
Psychiatry & Psychology	0,18909
Social Sciences, General	0,25282
Space Science	-0,27651

**Cálculos de los autores con base en datos del ISI**

### **La participación de Otros Países del Mundo en Artículos de Colombianos**

Otro aspecto importante 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, solo se cuenta la intervención del país una sola vez. De esta manera, la unidad de medida es el artículo o *paper*, no el autor.

La siguiente tabla 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 de *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.

<i>País</i>	<i>Porcent. Apariciones</i>	<i>País</i>	<i>Porcent. Apariciones</i>	<i>País</i>	<i>Porcent. Apariciones</i>
COLOMBIA <sup>17</sup>	99,074%	PORTUGAL	0,255%	NICARAGUA	0,040%
USA	26,120%	BOLIVIA	0,228%	NORTH IRELAND	0,040%
SPAIN	6,788%	NEW ZEALAND	0,228%	TAIWAN	0,040%
BRAZIL	6,507%	FINLAND	0,201%	ZAIRE	0,040%
MEXICO	5,675%	UKRAINE	0,201%	BENIN	0,027%
FRANCE	5,635%	WALES	0,174%	BOTSWANA	0,027%
ENGLAND	4,964%	GUATEMALA	0,148%	FIJI	0,027%
ARGENTINA	3,314%	JAMAICA	0,121%	GADELOUPE	0,027%
GERMANY	3,112%	SINGAPORE	0,121%	KUWAIT	0,027%
RUSSIA	2,388%	SUDAN	0,121%	MALAGASY REP.	0,027%
INDIA	2,120%	TURKEY	0,121%	MONGOL PEO REP	0,027%
CANADA	2,053%	EGYPT	0,107%	MOROCCO	0,027%
SOUTH KOREA	1,918%	GREECE	0,107%	NEPAL	0,027%
NETHERLANDS	1,905%	MALAYSIA	0,107%	OMAN	0,027%
ITALY	1,771%	SLOVENIA	0,107%	PAPUA N GUINEA	0,027%
SWITZERLAND	1,731%	TANZANIA	0,107%	RWANDA	0,027%
VENEZUELA	1,704%	ZIMBABWE	0,107%	TUNISIA	0,027%
CHILE	1,637%	HONDURAS	0,094%	ARMENIA	0,013%
POLAND	1,395%	HONG KONG	0,094%	BAHAMAS	0,013%
JAPAN	1,342%	ICELAND	0,094%	BARBADOS	0,013%
PEOPLES R CHINA	1,154%	UGANDA	0,094%	BERMUDA	0,013%
ECUADOR	1,087%	YUGOSLAVIA	0,094%	BRUNEI	0,013%
SWEDEN	1,046%	CAMEROON	0,080%	BURUNDI	0,013%
AUSTRALIA	1,033%	PAKISTAN	0,080%	CROATIA	0,013%
SCOTLAND	1,033%	ZAMBIA	0,080%	CYPRUS	0,013%
BELGIUM	0,899%	BANGLADESH	0,067%	CZECHOSLOVAKIA	0,013%
PERU	0,872%	GHANA	0,067%	FR POLYNESIA	0,013%
COSTA RICA	0,792%	IRELAND	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%
CZECH REPUBLIC	0,604%	W IND ASSOC ST	0,067%	JORDAN	0,013%
FED REP GER	0,577%	ALGERIA	0,054%	LATVIA	0,013%
THAILAND	0,456%	EL SALVADOR	0,054%	LIBERIA	0,013%
PHILIPPINES	0,429%	SENEGAL	0,054%	LITHUANIA	0,013%
NIGERIA	0,402%	SENEGAMBIA	0,054%	MACEDONIA	0,013%
SOUTH AFRICA	0,402%	TRIN&TOBAGO	0,054%	MAURITIUS	0,013%
KENYA	0,389%	VIETNAM	0,054%	NEW CALEDONIA	0,013%
PANAMA	0,362%	BULGARIA	0,040%	REP OF GEORGIA	0,013%
URUGUAY	0,349%	BURKINA FASO	0,040%	SAUDI ARABIA	0,013%
AUSTRIA	0,322%	DOMINICAN REP	0,040%	SLOVAKIA	0,013%
DENMARK	0,309%	ETHIOPIA	0,040%	SWAZILAND	0,013%
HUNGARY	0,282%	MALAWI	0,040%	UPPER VOLTA	0,013%
NORWAY	0,268%	MALI	0,040%	USSR	0,013%
INDONESIA	0,255%	NETH ANTILLES	0,040%	Total general	100,000%

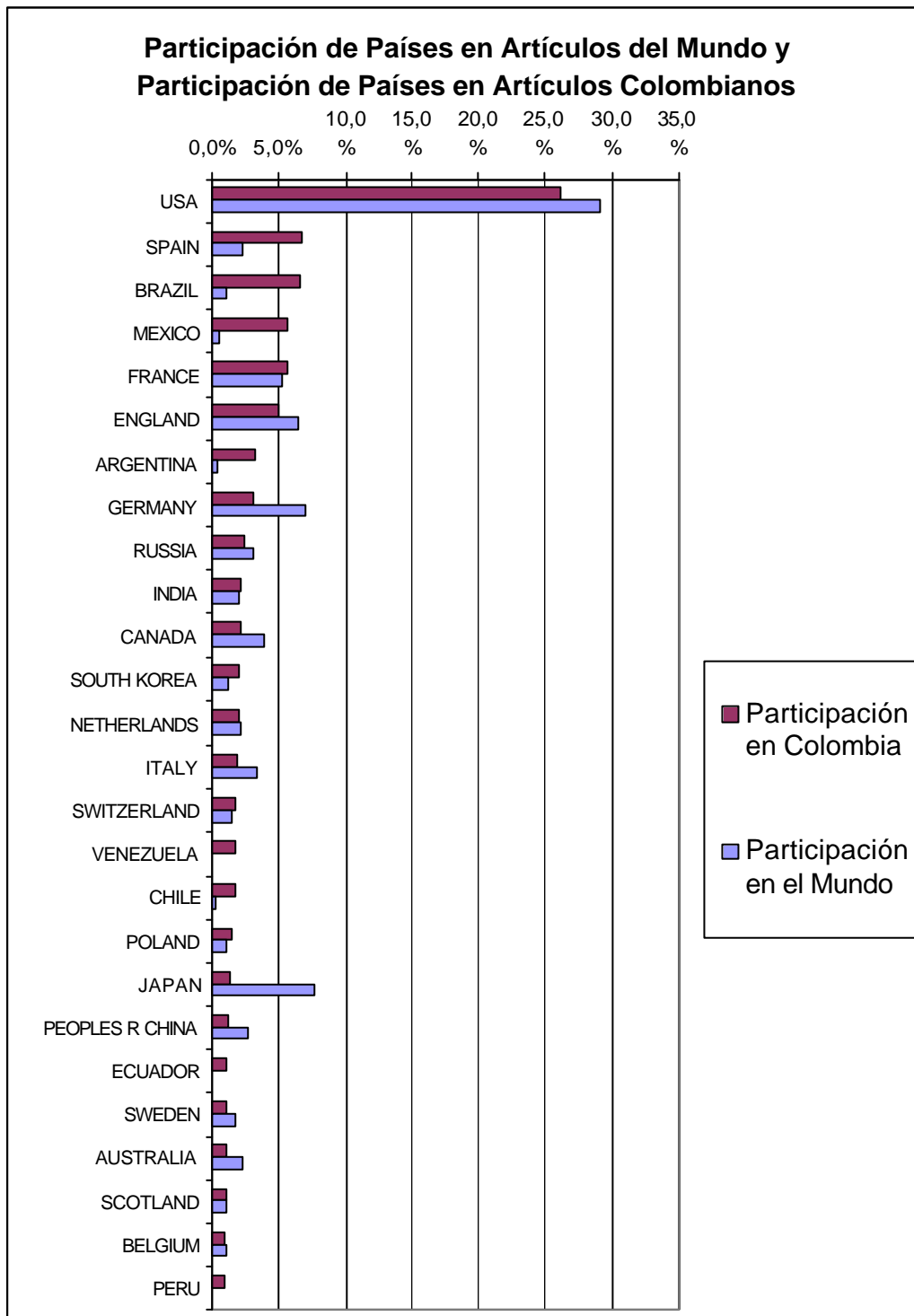
<sup>17</sup> Llama la atención que Colombia no está en el 100% de los artículos. Esto se da por errores en la información consignada en ISI y/o porque existen direcciones con la palabra Colombia que no pertenecen a nuestro país (Existe una calle Colombia en Israel). Estas dificultades se fueron corrigiendo a medida que se depuraba y organizaba la base de datos. En realidad Colombia no tiene 7454 artículos indexados sino exactamente 66 menos, lo que da 7388. 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”.



