

Producción académica del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos durante sus primeros 25 años de existencia

Academic products of the graduate program in water resources during its first 25 years of existence

Diana Nazareth Ospina Rúa¹ & Francisco Mauricio Toro Botero²

1. M.Sc. en Ingeniería Administrativa, Bibliotecóloga Unidad de Documentación de Recursos Hidráulicos

2. Ph.D en Hidrociencias e Ingeniería, profesor Escuela de Geociencias y Medio Ambiente

*Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
fintoro@unal.edu.co; dnospina@unal.edu.co*

Recibido para evaluación: 16 de Agosto de 2009 / Aceptación: 18 de Septiembre de 2009 / Versión Final: 29 de Septiembre de 2009

Resumen

Con motivo de los 25 años de actividades continuas del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, se presenta la proyección del Posgrado mediante el estudio de su producción científica, específicamente, las tesis (1984-2009) y los artículos científicos indexados en las bases de datos de la ISI Thomson durante el período 1990-2007. Se analizó la productividad y distribución temporal y temática para las tesis, así como la determinación de algunos indicadores bibliométricos para los artículos científicos como indicadores de productividad, colaboración y citación o visibilidad internacional de los docentes del Posgrado. Los resultados muestran, como aspectos más relevantes, una amplia gama de tesis y áreas temáticas cubiertas, un incremento anual constante de la productividad científica en revistas indexadas internacionalmente en los últimos 10 años y de gran calidad de acuerdo con su *Factor de Impacto*, así como una alta citación por parte de la comunidad científica y, en revistas con un alto *Factor de Impacto*, a los artículos publicados por algunos docentes del Posgrado.

Palabras clave: Producción científica; Productividad; Indicadores bibliométricos; Factor de impacto; Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Minas, Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos

Abstract

As a act of recognition to the Graduate Program in Water Resources and Planning of the School of Mines of the National University of Colombia, Medellin Campus, for its first 25 years of continuous academic activities, It is shown in this paper, the Graduate Program visibility in terms of its scientific production represented by the students' thesis and by the scientific papers published internationally and reported by the ISI Thomson data base, for the 1990 to 2007 period. The productivity represented by the thesis was analyzed by considering the time distribution, and the areas of knowledge. For the Scientific papers, some bibliometric indexes such as productivity, collaboration and citation were analyzed. The results show that the thesis covered a wide range of topics and a continuous increment during the last 10 years of the scientific papers with the corresponding increment in the mentioned indexes.

Key Words: Scientific production, Bibliometric indicators of productivity, National University of Colombia, School of Mines, Graduate Program in Water Resources and Planning.

1. Introducción

El aprovechamiento adecuado del recurso agua es una necesidad fundamental para el desarrollo integral del país, máxime que Colombia es uno de los países más ricos del mundo en recursos hídricos. Este desarrollo está supeditado a la formación del recurso humano capacitado en el área y que pueda determinar las disponibilidades de aguas tanto subterráneas como superficiales, estimar demandas futuras del recurso de acuerdo con el crecimiento del país, señalar los proyectos hídricos de orden prioritario, articular el desarrollo de los recursos de agua con la realidad nacional, y que al mismo tiempo pueda ir creando una base científica netamente nacional que prepare, motive y fortalezca a los docentes e investigadores del futuro. Es bajo este marco de referencia que se estableció la necesidad de crear el Programa de Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en la década de los 80 en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

El Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (PARH) fue creado en la modalidad de magíster en 1983 mediante el Acuerdo 169 del Consejo Superior y su plan de estudios aprobado por el Acuerdo No. 25 del Consejo Académico (UNAL. Normatividad), iniciando actividades en agosto de 1984. El programa contó inicialmente con el apoyo del "Proyecto ICFES-BID-UN para el Desarrollo de la capacidad de Investigación en Colombia" que fue esencial para su consolidación. Actualmente, el posgrado hace parte de la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas de la Universidad de Colombia, Sede Medellín (UNALMED).

