

# Estudio de la colaboración en publicaciones científicas. Facultad de Ciencias -UPTC, 2002-2014

*Collaboration Study in Scientific Publications. Basic Sciences College at UPTC, 2002-2014*

Ana Emilce Jiménez González<sup>1</sup>  
Nubia Yaneth Gómez Velasco<sup>2</sup>  
Yolima Ayala Sánchez<sup>3</sup>  
Sara Cristina Guerrero<sup>4</sup>

## Resumen

Las dinámicas de colaboración científica visualizan la relación entre investigadores, instituciones y países, determinando estructuras de comunidades científicas. El estudio tuvo como objetivo analizar las dinámicas de publicación a través de indicadores de colaboración a partir de datos obtenidos de los docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia reportados en bases de alto impacto, que permiten caracterizar su perfil investigativo. Se aplican técnicas bibliométricas y análisis de redes. Se encontró que las dinámicas de colaboración fueron crecientes desde el 2008, con coautoría predominante internacional, y que existe correlación entre colaboración y productividad. Los resultados proporcionan a la comunidad académica un referente analítico para otros estudios, en otras universidades, tanto por los aspectos metodológicos como de sus resultados, potencializando la toma de decisiones en políticas institucionales en cuanto a investigación científica.

## Palabras clave

Análisis de redes; Bases de datos; Bibliometría; Colaboración científica; Correlación entre índices; Productividad en Ciencias.

## Abstract

Scientific collaboration dynamics visualize the relationship among researchers, institutions, and countries, constructing the structures of the scientific communities. This paper aims to investigate the dynamics of publication through indicators of collaboration of the research professor in the Basic Sciences College at the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia registered in databases of high impact, which allow to characterize their investigative profile. We applied bibliometrics and network analyses. The results showed that collaboration dynamics increased since 2008, mainly with international coauthorship, and that there is a correlation between collaboration and productivity. These results provide an

Fecha de recepción: 27 de octubre de 2017.

Fecha de evaluación: 30 de noviembre de 2017.

Fecha de aceptación: 12 de diciembre de 2017.



1 M. Sc. en Estadística, de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de la Escuela de Matemáticas y Estadística de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Grupo de Investigación en Estadística –GAMMA–. Correo electrónico: ana.jimenez@uptc.edu.co

2 M. Sc. en Estadística, de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Grupo de Investigación en Estadística –GAMMA–. Estudiante del Doctorado en Educación Rudecolombia. Integrante del grupo HISULA. Correo electrónico: nubia.gomez@uptc.edu.co

3 M. Sc. en Estadística, Universidad Nacional Colombia. Docente Escuela de Matemáticas y Estadística de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. Grupo de Investigación en Estadística –GAMMA–. Correo electrónico: yolima.ayala@uptc.edu.co

4 M. Sc. en Estadística, de la Universidad Nacional de Colombia. Universidad de los Llanos, Departamento de Matemáticas y Física. Grupo de Investigación Modelos Dinámicos. Correo electrónico: sguerrero.@unillanos.edu.co.

analytic framework to the academic community to conduct further studies involving either methodological aspects or the results presented here, and potentiate decision making in institutional policies regarding scientific research. This article presents the analysis of gaps that keep the mango sector of the department of Sucre (Colombia) with little competitiveness and the identification of variables and strategic actors on which the mango culturists could exert influence to promote positive development and thereby improve competitiveness. The article highlights the importance of adding value to the product from the field of quality management as a bet that the mango culturists could take advantage of to position themselves in the market.

#### **Keywords**

Bibliometrics; Databases; Indexes correlation; Network analysis; Scientific collaboration; Scientific productivity.

## **1. Introducción**

Las tendencias de la producción científica se pueden analizar con base en las dinámicas de colaboración entre investigadores, y a través del uso de técnicas bibliométricas. Según Hernández (2013), el análisis de las publicaciones científicas permite extraer información sobre la cooperación entre investigadores, instituciones o países, y, a partir de ella, establecer el impacto que esta tiene en los resultados de investigación. Estos análisis son de gran importancia para las universidades constituyéndose en una práctica habitual en los últimos años (Aguillo et al., 2010).

Dentro del análisis de la producción científica, un tema que despierta gran interés en la comunidad académica es la relación entre la colaboración científica y la productividad. Según Abbasi et al. (2010), la colaboración tiene un campo de análisis muy amplio, dado que las relaciones que se presentan son muy diversas, por los diferentes factores que inciden en su suscripción y desarrollo, beneficiando o inhibiendo la producción; entre estos factores están la disciplina científica y las particularidades propias de cada comunidad. En esta misma línea, Hu et al. (2014) indican que otros factores influyentes son la trayectoria del investigador y los patrones de colaboración, los cuales generan respuestas de colaboración en diferente escala y amplitud.

La colaboración científica puede ser medida a través de diferentes indicadores, como la

coedición, la supervisión de tesis doctorales o de investigación, la coorganización de eventos científicos y la coautoría, entre otros (De Haan, 1997). La coautoría, también conocida como copublicación, es un indicador de colaboración científica que, a través de distintas métricas propias de la bibliometría, busca caracterizar este fenómeno (Leydesdorff et al., 2013); tema que puede ser extendido en el análisis de la producción y colaboración científica de los grupos de investigación, tal como se evidencia en el trabajo de Pérez et al. (2015).

El concepto de la colaboración ha sido estudiado a nivel internacional y nacional en trabajos como los de Hu et al. (2014), quienes mediante un análisis de correlación entre colaboración y productividad encontraron que tal correlación es fuerte en investigadores con mayor trayectoria, y que las disciplinas experimentales, como Química y Virología, presentan mayor correlación que las disciplinas teóricas, como Matemáticas. De Filippo et al. (2014), presentan un análisis del perfil de la colaboración científica en la educación superior en España, e indican que los patrones de colaboración muestran una evolución del modelo en el que inicialmente predomina los autores de la misma institución, hacia otro, cuya colaboración predominante está dada con pares internacionales. A nivel de Latinoamérica se encuentran estudios sobre patrones de colaboración científica a partir de las publicaciones en revistas científicas de difusión internacional (Sancho et al., 2006, Santa y Herrero, 2010).