Esta afinidad se evidencia mejor en el siguiente gráfico donde se compara la participación de los países en el total de la producción mundial de artículos indexados frente a la producción de artículos Colombianos. Esta gráfica 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 juegan 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. En estos casos su participación es más alta que la del resto del mundo. En dos de estos casos esta 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 (USA, 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 Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología 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.

### **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 y el impacto internacional de actividad científica nacional, y los métodos posibles y deseables de medir esa actividad científica.

Con respecto al primer tema, la principal conclusión que podría adelantarse 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 Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología a finales de la década de los ochentas y comienzos de los noventas, 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.

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 en 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 realizan 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 han venido fortaleciendo una serie de colaboraciones científicas internacionales con coautores y grupos iberoamericanos que podría sugerir el afianzamiento de una comunidad científica iberoamericana. Aunque con los demás países no parece existir igual grado de cooperación científica, es claro que el sistema nacional de Ciencia y Tecnología 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 Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología colombiano.

1. Por una parte el estudio cuantitativo no se reduce al conteo y la observación de los artículos indexados. Hay 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 Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología 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 lado, hay que 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.

2. 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 como, por ejemplo, la física, la economía o la medicina clínica.
3. Es necesario distinguir, también, la naturaleza especial de actividades científicas en cada una 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 evaluando su impacto en ámbitos sociales, productivos, académicos, científicos, políticos, etc. En otras palabras, es conveniente abordar y resolver el problema de la demarcación de las actividades científicas y no-científicas; hay que discriminar y valorar con criterios particulares, los tipos de investigación que adelantan los grupos y los agentes científicos. Hay que 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.
4. Es importante aclarar lo de las áreas temáticas y la respectiva clasificación de los artículos y las publicaciones dentro de ellas. En ISI, las áreas temáticas son definidas según los journals registrados 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 se publican en journals exclusivos de esa área o no son citados en publicaciones 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, abstracts, nombres de instituciones, etc.), superando las limitaciones propias de una Proxy como el journal.

5. 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, etc. 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.
6. El análisis del impacto y la visibilidad internacional de la ciencia desarrollada dentro de Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología 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.

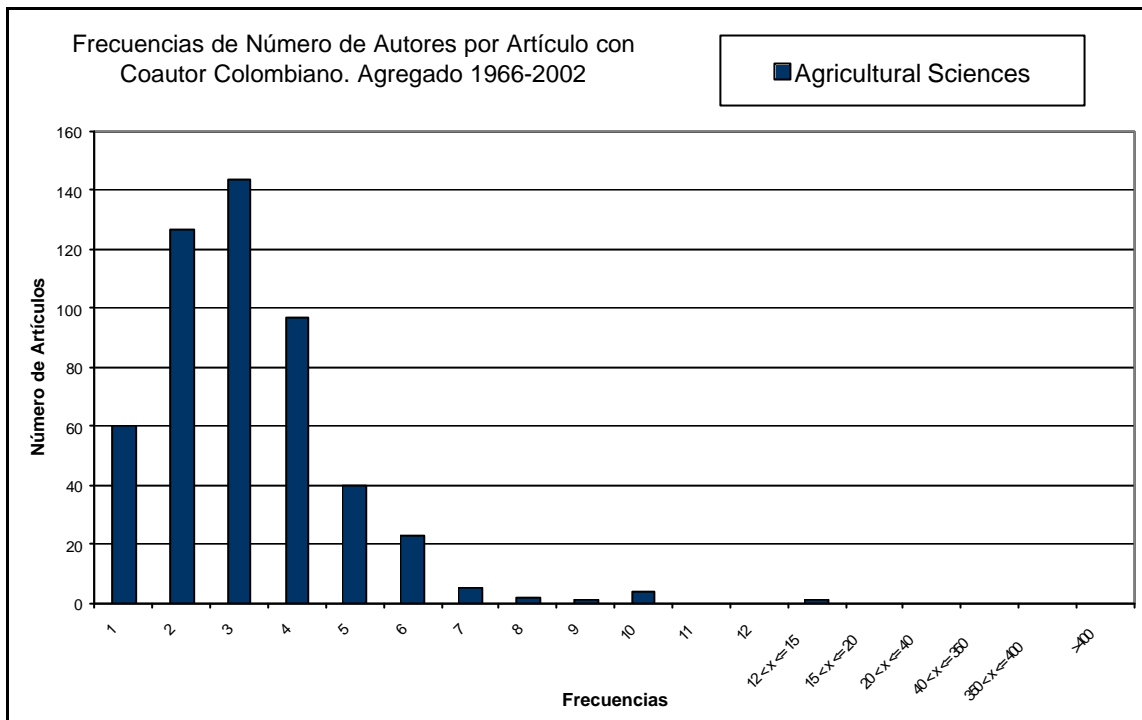
## Bibliografía

- 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.
- Callon, Michel; Courtial, Jean Pierre y Penan, Hervé (1995) Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría la vigilancia tecnológica. Ediciones TREA S.L.
- Callon, Michel (2001) Redes tecno-económicas e irreversibilidad, en REDES 17, col. 8, Buenos Aires. Junio (pp. 85-125)
- David, Paul (1997) Communication norms and the collective performance of “invisible colleges” (august version, Forthcoming in Creation and Transfer of knowledge: Institutions and incentives Navaretti, G. B. et al; Physica-Verlag series contributions to economics
- Latour, B. y Woolgar, S. (1986) Laboratory life: the construction of scientific facts. Princenton. Princenton University Press.
- Leydesdorff, Loet. (2003) The Mutual Information of University-Industry-Government Relations: An Indicator of the Triple Helix Dynamics. University of Amsterdam Netherlands.
- Lucas, R. (1988) “On the mechanics of economic development”, en Journal of monetary economics 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) Quinta Revisión, Enero, 2002. 27 pgs.  
URL:<http://les1.man.ac.uk/cric/J Stan Metcalfe/pdfs/limits.pdf>.
- National Science Foundation. (2000) Science and Technology Policy: Past and Prologue. National Science Foundation.
- Romer, Paul(1990) Endogenous technological change, en Journal of Political Economy 98 (pp. 71-102)
- Sanz Menéndez, Luís (2001) 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) Documento 01-09. Noviembre.
- Woolgar, S (1991) Ciencia: Abriendo la caja negra. Anthropos. Barcelona