En nombre del Estado Colombiano, la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) cumple funciones orientadas a promover el desarrollo de la educación superior hasta sus más altos niveles, fomentar el acceso a ella y desarrollar la docencia, la investigación, las ciencias, la creación artística y la extensión, para alcanzar la excelencia y los fines señalados en el artículo 2 del Decreto Extraordinario 1210 de 1993 (UNAL. Normatividad). Desde su creación hasta la fecha, el PARH ha contribuido cabalmente a estas funciones, la actividad docente, de gran trayectoria, se realiza al apoyar los programas curriculares de pregrado y posgrado de la Facultad de Minas. A través de la extensión, el

PARH, con varias entidades del sector público y privado, ha ejecutado investigaciones, trabajos y asesorías que van desde modelos hidráulicos a escala reducida correspondientes a diferentes proyectos hidroeléctricos que se han realizado en Antioquia y en el país (diseñados en el laboratorio de hidráulica), hasta la elaboración de Planes de Ordenación y Manejo Territorial. Algunos de estos proyectos son reseñados por Ángel (2004). A través de la actividad investigativa se han logrado obtener varios productos representados en libros, artículos en revistas nacionales e internacionales, tesis doctorales, premios y distinciones académicas a nivel nacional e internacional.

El desarrollo de la investigación, la cualificación de sus recursos humanos y la consolidación del grupo de investigación del Posgrado en Recursos Hidráulicos que ha sido reconocido, en todas las convocatorias de COLCIENCIAS, como grupo de excelencia (actualmente categoría A1, convocatoria 482 del 2008) permitió ofrecer desde 1992 las modalidades de formación avanzada de Especialización y Doctorado, convirtiéndose este último en el primer programa de Doctorado en ingeniería creado en Colombia y del cual ya se tienen cinco egresados.

Las líneas de investigación del PARH están determinadas por el Acuerdo No. 25 de 1984 (UNAL. Normatividad) que definió cuatro áreas de profundización, a saber: a) Planeamiento y Manejo de Recursos Hidráulicos que maneja tópicos como planeación, optimización, desarrollo y administración de sistemas de aprovechamiento de recursos del agua; b) Hidrología Estocástica que incluye la modelación probabilística de los procesos hidrológicos regionales y el tratamiento del problema de la información escasa; c) Sistemas Hidrológicos orientados al estudio de la interacción del agua con el clima y la geomorfología; d) Hidrología de Aguas Subterráneas donde se estudian aspectos relacionados con la modelación de acuíferos, la interacción acuífero-río y el potencial del recurso agua subterránea a nivel regional.

A partir del Acuerdo 29 de 2002 del Consejo Académico (UNAL. Normatividad), se modificó el Programa de Maestría en Ingeniería-Recursos Hidráulicos: las líneas de investigación se diversificaron con el propósito de atender las necesidades actuales del país y se potencializó el recurso docente existente en el momento. Se mantuvieron algunas de las líneas de investigación originales como Planificación y Manejo de Recursos

Hidráulicos, Sistemas Hidrológicos, e Hidrología de Aguas Subterráneas y se introducen unas nuevas como Hidrometeorología, Oceanografía, Mecánica de Fluidos, Hidrodinámica e Hidráulica. Es bajo estas líneas de investigación que se producen tesis y artículos científicos en el PARH.

El propósito de este trabajo es dar a conocer y analizar parte de la actividad investigativa desarrollada por el PARH, en especial, la referente a productos científicos como tesis realizadas desde el inicio del posgrado hasta la fecha. Además, se presenta un análisis, a través de indicadores bibliométricos, de los artículos de los docentes del PARH con visibilidad internacional, indexados en las bases de datos de la ISI Thomson Scientific desde 1990 al 2007 y consultadas a través de la Web of Science (WoS). Las bases de datos de la Thomson Scientific, antiguo Institute for Scientific Information-ISI- de Filadelfia (ISI Thomson), no son las únicas bases de datos que contienen información científica indexada. Existen otras como, Medline, Biosis, Physics Abstracts, Chemical Abstract etc. Sin embargo, desde 1964 las bases de datos de la ISI Thomson Scientific han desempeñado un papel importante en el desarrollo de la medición científica ya que tienen ventajas que las hacen imprescindibles en el desarrollo de indicadores bibliométricos.

Dentro de las ventajas que han permitido generalizar el uso de las bases de datos WoS, y las razones que conllevaron a escogerla para el estudio, se pueden enumerar las siguientes: La WoS cubre una selección de las principales revistas científicas del ámbito internacional que pasan exhaustivos controles de calidad realizados por los comités editoriales a través de la revisión por pares o sistemas similares; el procesamiento de las referencias permite crear indicadores de impacto; la cobertura de los datos de citación; las políticas de indexación exhaustiva de los documentos en las revistas científicas; indexación completa del campo correspondiente a las instituciones de los autores firmantes (direcciones), entre otras.