En Colombia, el estudio de Ávila-Toscano et al. (2014) presenta un análisis de redes de coautorías y colaboración en revistas colombianas de psicología, usando indicadores estructurales de las redes; encontrándose un elevado nivel de colaboración entre autores. Otros estudios analizan las publicaciones científicas en las áreas de Química y Matemáticas del país reportadas en la base de datos Web of Science, a través de indicadores cuantitativos y técnicas estadísticas multivariadas, señalando un incremento de las coautorías, con un promedio de tres a cuatro autores por artículo en los últimos años (Gómez et al., 2014, Gómez y Rodríguez, 2014).

El estudio de la colaboración científica hace uso de técnicas de análisis como las redes sociales, que suministran métodos y herramientas que contribuyen a estudiar la estructura de las redes de colaboración a nivel de países, instituciones o grupos de investigación. Las redes sociales permiten visualizar las relaciones académicas y las posibles comunidades científicas involucradas en un grupo grande de investigadores a nivel micro y macro (Sanz, 2003).

Para el análisis de redes es necesario disponer de bases de información que contengan campos o variables asociadas a la producción científica. A nivel académico e investigativo son varias las bases de datos que tienen reconocimiento internacional y que reúnen información integrada con referencias de publicaciones científicas en diversas disciplinas, aportando a las empresas e instituciones una información que permite generar investigaciones en el campo de la propiedad intelectual, de la innovación y de la ciencia; entre ellas se encuentran WoS, Scopus, Scielo y Ebsco, que, aun cuando tienen características y coberturas diferentes y reportan información y campos de manera diferente, cubren gran número de revistas y publicaciones científicas a nivel nacional e internacional.

Estas bases de información cuentan con reconocimiento académico e investigativo en diferentes niveles, lo que permite aumentar el espectro de publicaciones y de revistas en las que potencialmente publican los docentes. Las variables de estudio y los indicadores obtenidos a partir de estas bases, como número de artículos producidos por año, número de autores por artículo y coautoría de publicaciones según institución y país, posibilitan conocer las dinámicas de colaboración de los docentes investigadores de una institución, contribuyendo al análisis de impacto y visibilidad de sus publicaciones.

El objetivo de este estudio giró centralmente en el análisis de las dinámicas de publicación a través de indicadores de colaboración en un área concreta de una universidad pública, a partir de la producción de los docentes-investigadores de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), registrada en bases de alto impacto, con visibilidad y circulación internacional y con participación en el ámbito latinoamericano (WoS, Scopus, Scielo y Ebsco) para identificar características del perfil investigativo de ésta comunidad académica.

Las técnicas utilizadas y los resultados encontrados, contribuyen a comprender patrones y tendencias en las publicaciones y potencializan a la institución y a la comunidad académica a generar propuestas con miras a formular políticas de fomento, para mejorar la visibilidad y fortalecer las redes de colaboración a nivel intrainstitucional, interinstitucional e internacional. Los resultados hacen parte de un proyecto de investigación institucional auspiciado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia –UPTC– y coordinado por el Grupo de Investigación en Estadística GAMMA.

## 2. Materiales y métodos

El objeto de estudio corresponde a la producción científica, representada en artículos,

de los docentes e investigadores adscritos a la Facultad de Ciencias de la UPTC, con afiliación institucional declarada. Los artículos analizados fueron obtenidos de Scopus, WoS, Ebsco y Scielo, con afiliación institucional Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia o su sigla (UPTC), en el período 2002 a 2014. La revisión se realizó en junio de 2015. Se consideraron estas cuatro bases de información con reconocimiento académico e investigativo ampliando así el espectro del número de publicaciones y de revistas en las que potencialmente publican los docentes e investigadores de la Facultad de Ciencias de la UPTC.

Teniendo en cuenta que los artículos podrían ser reportados en más de una base o en diferentes idiomas, se realizaron diferentes mecanismos de depuración y se adoptaron criterios de normalización para conformar el archivo final de análisis, con un total de 235 artículos visibles en alguna de estas cuatro bases. El proceso se apoyó a través de un lenguaje de programación en Java 1.6 con el IDE de desarrollo Eclipse, complementado con búsqueda directa del artículo vía Web.

La forma del crecimiento de la publicación se estudió a partir de la ecuación exponencial no-lineal propuesta por Egghe y Ravichandra Rao (1992); esta función se representa matemáticamente como  $C(t) = cg^t$ , donde  $C(t)$  denota el número total de documentos producidos en el tiempo  $t$ ;  $c$  y  $g$  representan constantes estimadas de los datos observados, y  $t$  es el número de años cronológicos estudiados en el periodo de la investigación ( $t= 0, 1, 2, \dots, n$ ) bajo la restricción  $c \geq 0, g \geq 1, y t \geq 0$ .

Para el análisis de la autoría y la afiliación institucional se realizó un proceso de normalización de nombres de autores y de instituciones. La coautoría se determinó como el número de artículos que fueron firmados por más de un autor. La firma la genera cada autor en el artículo, y el número de firmas en un

artículo es ilimitado; así, un autor puede estar relacionado con un conjunto ilimitado de firmas, por lo tanto, el conjunto de autores puede ser menor al conjunto de firmas identificadas en el archivo. La colaboración entre los autores de la revista se analizó a través del índice de firmas por artículos (IFA), que es el cociente entre el número de firmas y el número de artículos. El número de autores nuevos corresponde a la cantidad de firmas distintas del total de firmas relacionadas con un autor, que indica el grupo de autores de la Facultad (Valderrama et al., 2007, Huamaní y Pacheco, 2011).

La colaboración entre autores se clasificó según la afiliación institucional, mediante los siguientes criterios:

- Colaboración intrainstitucional: artículos firmados por autores de la misma institución (UPTC).
- Colaboración interinstitucional: artículos firmados por autores de diferentes instituciones del mismo país (UPTC y otras instituciones de Colombia).
- Colaboración internacional: artículos cuyas firmas corresponden a autores de instituciones de diferentes países (UPTC y autores de países diferentes a Colombia).

La relación entre colaboración y productividad de los profesores de la Facultad de Ciencias se analizó a través de la correlación. La colaboración estuvo determinada a través de dos indicadores diferentes: el índice de colaboración (IC), determinado como el número promedio de firmas por artículo (Savanur y Srikanth, 2010), y el número de coautores únicos en las publicaciones (ICD), esto es, el número de coautores diferentes con los que publica un autor (Hu et al., 2014). La productividad (NP) fue definida como el número total de artículos de cada profesor de la Facultad.