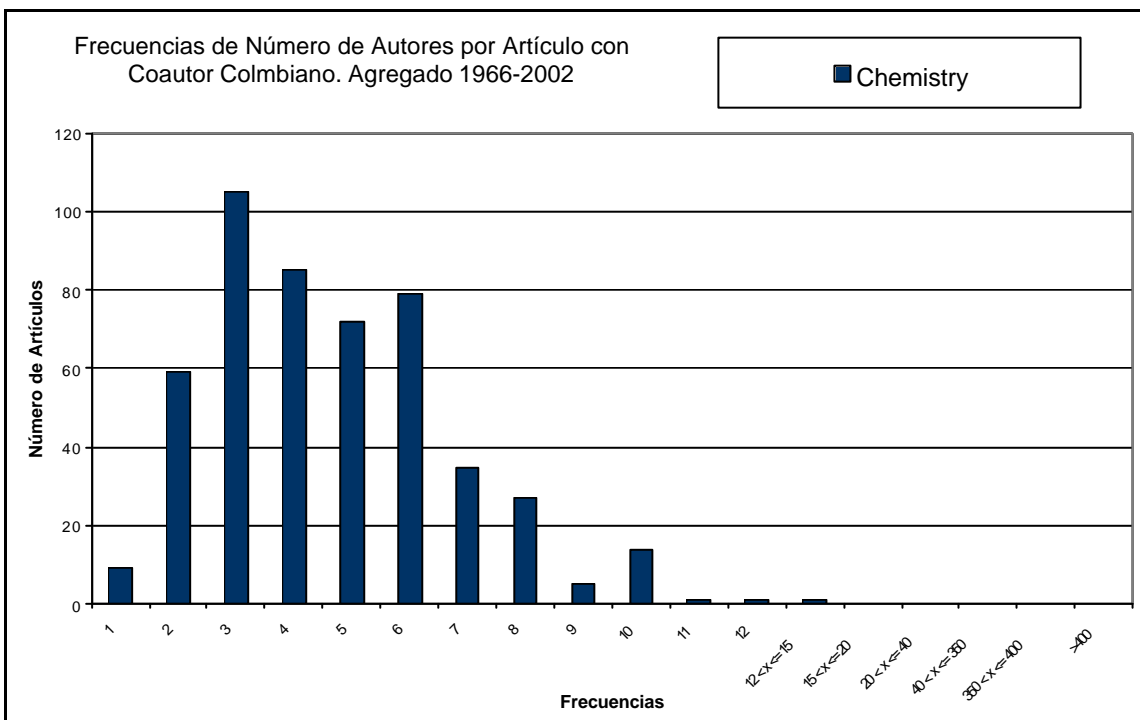
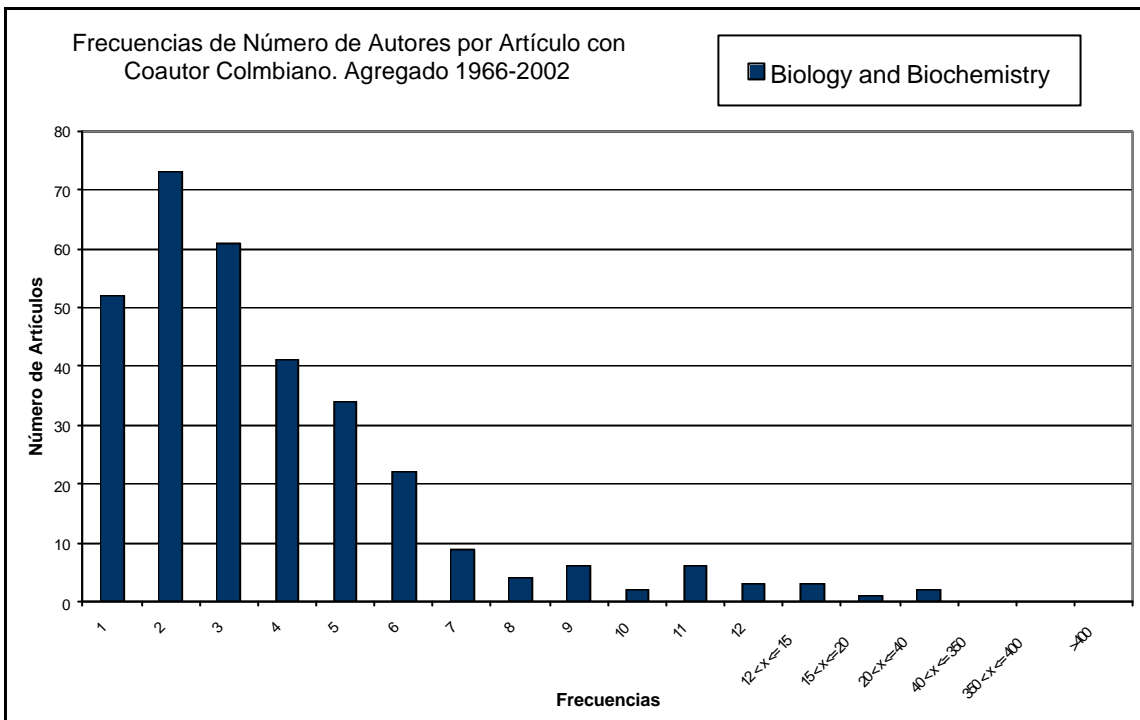
**Anexos.**

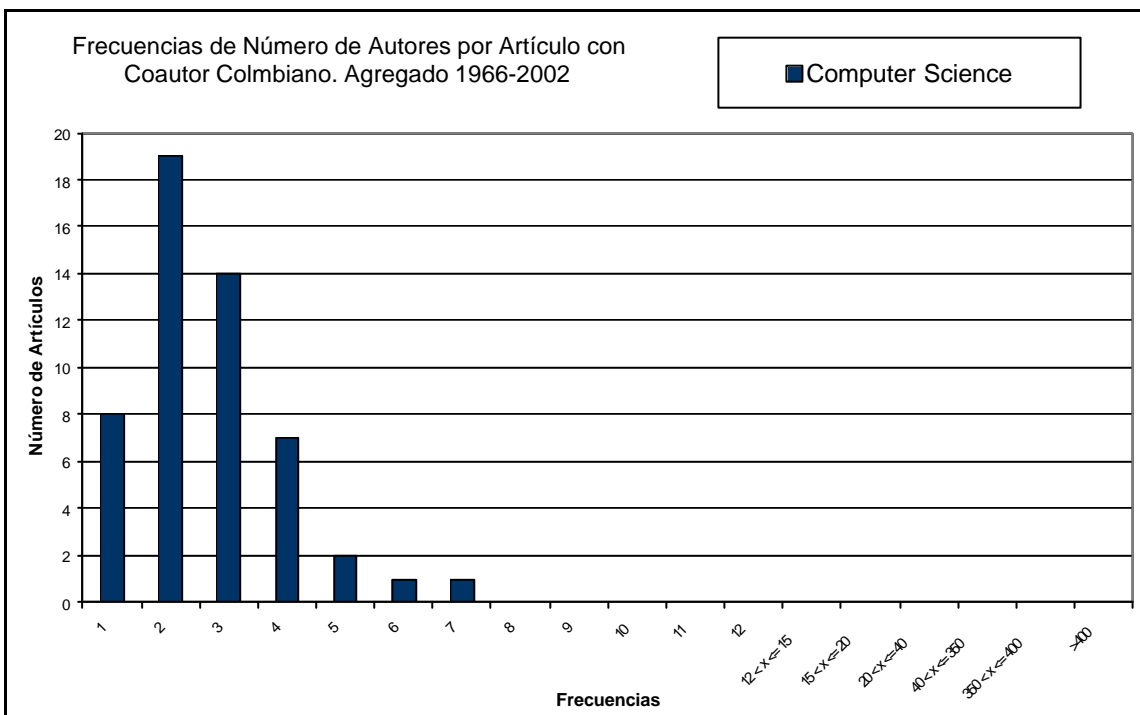
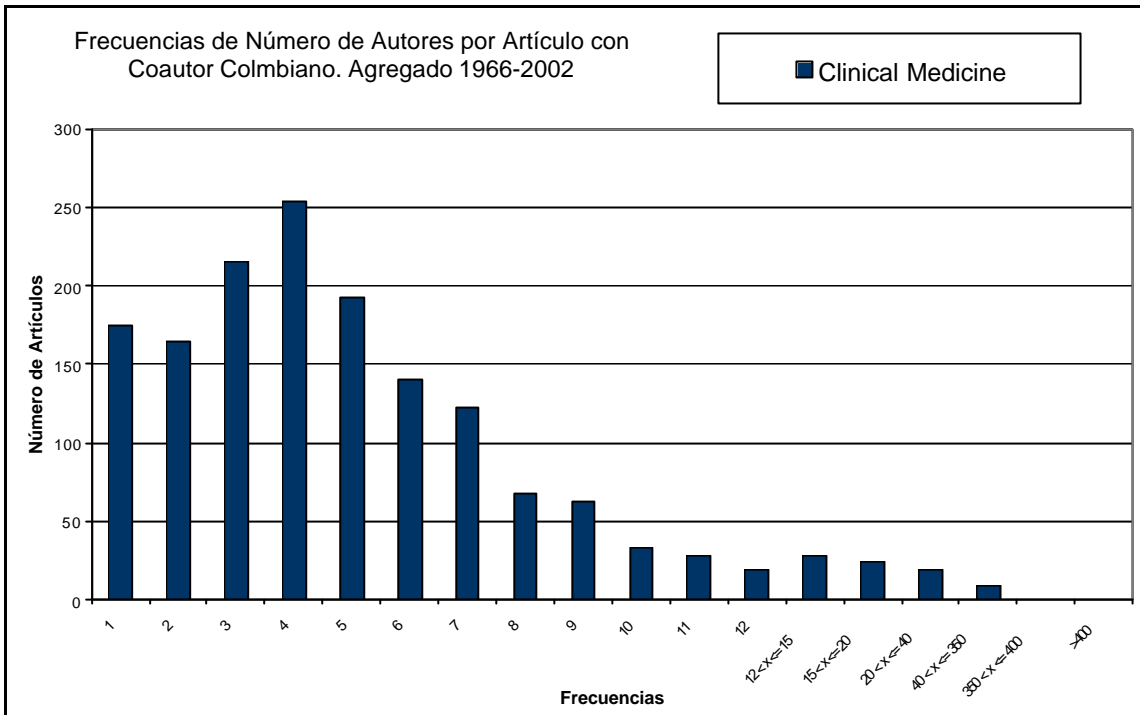
**Los siguientes cuadros fueron elaborados en su totalidad por los autores del presente artículo. Los cálculos correspondientes se realizaron con base en datos del ISI**