El presente trabajo se divide en dos tópicos generales. En el primero se presenta información sobre los indicadores bibliométricos empleados buscando que el lector pueda valorar el significado de éstos. En el segundo aparte se presenta el análisis de la productividad del PARH en términos de tesis y artículos científicos.

2. Indicadores bibliométricos

Un nuevo conocimiento adquiere valor cuando se da a conocer y se difunde, porque sólo así podrá contribuir al avance científico (Bordons & Zuleta, 1999). Por ello, la publicación científica se convierte en un producto importante y tangible de la investigación, y los indicadores bibliométricos adquieren validez como medida de esta actividad (Pérez –Matos, 2002).

Sanz Casado & Martín Moreno (1997) definen los indicadores bibliométricos como “*Los datos numéricos extraídos de los documentos que publican los científicos o que utilizan los usuarios, y que permiten el análisis de las diferentes características de su actividad científica vinculadas, tanto a su producción como a su consumo de información*”. Se hace visible en esta definición la doble faceta de los indicadores, al dar cuenta tanto de una determinada actividad científica, como de los hábitos, necesidades y uso que hacen de la información los distintos grupos de investigación. El propósito desde sus inicios ha sido la descripción de los resultados científicos básicamente desde dos puntos de vista: a) cuantitativo, basado en la producción y se centra en el recuento de publicaciones, y b) cualitativo, a través de su impacto, y difusión dentro de la comunidad científica y el cual se cuantifica al usar el *Factor de Impacto* (dado por la base de datos *Journal Citación Research - JCR*), de las revistas en que se publica.

Los indicadores bibliométricos pueden revelar los movimientos de los autores de unos centros a otros, los lazos que se establecen entre unos organismos y otros, como las empresas o los institutos de investigación, y con esos datos se pueden trazar mapas que examinen los flujos de conocimientos ligados a la investigación. Los datos por evaluar a través de los indicadores bibliométricos están presentes en los formatos que las bases de datos registran para cada documento y pueden ser: nombres de los autores y/o de las instituciones colaboradoras en un artículo, palabras contenidas en los títulos o resúmenes, las disciplinas a las que pertenecen las revistas donde se publica, fechas, citas bibliográficas que hace cada artículo, códigos de clasificación de patentes, etc.

2.1. Indicadores de producción

Los indicadores de producción más sencillos y habituales hacen los conteos de publicaciones, propagados a través de canales formales y públicos, durante un período determinado y revelan información sobre los tipos de documentos (congresos, libros, tesis, etc.), los idiomas, y las revistas de publicaciones elegidas para la divulgación de la investigación, así como las disciplinas en que se trabajan, las tendencias, la especialización y el número de autores, instituciones o países participantes en los documentos.

El número de publicaciones se considera como el más básico entre los indicadores de producción, siendo el primero en utilizarse y representa la actividad y la productividad de un agregado como puede ser un país, un centro de investigación o una disciplina. El número de publicaciones en revistas científicas puede ser un indicador valioso para determinar el nivel de internacionalización de la producción en revistas científicas si se especifica en qué base de datos están indexadas. Van Raan (2004) recomienda conocer el porcentaje de publicaciones indexadas en los "Citations Indexes del ISI" para determinar la orientación nacional o internacional del agente evaluado.

2.2. Indicadores de colaboración

En los últimos años la co-autoría en artículos científicos se ha incrementado debido a las siguientes causas: a) La alta especialización de la ciencia actual con la creación de equipos de investigación cada vez más amplios; b) La multidisciplinariedad de los programas de investigación, que imponen la necesidad de contar con científicos de diferentes áreas para la resolución de los problemas; c) El costo de determinados proyectos, donde se hace necesario compartir los recursos disponibles; d) El desarrollo de la telemática y de las tecnologías de información, que ha agilizado y facilitado el intercambio fluido de ideas (Katz y Martín, 1997; Bordons y Gómez, 2000).

Con el propósito de cuantificar la colaboración, en cienciometría se calculan medidas basadas en los autores o en las instituciones que firman los documentos. Algunos de los indicadores más empleados se basan en el número promedio de firmantes por trabajo y se han aplicado prácticamente a autores, como el *índice de co-autoría* (Bordons & Gómez, 2000) o a instituciones, como

el *Índice de co-autoría institucional*. Otro indicador muy usado es el de los *Patrones de Colaboración* ("Collaboration Patterns") el cual clasifica, porcentualmente, los trabajos según tres tipos de colaboraciones: sin colaboración, colaboración nacional o colaboración internacional (Moed, Bruin y Van Leeuwen, 1995; Bordons y Gómez, 2000).