El análisis de colaboración se complementó a través del análisis de redes sociales o análisis estructural (Sanz, 2003), en donde se

desarrollan herramientas de medición y análisis de las estructuras que emergen entre diversos actores sociales. La visualización de las redes incluye los nodos, que corresponden a las firmas (universidades o países), y las líneas relacionan el número de artículos en común que tienen dos firmas. El tamaño de cada nodo corresponde al número de publicaciones que tiene cada firma, y el grosor de la línea es proporcional a las veces que se presenta colaboración entre firmas, es decir, a mayor grosor de la línea, mayor colaboración entre instituciones (Huamaní y Mayta-Tristan, 2010).

Los análisis de indicadores bibliométricos y las representaciones gráficas se realizaron con los programas Microsoft Excel y el software estadístico SPSS V. 19, y las redes de colaboración, con el programa PAJEK.

### 3. Resultados y discusión

Se analizaron 235 artículos; el 61 % de ellos reportados en Scopus; el 35 %, en Scielo; el 35 %, en WoS, y el 17 %, en Ebsco; los artículos reportados en más de una base se depuraron para consolidar el archivo final. La escuela que presentó mayor número de artículos fue Física, con el 44 %, seguida, en su orden, por Biología, Química y Matemáticas, con el 28 %, el 26 % y el 2 %, respectivamente. El 73.7 % de los artículos se encuentran en revistas de categoría A (según el Índice Bibliográfico Nacional Publindex) y el idioma de publicación que predomina es el inglés, con el 52,34 %. Los artículos cuyos autores pertenecen a más de una escuela de la Facultad se contabilizaron en cada escuela.

En la figura 1 se observa que la dinámica de producción de la Facultad fue fluctuante; en los primeros tres años del periodo de estudio se encontraron cinco artículos en revistas registradas en las bases de estudio. Hasta el 2007 se publicó el 26 % del total de artículos. Entre 2008 y 2010 se presenta una disminución en la publicación, aspecto que cambió a partir

del 2011, cuando cada escuela presentó una tendencia creciente; en el último periodo, 2011 a 2014, se publicaron el 55 % de los artículos. El promedio de artículos por año fue de 20, con desviación estándar de 14 artículos.

La Escuela de Física presentó mayor variación de publicación en el periodo de estudio, concentrándose su producción en los años 2005 a 2007 y 2011 a 2014; mientras que las escuelas de Química y Biología presentan una producción menor, con tendencia creciente a través del tiempo. La producción de Matemática y Estadística es inferior frente a las otras escuelas. Se observa que en las ciencias aplicadas se tiende a publicar en mayor cantidad que en las ciencias teóricas, lo cual coincide con los resultados de estudios de otros autores, quienes encuentran diferenciación de la producción entre diferentes áreas de conocimiento, como Ciencias Básicas con respecto a Ciencias Humanas, o Ciencias Experimentales e Ingenierías (De Filippo et al., 2014).

Al asociar la formación a nivel doctoral de los docentes investigadores de cada Escuela, se observa que Física, presenta mayor número de doctores, seguido de Química y Biología, y con menor cantidad se encuentra la Escuela de Matemáticas y Estadística; este aspecto, constituye un elemento que podría explicar del porque la mayor producción está concentrada en estas tres Escuelas.

El crecimiento de la producción se analizó por el método de regresión no lineal, a partir de la ecuación de Egghe y Ravichandra Rao (1992), resultando la ecuación:

$$C(t) = 20,213 * 1,252^t$$

A partir de éste método se infiere que la publicación de artículos de la Facultad de Ciencias está creciendo a una tasa de 25,2 % al año, con una producción que se duplica cada tres años.

El crecimiento de la producción en Ciencias Básicas en esta institución sobrepasa la producción de otras áreas como Ciencias Sociales y Humanas, según los informes institucionales e informes nacionales, aspecto que concuerda con lo analizado por Aguado et al. (2014) quien sostiene que, en América Latina, el área de mayor peso está segada hacia las Ciencias Naturales y Exactas.

Para la Facultad de Ciencias se encontraron 918 firmas de 487 autores. El Índice de Firmas por Autor (IFA) para el periodo de estudio fue de 3,9, lo que indica que los artículos de la Facultad de Ciencias son firmados, en promedio, por 4 autores. El 96,2 % de los artículos fue realizado en coautoría, es decir, solo el 3,8 % de los artículos de la Facultad de Ciencias tienen un único autor (Tabla I).

Al observar el número de autores nuevos, se identifica que a partir del año 2007 por lo menos el 40 % son autores que han publicado artículos en años anteriores, mientras que, según registros del 2014, de los 157 autores, 115 son nuevos, es decir, que 42 autores (26.8 %) registran publicación anterior al 2014 en estas cuatro bases (Tabla I).

El análisis de los artículos y los autores firmantes por escuela arrojó los siguientes resultados: en Biología, 67 artículos, con 256 firmas de 185 autores diferentes, con un IFA de 3,8 y un 97 % de los artículos realizados en coautoría; en Física, 106 artículos, con 408 firmas de 200 autores diferentes, con un IFA de 3,8 y un 98 % de los artículos realizados en coautoría; en Química, 63 artículos, con 245 firmas de 105 autores diferentes, con un IFA de 3.9 y un 90,5 % de los artículos realizados en coautoría; finalmente, la escuela de Matemáticas y Estadística reportó 4 artículos, con 8 firmas de 8 autores distintos, con un IFA de 2 y todos los artículos en coautoría. Se observa que el porcentaje de coautoría en las cuatro escuelas es muy similar, a pesar de la diferencia en la cantidad de artículos que publica cada escuela.

La colaboración interinstitucional, entendida como coautorías entre autores de la Facultad de Ciencias y autores de otras universidades, se muestra en la figura 2. Se observan dos agrupaciones: con instituciones nacionales y con instituciones internacionales; en esta red se encuentra un mayor porcentaje de las coautorías con instituciones extranjeras (58 %) que con universidades nacionales. Las instituciones con mayor colaboración a nivel nacional son: la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquía y la Universidad Javeriana; en tanto que a nivel internacional sobresalen la Universidad de Concepción, Chile; la Universidad de Sevilla, España; la Universidad de Salamanca, España, y la Universidad de Pernambuco, Brasil; lo cual se visualiza por los nodos que tienen mayor tamaño.