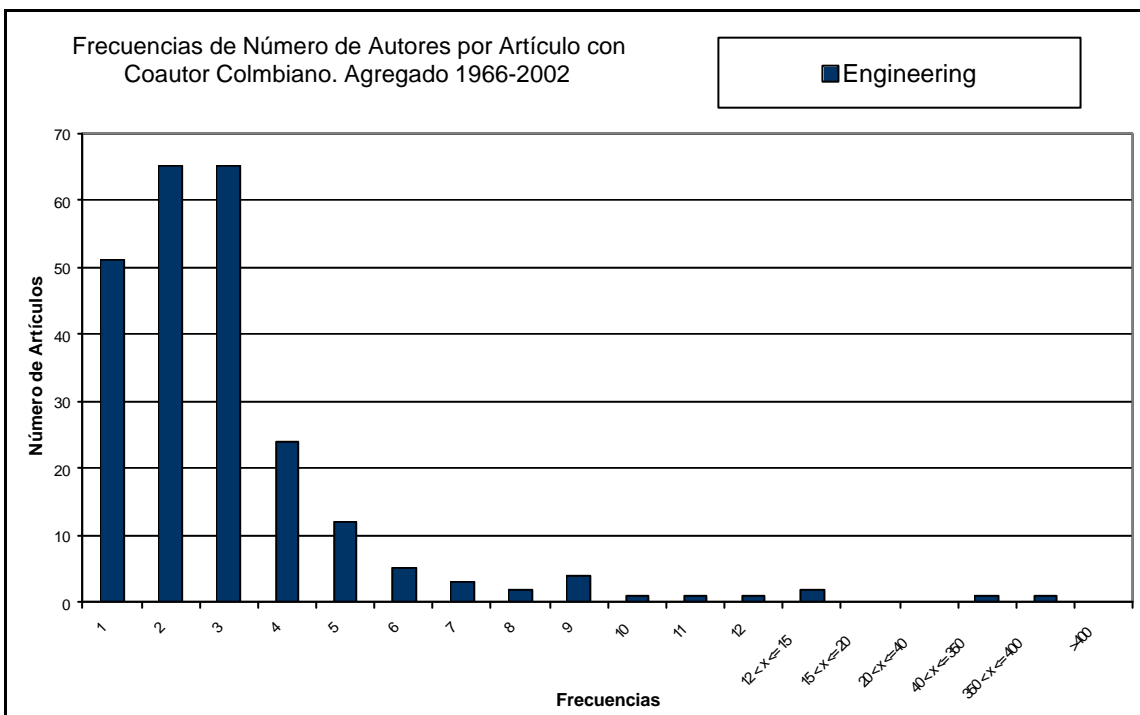
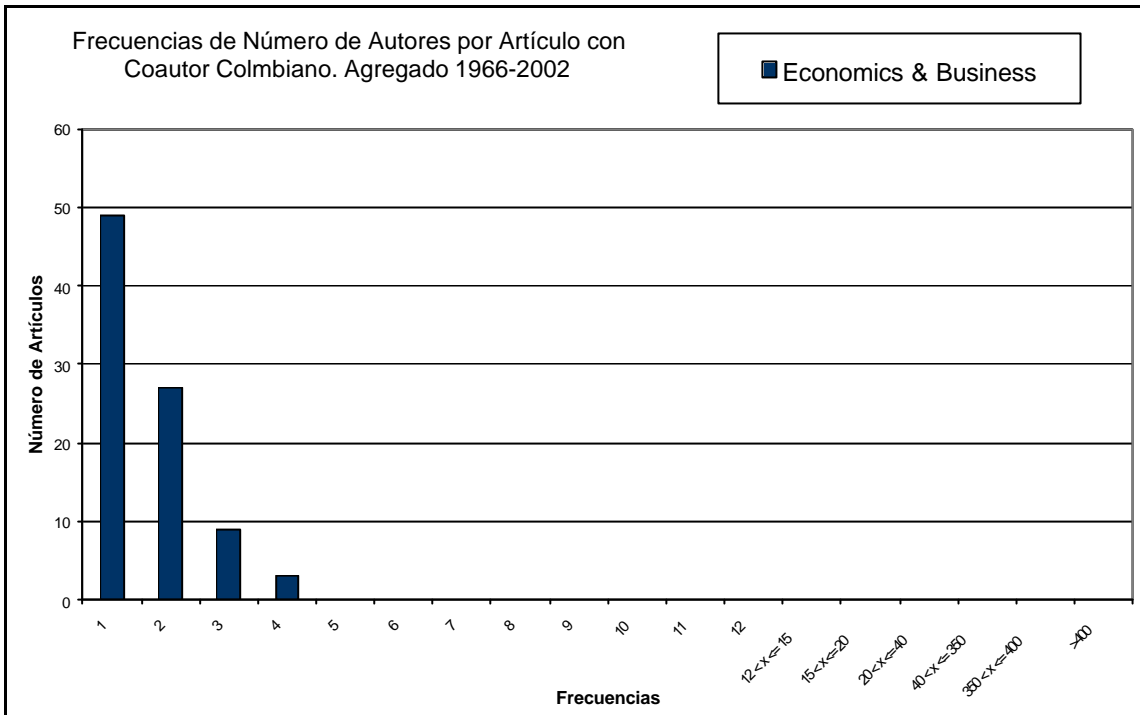
**Anexo 1 – Gráficas de Distribución de Frecuencias de Autores.**