Un aspecto ampliamente estudiado de la colaboración es su influencia sobre la producción y el impacto. Katz y Martin (1997) y Glanzel (2001) muestran algunas de estas relaciones entre la colaboración y el aumento del rendimiento científico:

- La productividad elevada se correlaciona con la colaboración. La colaboración con científicos muy productivos ayuda a incrementar el *output* científico.
- Un elevado número de coautores aumenta la posibilidad de aceptación de manuscritos por parte de las revistas científicas, ya que se le supone una mayor validez al trabajo al haber sido revisado por más investigadores que han tomado parte del mismo.
- El número de autores se correlaciona con el impacto final que alcanza el trabajo. Es frecuente que los trabajos altamente citados estén firmados por muchos autores.
- Los trabajos firmados internacionalmente tienen un mayor número de citas. Los trabajos con colaboración internacional pueden alcanzar el doble de citas que los firmados por un solo país.
- Los trabajos internacionales suelen publicarse en revistas con mayor Factor de Impacto.

2.3. Indicadores de visibilidad e impacto

En su mayoría, estos indicadores se basan en la contabilización de las citas recibidas por los documentos o en las citas recibidas por las revistas donde están publicados. Desde sus orígenes, existe un debate abierto en la comunidad científica acerca de su significado y uso como medio de evaluación de la calidad científica con críticas constantes y variadas (León-Sarmiento, Bayona-Prieto y León-SM, 2007; McRoberts y McRoberts, 1996; Glanzel y Moed, 2002). La materia prima de estos indicadores, las citas, son un fenómeno complejo, producto de una actividad humana inserta en un contexto social muy determinado, por lo que es difícil establecer su función exacta y sistematizar una posible teoría de la citación.

Para Merton, (2000), las citas tienen principalmente dos funciones, una instrumental y otra simbólica. La función instrumental indica a los lectores las fuentes que han sido relevantes para el desarrollo y consecución de una investigación. La función simbólica se basa en el reconocimiento explícito, por parte de un experto, de la labor anterior realizada por un colega y de su influencia; esta función se enmarcaría directamente en el sistema de recompensas de la ciencia. Para Kostoff, (1998) las citas representan los cimientos intelectuales anteriores sobre los que se sustenta un trabajo de investigación y, por tanto, el trabajo citado supone un escalón en el desarrollo del conocimiento científico.

Acerca de la función de las citas se puede decir, sin embargo, que para los científicos es importante ser citado, no sólo eso sino serlo más allá de las propias fronteras, y además motivo de orgullo, ya que las citas van unidas a conceptos como autoridad, originalidad, buen hacer científico y es la forma existente en la ciencia para reconocerlo. Sin embargo, las citas no siempre son una mención a los referentes que sustentan una investigación o un reconocimiento de la autoridad científica. En ocasiones, se utilizan por otras razones como la crítica o la refutación de los trabajos, por lo que no siempre reafirman los aspectos positivos. En este sentido la concepción de la citación, como calidad, no se sostiene. Independientemente de si el trabajo ha sido comentado negativamente o positivamente, el nexo común entre las dos posturas es que éste ha sido consultado y utilizado. Por ello, para algunos autores las citas representan sobre todo la *utilidad*, y los indicadores de citación medirían el uso de los trabajos por otros científicos (Seglen, 1992).

Es de anotar que los indicadores basados en el *Factor de Impacto* y *citas directas*, pese a sustentarse sobre la misma materia prima, tienen un significado diferente, que no se debe confundir. Para Lee Pao (1991) aquellos indicadores basados en el *Factor de Impacto (FI)* representarían la calidad de las revistas donde se está publicando y para las cuales un valor alto del *(FI)* indica el alto grado de citación de la revista. Los indicadores basados en el recuento directo de citas, por otro lado, denotarían la influencia e impacto de un investigador sobre el resto de su comunidad científica. Tradicionalmente, para generar cualquiera de ellos hay que recurrir a la base de datos distribuidas por *Thomson-ISI* y, aunque su uso solo se ha generalizado en los últimos años, han surgido una serie de alternativas que también permiten la recopilación de las citas recibidas por revistas no recogidas por

el ISI. En el campo de las bases de datos científicas de carácter multidisciplinar, se encuentran iniciativas internacionales como *Scopus*, *Google Scholar*.