Un análisis más detenido de la figura 2 permite ver que la mayoría de instituciones se conectan con otras por el mismo entrecruzado de líneas, lo cual indica que la producción en la Facultad de Ciencias de la UPTC presenta un alto nivel de colaboración interinstitucional en la coautoría de los artículos científicos publicados en las cuatro bases de datos. La Facultad de Ciencias de la UPTC tiene mayor interacción con la Universidad Nacional (UNAL), explicado en parte por la cercanía geográfica, por los vínculos de formación posgraduada que existe con esta universidad, donde un alto porcentaje de docentes de esta Facultad han sido formados a nivel de posgrado, y por la conexión con los grupos de investigación, soportada por la vinculación de investigadores de esta institución.

En la colaboración con instituciones extranjeras se observa mayor interacción con la Universidad de Concepción, Chile, que, junto con la Universidad Nacional de Colombia, forman un componente de tres nodos, siendo el más visible de toda la red.

Además, en la figura 2 se visualizan algunas redes más estructuradas y definidas que otras;

esto podría estar asociado a la figura de Colegios Invisibles, estudiada por Crane (1969), la cual supone una estrecha relación entre los científicos de la red, su productividad y su visibilidad; tales relaciones implican no solo la afinidad en la misma línea de investigación, sino en posibles relaciones jerárquicas conformadas por la figura maestro-discípulo, traducido aquí en la relación director de tesis y dirigido, o líder de proyecto y coinvestigadores.

Clasificando los artículos por tipo de colaboración (intrainstitucional, interinstitucional e internacional), se encontró que el 24,7 % de los artículos de la Facultad de Ciencias fueron escritos en colaboración intrainstitucional, es decir, todos los autores firmantes son de la misma universidad, en este caso la UPTC; el 28,1 %, en colaboración interinstitucional, es decir, los autores firmantes tienen afiliación a una institución colombiana con por lo menos uno de ellos de la UPTC, y el 43,4 % de los artículos tienen colaboración internacional, esto es, que por lo menos un autor tiene afiliación a una institución de un país distinto a Colombia (Figura 3).

Al comparar la colaboración en el periodo evaluado se concluye que a partir del 2008 la colaboración internacional tiende a ser constante, estabilizándose en un promedio aproximado del 50 %; no ocurre así con la colaboración intra- e interinstitucional, cuyos porcentajes son, en promedio, de 30.2 % y 20.1 %, respectivamente. Lo anterior está en correspondencia con lo que argumenta Molina (2014) al indicar que en Colombia la colaboración Internacional representa el mayor porcentaje de todos los tipos de colaboración que se pueden dar entre los investigadores. El crecimiento de la colaboración internacional en Colombia es explicado por lineamientos como los sugeridos en el documento CONPES 3582 del 2009, sobre Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; aspectos que se reflejan en políticas institucionales través de los Planes Maestros y de Desarrollo que

motivan a los investigadores a organizar redes de investigación y a publicar con coautoría preferiblemente internacional.

En el análisis por escuelas se encontró que para Biología, Física y Química la colaboración internacional fue del 34.3 %, el 39.0 % y el 64.4 %, respectivamente; la colaboración interinstitucional fue del 20.9 %, el 36.8 % y el 16.9 %, respectivamente; mientras que la colaboración intrainstitucional fue del 44.8 %, el 24.5 % y el 18.6 %, respectivamente. Se destaca que en la colaboración intrainstitucional de Biología las publicaciones son, además, intraescuela, situación que no ocurre con las demás escuelas de la facultad. Como indican Hu *et al.* (2014), la colaboración influye en la productividad de los investigadores, sin embargo, el impacto de la colaboración se basa en distintos factores, tales como las disciplinas, los patrones de colaboración y otras características propias del investigador. La internacionalización es un tema que ha ido adquiriendo gran relevancia, especialmente en los países latinoamericanos, tal es el caso de Colombia, donde dentro de los criterios de acreditación institucional de alta calidad para los programas e instituciones, dados por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA), se incluye este factor como uno de los que se han de evaluar; así mismo, dentro del Plan Maestro de la UPTC se contempla el lineamiento de internacionalización como un elemento constituyente de su misión y visión.

La red visualizada en la figura 4 muestra los países con los que tienden a publicar los autores firmantes de la Facultad de Ciencias; predomina la coautoría con países de América (57.6 %), seguida por la realizada con los de Europa (39.3 %). En el continente americano, los países con los que más se tiene coautoría son, en su orden: Chile, Brasil, México, Estados Unidos y Argentina. En Europa predomina la coautoría con España, seguida por la adelantada con países como Alemania, Francia y Austria; estos vínculos se muestran a través de las líneas

gruesas que representan la colaboración entre ellos.

Con países como Bélgica, Nueva Zelanda, Perú y Venezuela la producción de artículos es tan visible como la producción realizada con Francia; sin embargo, la línea delgada representa que la interacción es realizada por muy pocos autores de la Facultad de Ciencias. En esta figura, igualmente, se evidencia una red definida entre Colombia, España y Chile, lo que constituye una posible asociación más continua y frecuente entre estos países; este resultado coincide con lo estudiado por Huamaní y Mayta-Tristan (2010), quienes argumentan que existe una tendencia mayor a publicar con autores de países cercanos geográficamente; así, para el caso de la Facultad de Ciencias de la UPTC, tal como se evidencia en la figura 4, se tiene un gran número de publicaciones con países de América del Sur. Es de precisar que la autoría internacional no indica necesariamente que son autores de nacionalidad extranjera, es posible que algunos sean colombianos, pero que en el momento de reportar la afiliación en el artículo ubicaron una institución internacional, por su ubicación temporal o permanente en el exterior.

A través del diagrama de burbujas (figura 5) se relacionan la cantidad de artículos publicados en el período de estudio, el porcentaje de artículos con colaboración internacional y el porcentaje de artículos con por lo menos una citación. En esta figura, el tamaño de la burbuja representa la cantidad de artículos, y la ubicación representa la relación entre colaboración internacional y artículos citados.