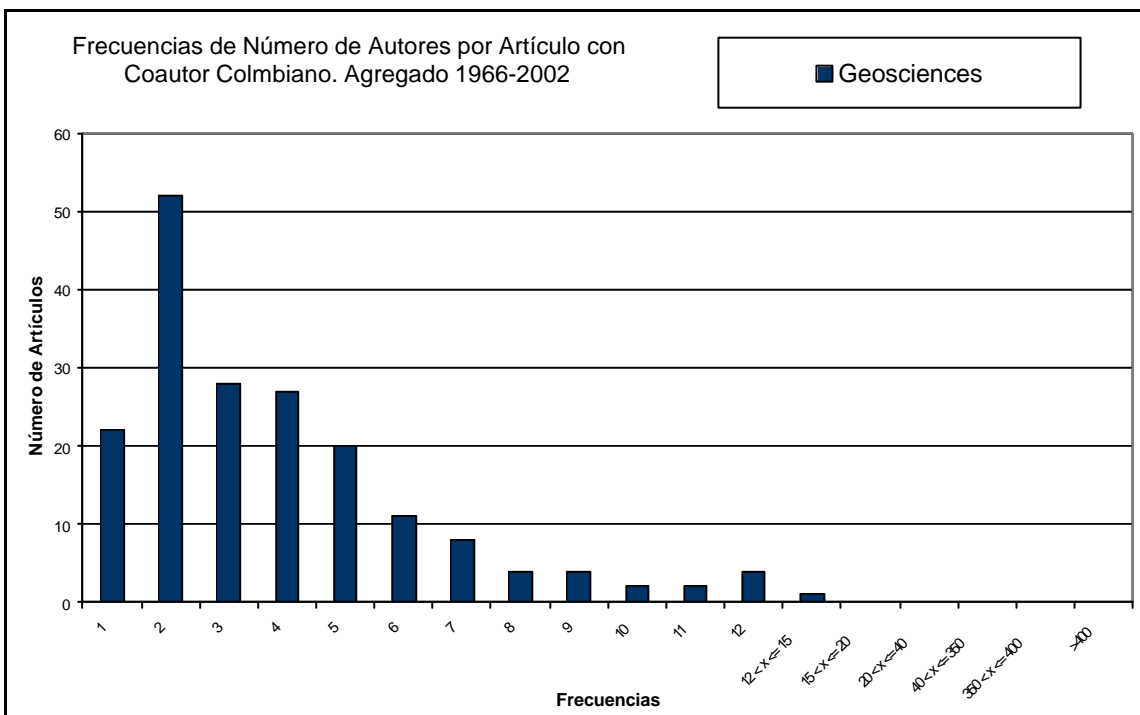
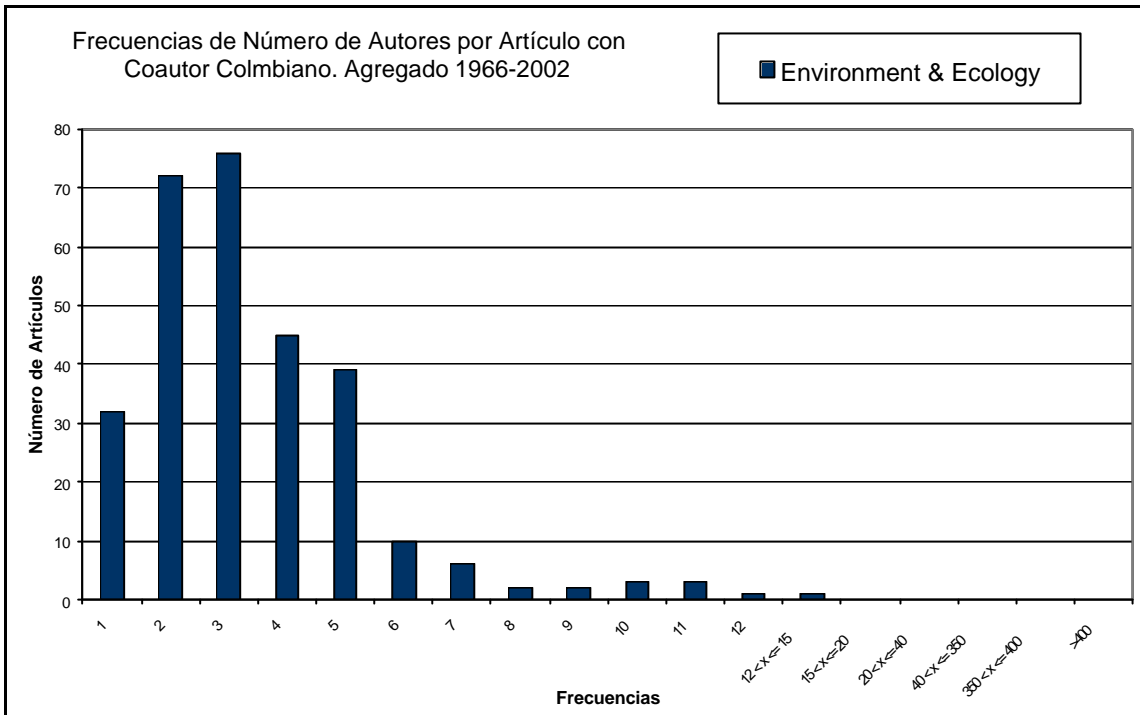


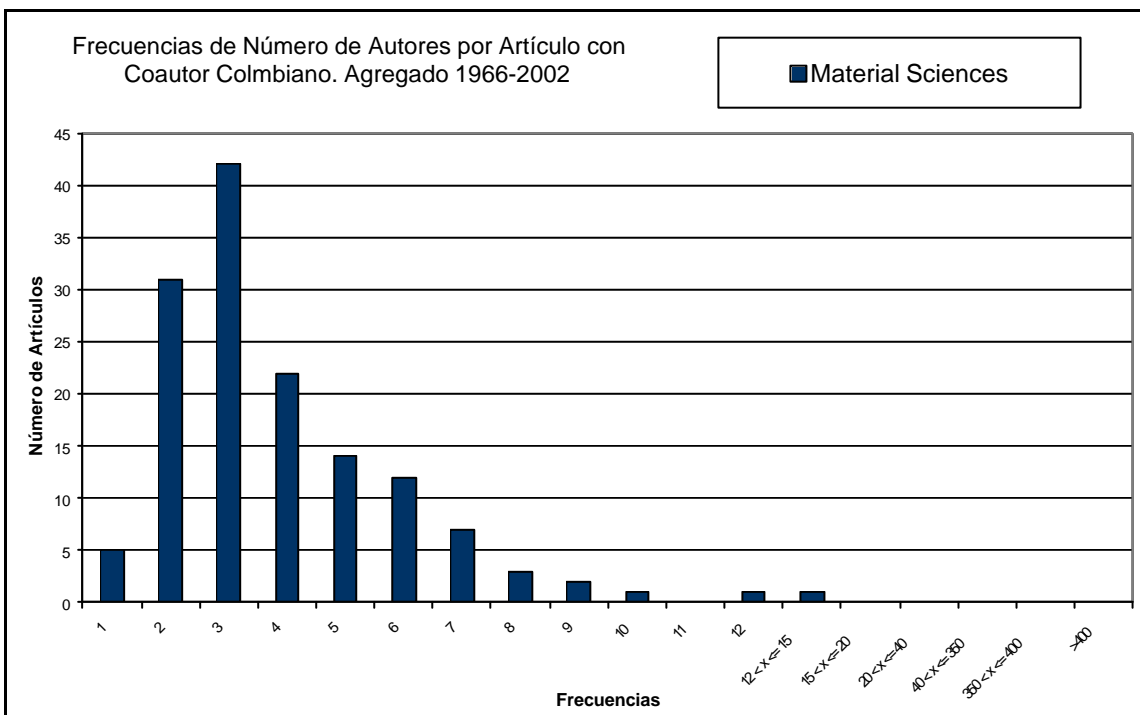
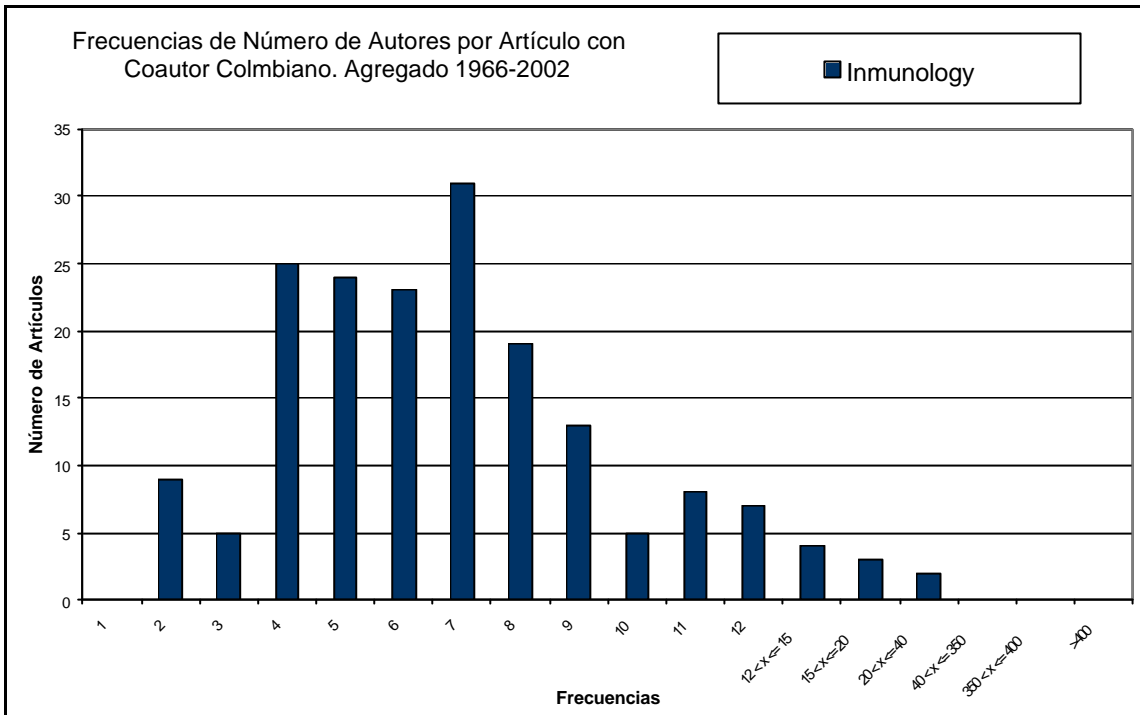