Respecto a la relación entre los indicadores de colaboración, citación y publicación, la Escuela de Física tiene la mayor cantidad de publicación (tamaño de la burbuja), y su porcentaje de colaboración internacional y de artículos citados es menor al de las escuelas de Química y Biología. Por otra parte, la Escuela de Química presenta menor cantidad de publicación respecto a las de Física y Biología, sin embargo, es la escuela que tiene

mayor porcentaje de artículos en colaboración internacional y el mayor porcentaje de artículos citados. La Escuela de Matemáticas presenta un rezago frente a las otras escuelas en todos los aspectos analizados; aunque visualmente se encuentra a la misma altura en el eje de artículos citados con Física y Biología, la cantidad de publicaciones es notablemente menor.

Al realizar la correlación de Kendal entre el número de colaboradores externos, nacionales o internacionales de la UPTC respecto a la productividad, representada en el número de artículos, resultó alta positiva, con 0,954; no se reflejó así la correlación entre el número de citas respecto a la productividad (0,168), ni entre el número de colaboradores externos respecto al número de citas (0,107). Es decir, el aumento de la productividad no está relacionado con la cantidad de colaboración externa que tienen los docentes de la Facultad de Ciencias de la UPTC, así como no está relacionada con las citaciones que reciben sus artículos.

En el análisis de la colaboración respecto a la productividad, se calculó el índice de colaboración (IC) y el índice de colaboradores distintos (ICD). El IC se determinó para cada uno de los profesores de la Facultad, dado por el cociente entre número de firmas y número de artículos en los que aparece como autor cada uno. El ICD se calculó como el número de autores distintos con los que publicó cada profesor en el período de estudio.

En la figura 6 se observa la relación entre el ICD y la productividad para cada una de las escuelas; Física y Química presentan una relación directa al respecto, es decir, a mayor número de autores distintos, mayor productividad. La mayoría de los profesores han publicado con máximo quince autores distintos, siendo su productividad relativamente baja (región A); pocos autores publican en coautoría con más de quince autores, y presentan una productividad significativamente más alta, en las escuelas de Física y Química.

En cuanto a lo que refieren Hu et al. (2014), respecto a que la colaboración de investigadores de disciplinas experimentales es mayor a la de disciplinas teóricas, se observa en este caso que Biología, siendo de las ciencias experimentales, presenta un menor número de autores en colaboración que Química y Física. En cuanto a Matemáticas, siendo una disciplina teórica, no hay elementos para confirmar lo indicado por estos autores, debido al bajo reporte de la producción en la Facultad de Ciencias de esta institución.

La correlación entre el número de artículos (NP), índice de colaboración (IC) y número de coautores únicos en las publicaciones (ICD), en cada una de las escuelas, se reporta en la Tabla II. No se encontró correlación significativa entre NP y IC, excepto para Física, cuya correlación fue débil (0.214); interpretándose con ello que, si bien los autores están escribiendo con mayor número de coautores, la productividad como tal no se aumenta en la misma proporción.

Al examinar la correlación entre el número de artículos y el número de coautores únicos en las publicaciones (NP vs. ICD), se observa una relación positiva entre las dos en las distintas escuelas, lo que implica que a mayor número de colaboradores diferentes se tiene mayor productividad. Según el análisis por escuela, se puede indicar que en Física es más notable la intención de publicar con autores distintos, aumentando así su productividad.

El IC y el ICD son dos medidas de colaboración diferentes; la primera refleja una escala del investigador medida a través del número de firmas y de la cantidad artículos publicados, y la segunda refleja la amplitud del investigador, entendida como el grupo de colaboradores que participaron en las publicaciones; la correlación entre estas dos medidas resultó fuerte y positiva, con significancia estadística en cada una de las escuelas, siendo ligeramente menor en Química respecto a Biología y Física; sin embargo, es de destacar que la correlación entre el IC y la

productividad (NP) resultó débil, y cuando se relacionó NP con ICD resultó más fuerte; esta diferencia justifica la importancia de usar más de una medida de colaboración, permitiendo identificar particularidades que no se reflejan a través de las medidas usuales.

Entre las limitaciones del estudio se menciona que, a pesar de incluir en el estudio la publicación de los investigadores reportada en las cuatro bases (Scopus, WoS, Scielo y Ebsco), no se tiene una cobertura total de la producción científica de los docentes de la Facultad de Ciencias. Otra limitación es que los docentes pueden no estar registrando la afiliación institucional a la UPTC, con lo cual dichas publicaciones no fueron contadas en este análisis.

#### 4. Conclusiones

A partir de los registros encontrados en bases de datos de alto impacto y visibilidad a nivel internacional y con trascendencia en el ámbito latinoamericano, y a través de un análisis de redes, se visualizaron patrones de colaboración científica, evidenciándose un aumento en las publicaciones en coautoría con dos o más autores, y una creciente colaboración internacional, en particular con países de proximidad geográfica cuyo idioma nativo es español, lo que se refleja en un alto porcentaje de artículos en este idioma, lo cual limita las citas de estos artículos.

El número de publicaciones en Ciencias Aplicadas primó sobre el de Ciencias Teóricas; este resultado se explica porque las Ciencias Básicas experimentales tienen gran aplicabilidad en diferentes áreas del conocimiento y, por otra parte, porque los docentes en ciencias experimentales que conformaron la muestra objeto de estudio son mayores en número y en nivel de formación, frente al de áreas teóricas. Lo anterior sugiere la necesidad de implementar a nivel institucional políticas y estrategias que impulsen una mayor

participación de las investigaciones teóricas, permitiendo consolidar en todos los campos las Ciencias Básicas.

La correlación de los diferentes indicadores de colaboración y la producción científica en un análisis bibliométrico muestran la importancia de utilizar diversos indicadores, de tal manera que se puedan extraer conclusiones integrales.

### Referencias Bibliográficas

- Abbasi A, Altmann J, Hwang J (2010) "Evaluating scholars based on their academic collaboration activities: two indices, the RC-index and the CC-index, for quantifying collaboration activities of researchers and scientific communities", *Scientometrics*, vol. 83, núm. 1, pp. 1-13.
- Aguado-López E, Becerril-García A, Leal M, Martínez-Domínguez ND (2014) Iberoamérica En La Ciencia De Corriente Principal (Thomson Reuters / Scopus): Una Región Fragmentada. *Interciencia*, Agosto-Agosto, 570-579.
- Aguillo I, Corera-Álvarez E, Martínez C (2010) Producción Científica y Tecnológica Nacional y Presencia Web de Instituciones Académicas en Iberoamérica. *Interciencia*, Febrero-Sin mes, 92-98.
- Ávila-Toscano J, Marengo-Escuderos A, Madariaga C (2014) "Bibliometric indicators, coauthorship networks and institutional collaboration in Colombian psychology journals", *Avances en Psicología Latinoamericana*, vol. 32, núm. 1, pp. 167-182, doi: dx.doi.org/10.12804/apl32.1.2014.12.
- Crane D (1969) "Social structure in a group of Scientists. A test of the 'invisible College'" hypothesis", *American Sociological Review*, vol. 34, pp. 335-352.
- De Filippo D, Marugán S, Sanz-Casado E (2014) "Perfil de colaboración científica del sistema español de educación superior. Análisis de las publicaciones en Web of Science (2002-2011)", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 37, no 4, p. 067, doi: http://dx.doi.org/10.3989/redc.2014.4.1155.
- De Haan J (1997) "Authorship patterns in Dutch sociology", *Scientometrics*, vol. 39, núm. 2, pp. 197-208.
- Egghe L, Ravichandra Rao I (1992) "Classification of growth models based on growth rates and its applications", *Scientometrics*, vol. 25, núm. 1, pp. 5-46.
- Gómez N, Jiménez A, Guerrero S, Ayala Y (2014) "Análisis de la producción científica colombiana en química. Base de datos Wok (2001-2012)", *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, vol. 6, núm. 1, pp. 125-132.
- Gómez N, Rodríguez J (2014) "Análisis de la producción científica matemática en Colombia. Base Web of Knowledge (2001-2012)", *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 12, núm. 2, pp. 70-84.
- Hernández A (2013) "Las redes de colaboración científica y su efecto en la productividad. Un análisis bibliométrico", *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información*, vol. 27, núm. 59, pp. 159-175.
- Huamání C, Mayta-Tristán P (2010) "Producción científica peruana en medicina y redes de colaboración, análisis del Science Citation Index -2000-2009-", *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 27, núm. 3, pp. 315-25.
- Huamání C, Pacheco-Romero J (2011) "Colaboración científica en artículos de revistas biomédicas peruanas", *Anales de la Facultad de Medicina*, vol. 72, núm. 4, pp. 261-268, UNMSM, Facultad de Medicina.

### 5. Agradecimientos

A la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por la financiación del proyecto, con Código SGI 1728, y por la ayuda en los aspectos administrativos para su ejecución.

Hu Z, Chen C, Liu Z (2014) “How are collaboration and productivity correlated at various career stages of scientists?”, *Scientometrics*, vol. 101, núm. 2, pp. 1553-1564.

Leydesdorff L, Wagner C, Park H, Adams J (2013) “International collaboration in science: the global map and the network”, *El profesional de la información*, vol. 22, núm. 1, pp. 87-94.

Molina M (2014) *Análisis del dominio científico colombiano: una visión macro a partir de datos Sciverse Scopus, 2003-2010*, Tesis doctoral, Universidad de Granada, 322 pp.

Pérez J, Valerio G, Rodríguez L (2015) “Análisis de redes sociales para el estudio de la producción intelectual”, *Perfiles Educativos*, México. vol. XXXVII, núm. 150, pp. 124-142.

Sancho R, Morillo F, De Filippo D, Gómez I, Fernández MT (2006) Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. *Interciencia*, 31(4), 284-292. Recuperado en 28 de julio de 2017, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000400008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400008&lng=es&tlng=es).

Santa S, Herrero Solana V (2010) Scientific production in Latin America and the Caribbean: an approach using the data from Scopus, 1996-2007. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 33(2), 379-400.

Sanz L (2003) “Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes”, *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, núm. 7, junio de 2003.

Savanur K, Srikanth R (2010) “Modified collaborative coefficient: A new measure for quantifying the degree of research collaboration”, *Scientometrics*, vol. 84, núm. 2, pp. 365-371.

Valderrama-Zurián J, González-Alcaide G, Valderrama-Zurián FJ, Aleixandre-Benavent R, Miguel-Dasit A (2007) “Redes de coautorías y colaboración institucional en Revista Española de Cardiología”, *Revista Española de Cardiología*, vol. 60, núm. 2, pp. 117-130.