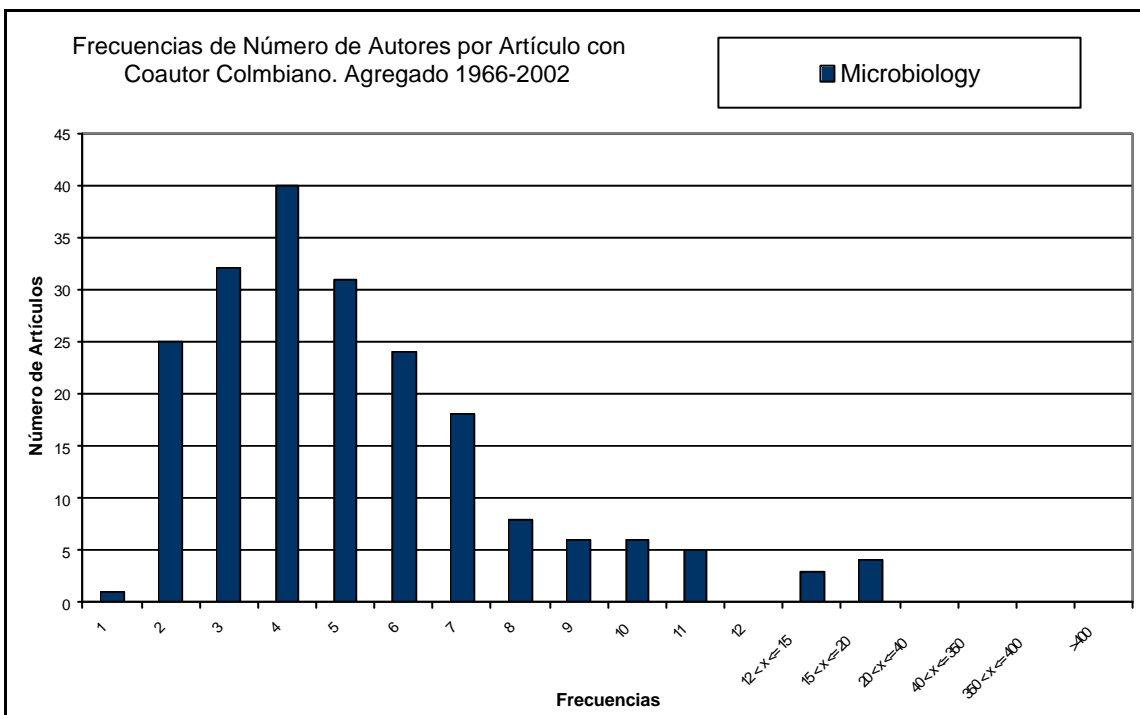
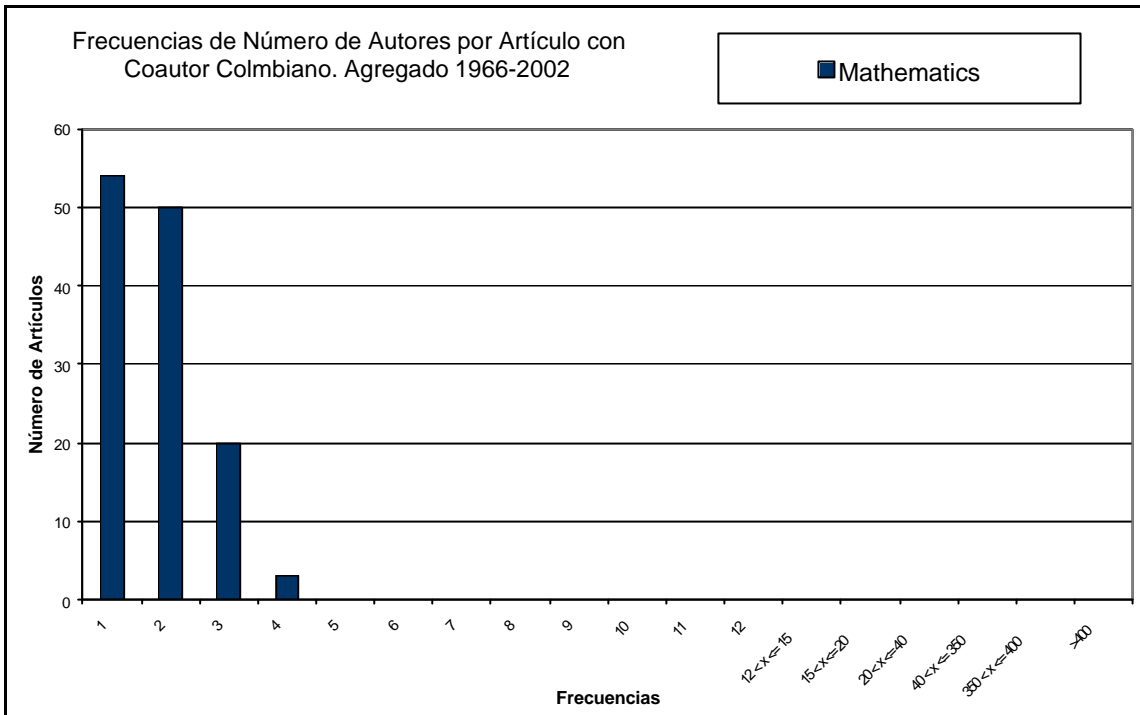


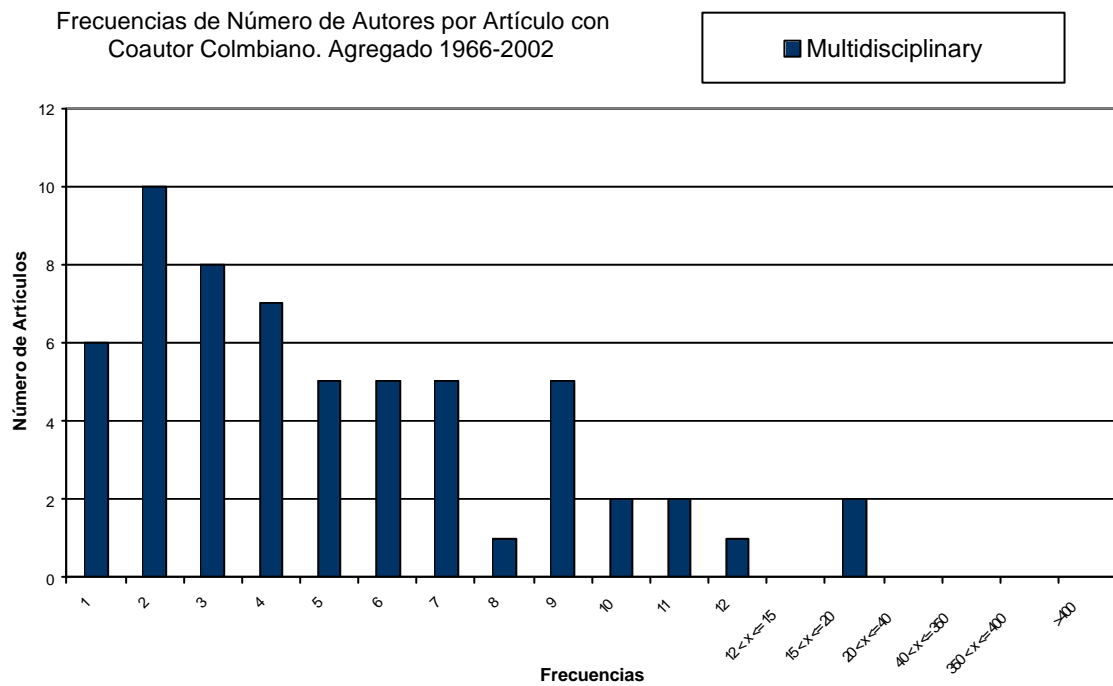
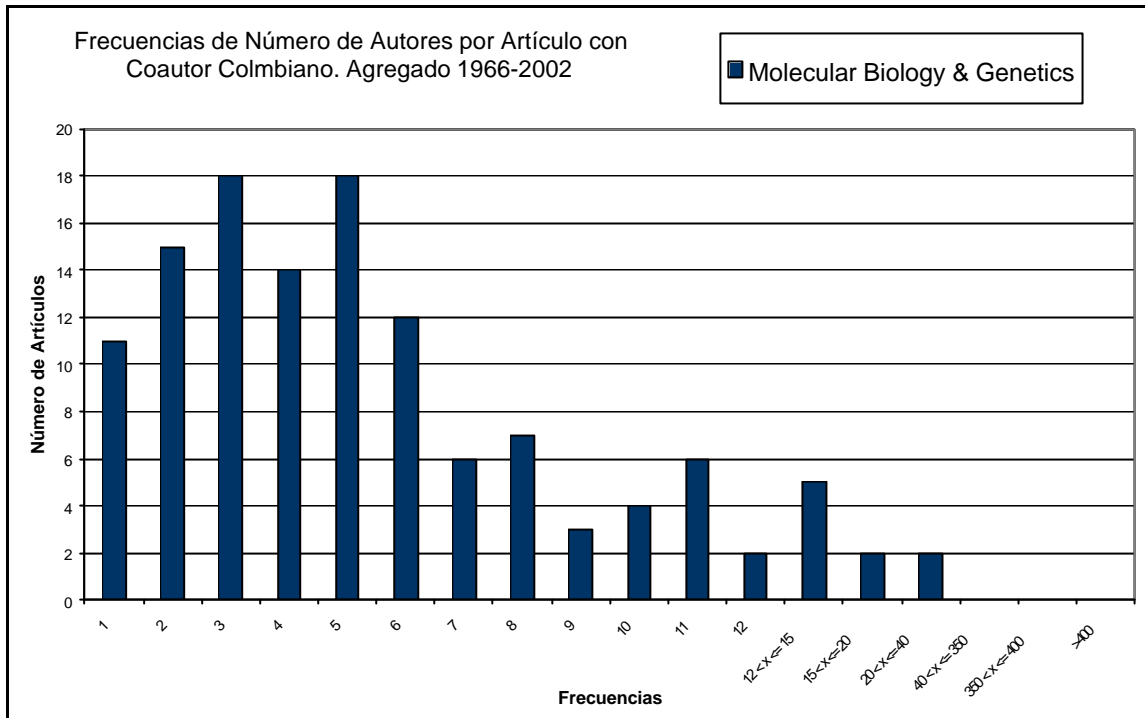