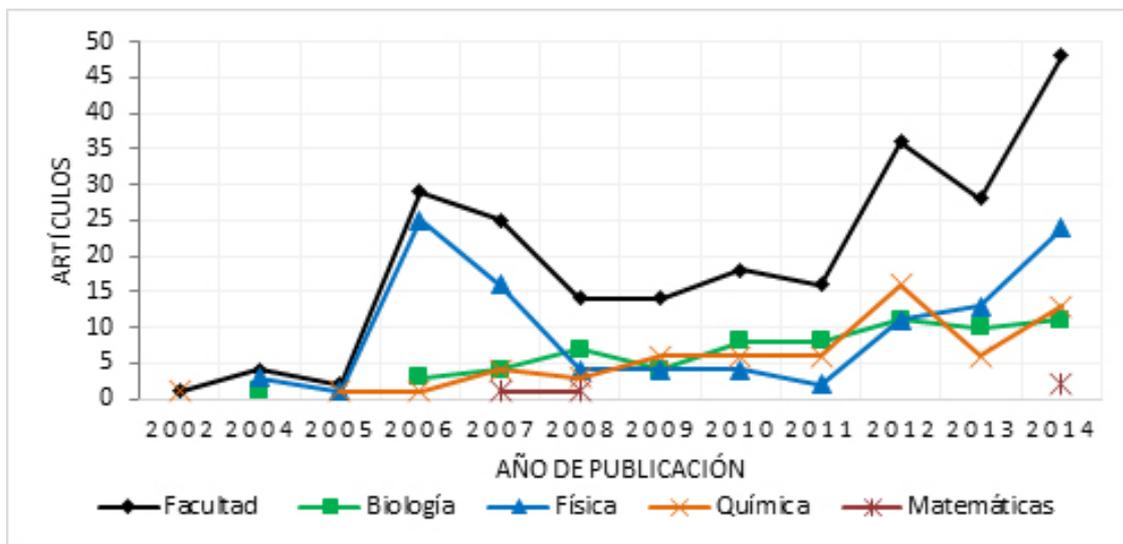


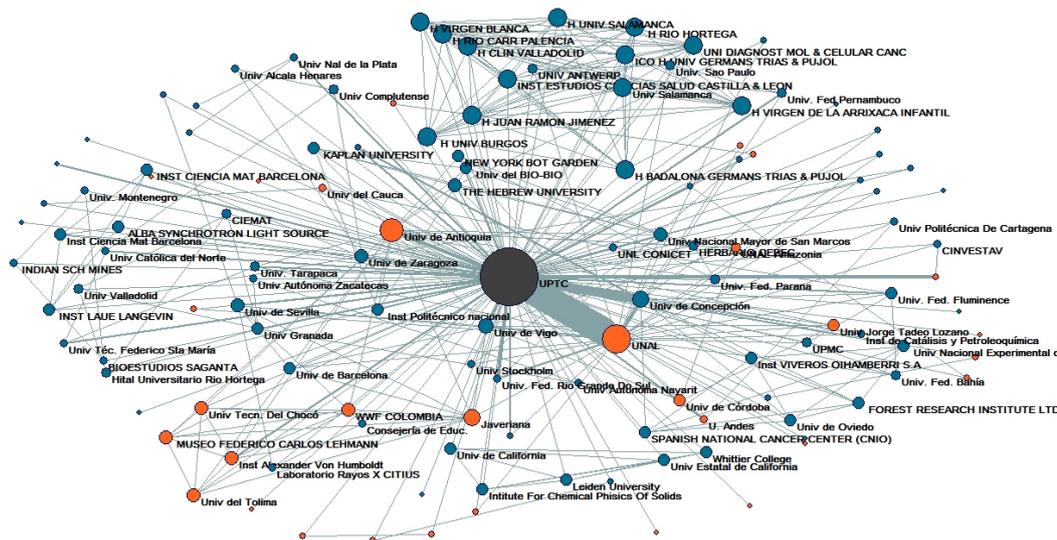
Figura 1. Artículos por Escuela según año de publicación

**Tabla I.** Distribución de artículos, coautorías y firmas por año

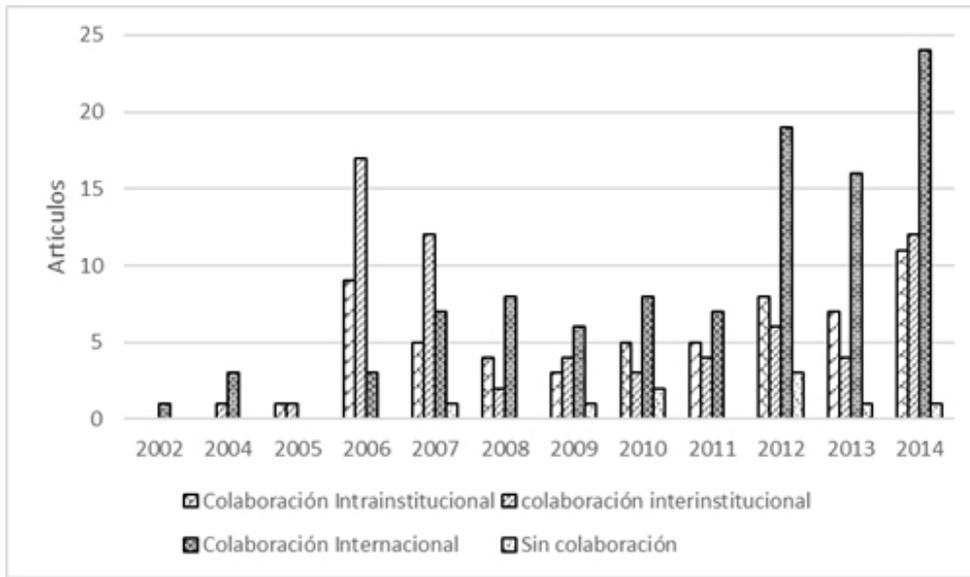
Año	Nro. de artículos	Artículos con coautoría		Nro. de firmas	IFA	Nro. de autores	Autores nuevos*	
		Nro.	(%)				Nro.	(%)
2002	1	1	100	4	4	4	4	100
2004	4	4	100	25	6,3	25	25	100
2005	2	2	100	6	3	6	5	83,3
2006	29	29	100	103	3,6	70	64	91,4
2007	25	24	96	102	4,1	73	56	76,7
2008	14	14	100	58	4,1	45	29	64,4
2009	14	13	92,9	49	3,5	36	22	61,1
2010	18	16	88,9	60	3,3	49	27	55,1
2011	16	16	100	58	3,6	54	36	66,7
2012	36	33	91,7	138	3,8	89	53	59,6
2013	28	27	96,4	108	3,9	95	51	53,7
2014	48	47	97,9	207	4,3	157	115	73,2
<b>TOTAL</b>	<b>235</b>	<b>226</b>	<b>96,2</b>	<b>918</b>	<b>3,9</b>		<b>487</b>	

\* Se registra como autor nuevo el que haya publicado a partir del año de referencia

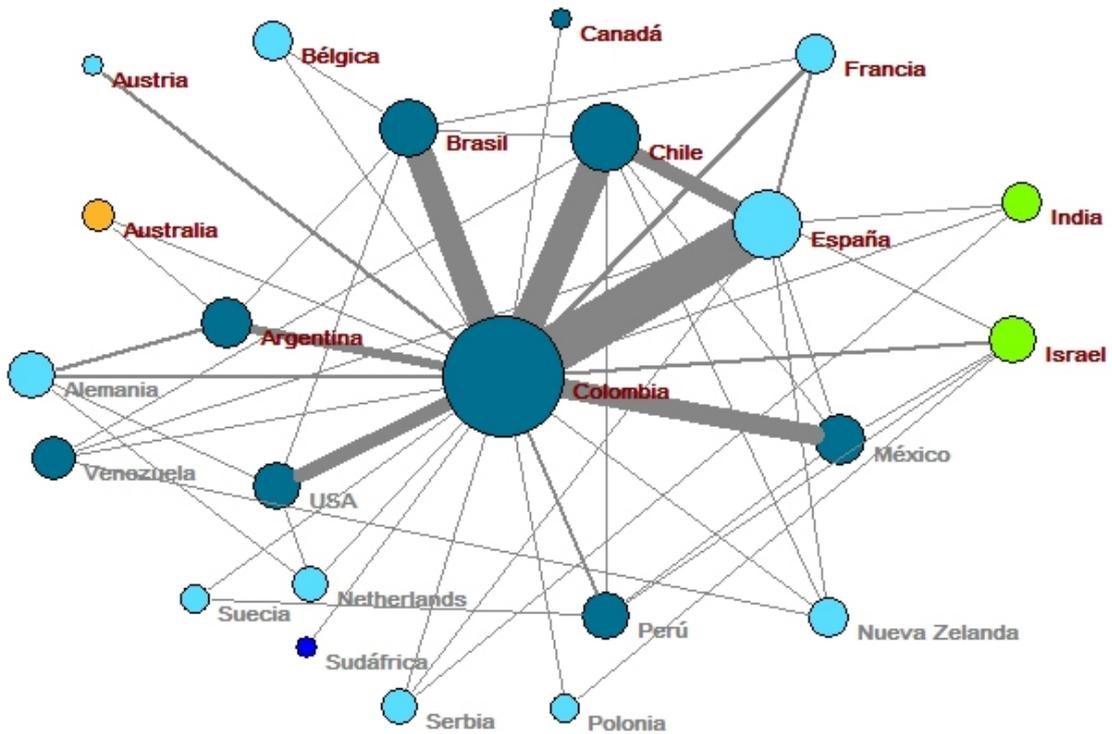
**Figura 2.** Red de colaboración Facultad de Ciencias con otras instituciones (Naranja: Instituciones nacionales, Azul: Instituciones internacionales)



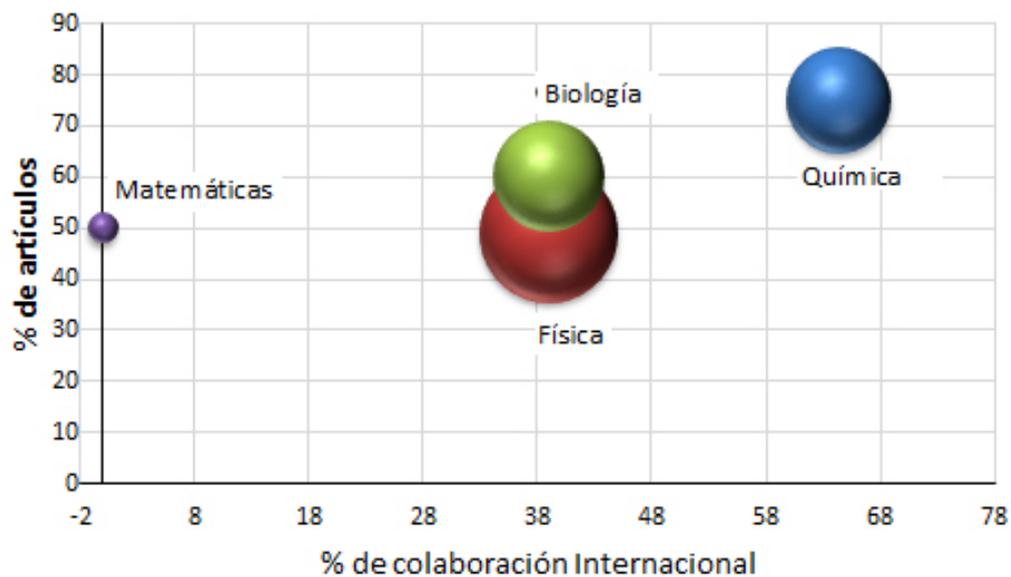
**Figura 3.** Número de artículos según colaboración (2002-2014)



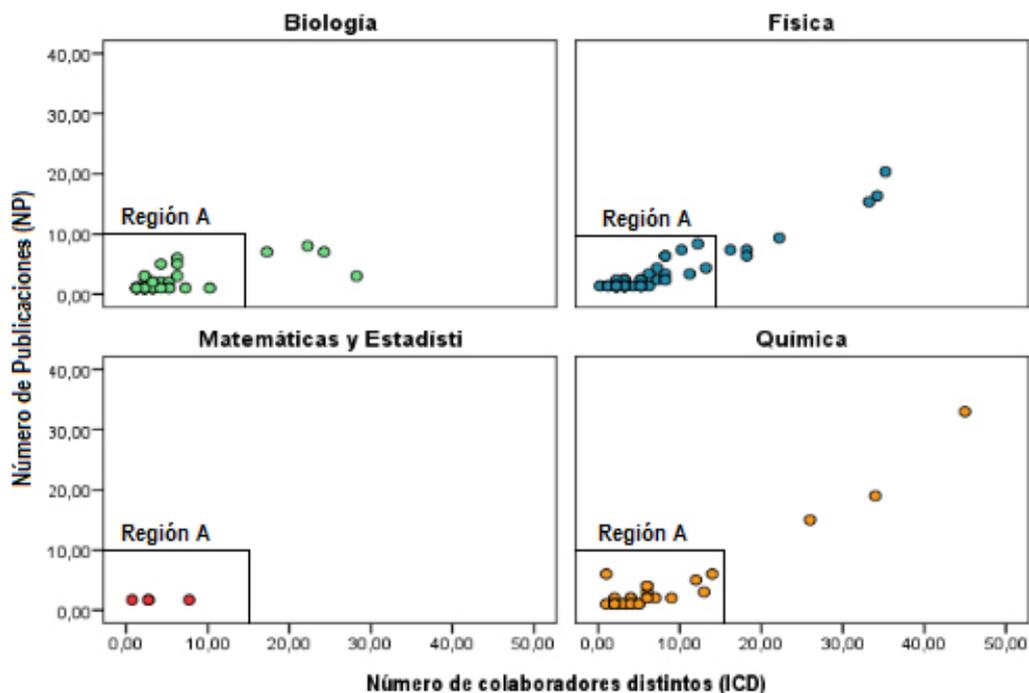
**Figura 4.** Red de Colaboración entre países, diferenciando entre nacional e internacional



**Figura 5.** Producción según porcentajes de colaboración internacional, de citación y artículos publicados



**Figura 6.** Correlación entre ICD y NP según Escuela



**Tabla II.** Correlación de Spearman entre NP, IC y ICD según escuela de la Facultad de Ciencias

Escuela	NP vs. IC	NP vs. ICD	IC vs. ICD
Biología	0,000	0,544*	0,788*
Física	0,214**	0,777*	0,738*
Química	0,172	0,697*	0,681*

\*significativo al 1%. \*\*significativo al 10%.