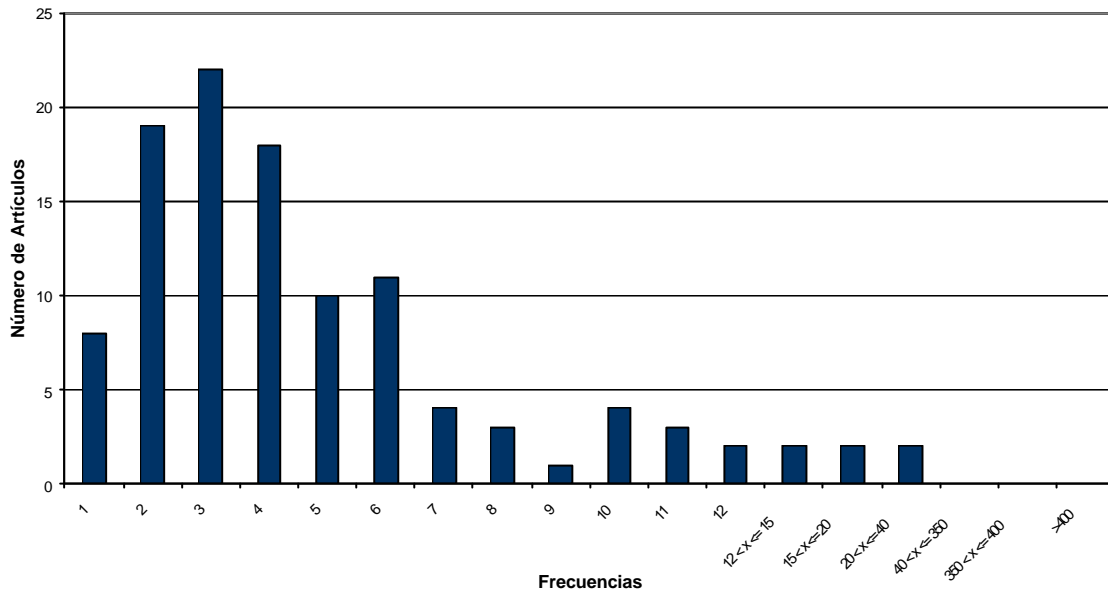






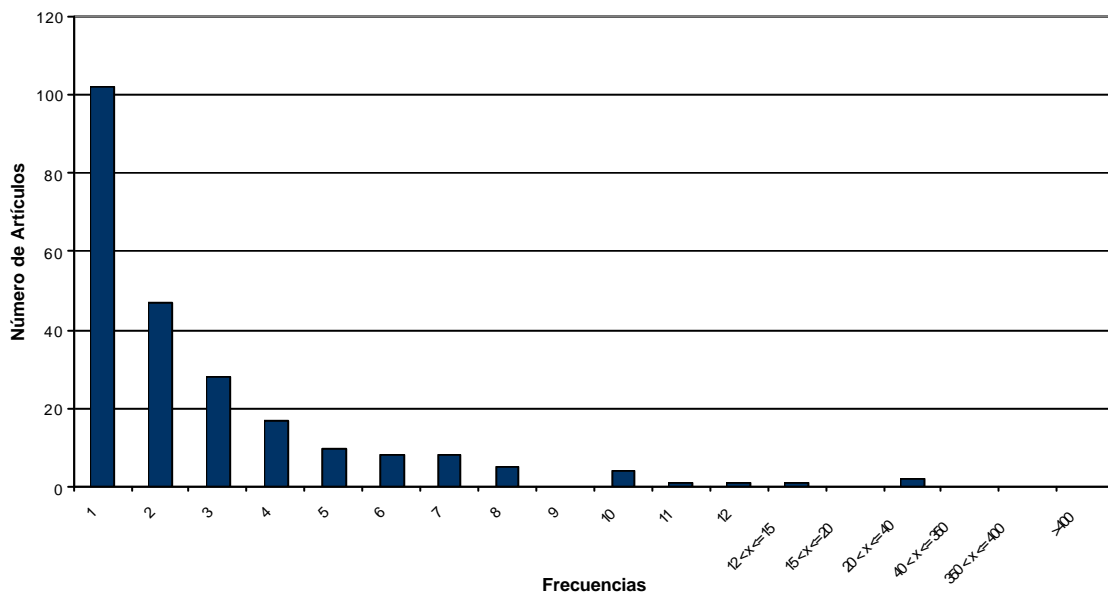
Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

■ Neuroscience & Behavior



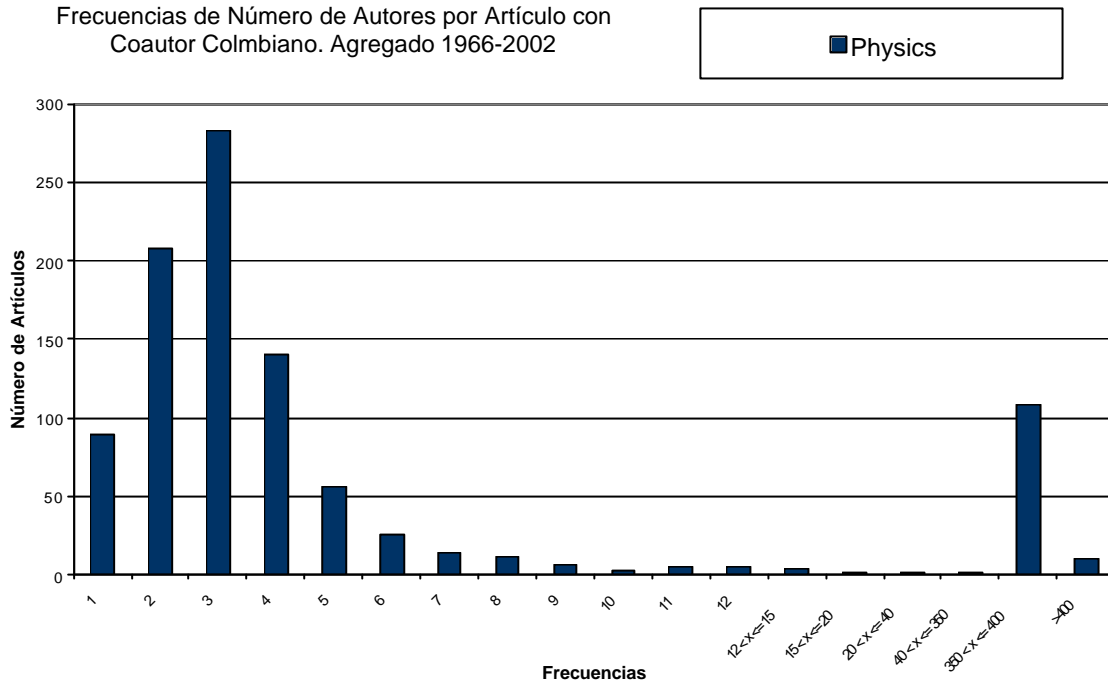
Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

■ Psychiatry & Psychology

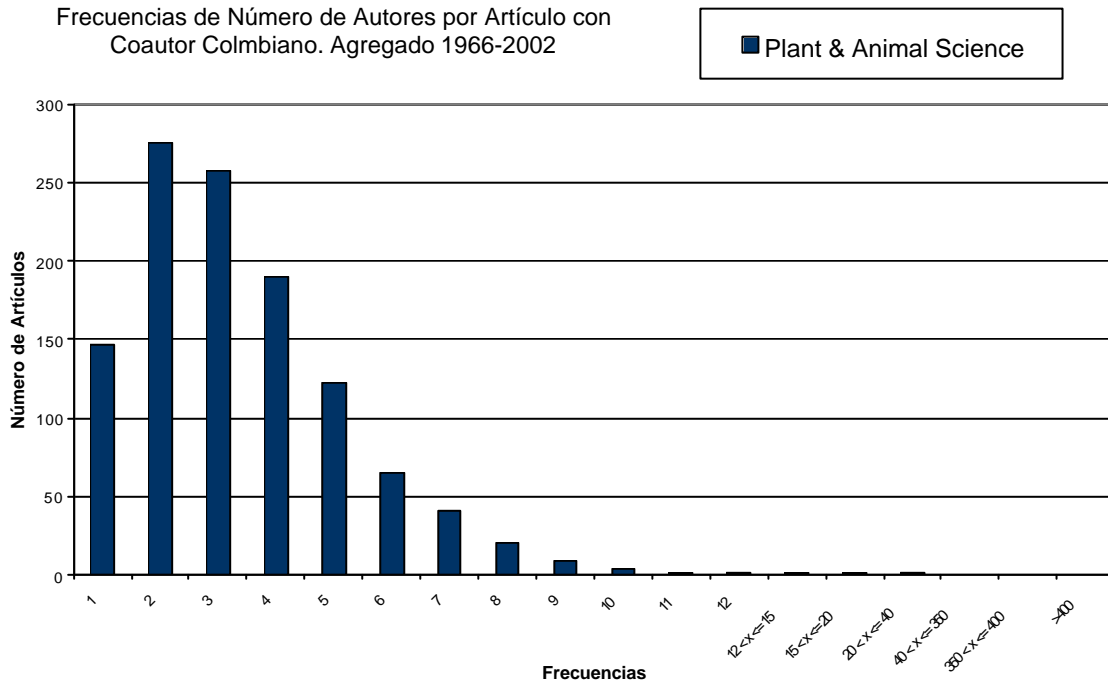




Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

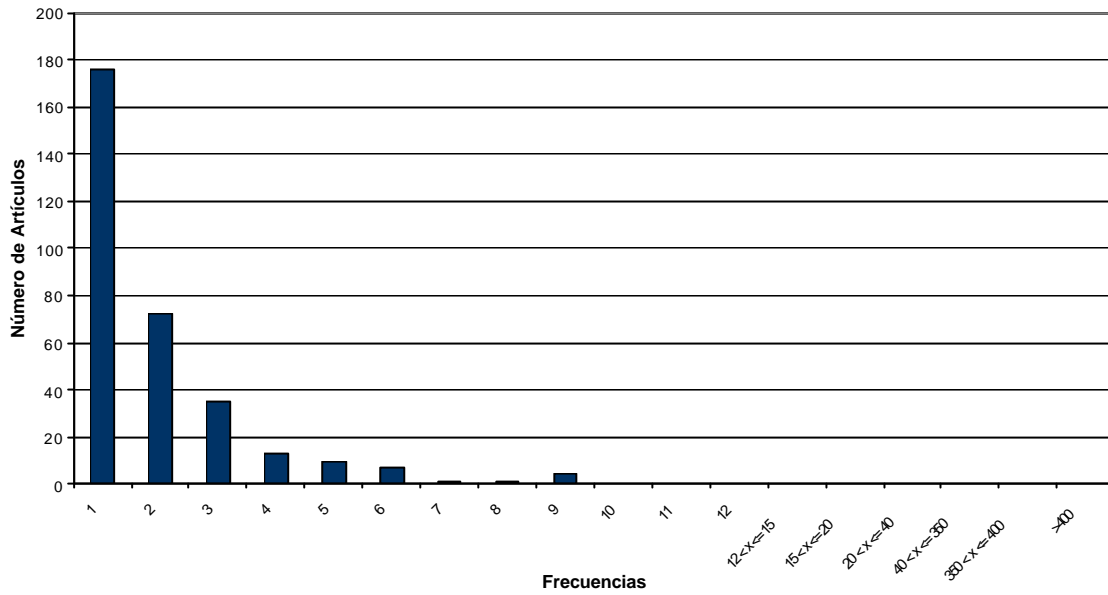


Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002



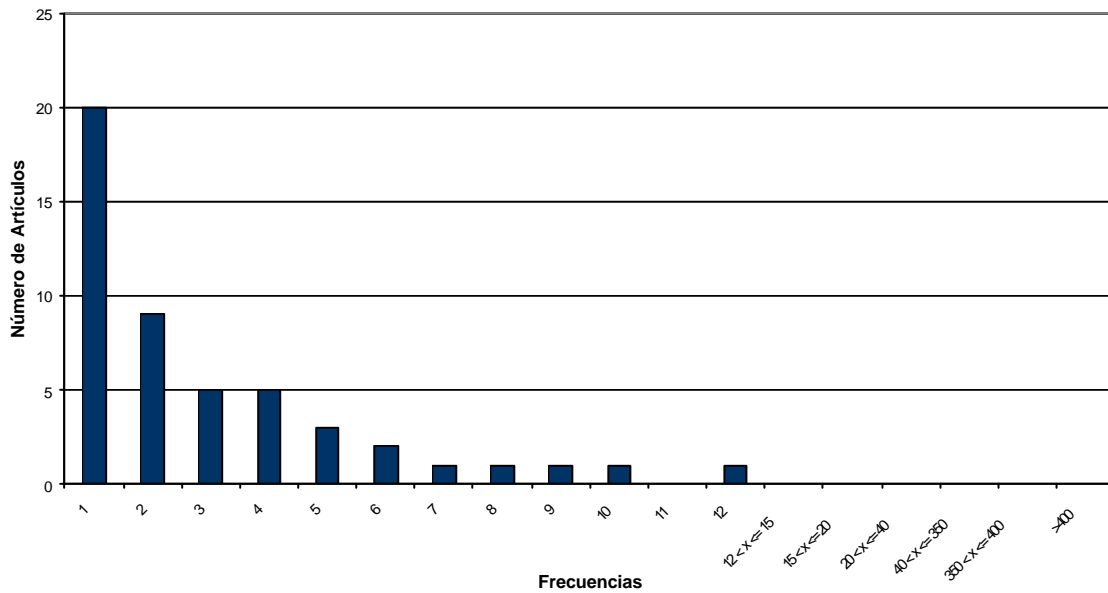
Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

■ Social Sciences, General



Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

■ Space Science



Frecuencias de Número de Autores por Artículo con Coautor Colombiano. Agregado 1966-2002

■ Pharmacology & Toxicology