3. Búsqueda de los productos de investigación

Este trabajo se basa en datos obtenidos de dos tipos de fuentes de información: internas y externas. Las fuentes internas corresponden a información generada por la Universidad Nacional de Colombia y fueron básicamente: archivos.xls que contenían la información de la planta de docentes de la UNAL, activos a septiembre de 2007, e información contenida en la base de datos bibliográfica de la Unidad de Documentación del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, además, de la Web docente de la UNAL. Las fuentes externas corresponden a las bases de datos de la *ISI Thomson*. Con el propósito de verificar información de la producción científica de los docentes se consultaron bases de datos como el *Currículum Vitae de Investigadores de América Latina y El Caribe –CvLAC* y los grupos de investigación de la misma región – *GrupLAC*, ambas pertenecientes a la Red ScienTI (<http://www.scienti.net/php/index.php?lang=es>).

Para la recopilación de las tesis se usó la base de datos de la Unidad de Documentación del PARH, y la estrategia de búsqueda consistió en recuperar el registro bibliográfico completo de la totalidad de las tesis elaboradas en el Posgrado. Las áreas temáticas en las que están clasificadas las tesis fueron dadas básicamente por las diferentes líneas de investigación que se trabajan en el Posgrado. La información fue vaciada y procesada en Excel 2007. La información acerca de los artículos científicos de los docentes del PARH fue extraída de las bases de datos de la *ISI Thomson*. En la Universidad Nacional se tiene acceso a estas bases de datos a través de la *ISI Web of Knowledge (WoS)* y del *Journal Citation Report (JCR)* desde el 2007 y pueden ser consultadas por intermedio del Sistema Nacional de Bibliotecas de la Universidad Nacional (SINAB).

La estrategia de búsqueda fue la de acceder a los registros de la base de datos completa en la versión en línea WoS (2006), que contenían los términos “*Univ Nac**” ó “*Nat* Univ*” simultáneamente

con el término “Medellín” en el campo “Adress”. La ecuación de búsqueda permitió recuperar los trabajos publicados por autores docentes de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Los registros recogidos se salvaron en formato win y formato txt. Los registros guardados en formato txt se exportaron al gestor de referencia bibliográfica ProCite 5.0.3 lo cual permitió: a) clasificar los documentos creando grupos por facultades y escuelas; y b) sacar el listado de publicaciones y autores para su depuración. Los registros en formato win permitieron el procesamiento de los datos que se realizaron con la hoja de cálculo Excel 2007.

Para analizar la información se hizo una normalización manual y semiautomática de ciertos campos, en particular el de autor, dirección y los nombres de las instituciones de los autores firmantes de los trabajos. Para la clasificación de los datos bibliográficos y su análisis posterior se han considerado dos variables: la temporal y la temática. La escogencia de estas variables se debe a la necesidad de poder definir niveles de agregación o acumulación de datos que permitan análisis relevantes de la información. En la distribución temporal, el período analizado para las tesis es desde 1984 a 2009. Los artículos científicos se extienden desde 1990 hasta 2007, siendo la última búsqueda en la WoS el 1 de mayo de 2008.

4. Productos científicos

El análisis de la productividad académica en la UNAL se centra de manera preponderante en los tipos de producción contemplados en los decretos 1444 de 1992 y 1279 de 2002, los cuales adoptaron la siguiente clasificación para la producción académica: a) artículos en revistas nacionales de circulación nacional, revistas nacionales de circulación internacional, y revistas indexadas internacionalmente; b) libros, impresos universitarios, reseñas, traducciones; c) videos y obras artísticas; d) premios y patentes; e) posdoctorados y tesis (UNAL, 2002.). La calidad de la producción con respecto a las publicaciones en revistas viene determinada por la clasificación que COLCIENCIAS, institución a nivel nacional encargada de la homologación de las revistas científicas de Colombia, hace de las revistas (A1, A2, B y C), donde el máximo puntaje se otorga a artículos publicados en revistas internacionales A1 que, generalmente, corresponden a las revistas indexadas en la bases de datos de la ISI Thomson

4.1. Tesis

Hasta la fecha, el PARH tiene 134 tesis de Maestría; cinco tesis de Doctorado y ocho de Especialización. En la Figura 1 se muestra esta producción, año a año, en el período 1987 a 2009. Cuatro períodos claramente distinguibles aparecen en la Figura 1.

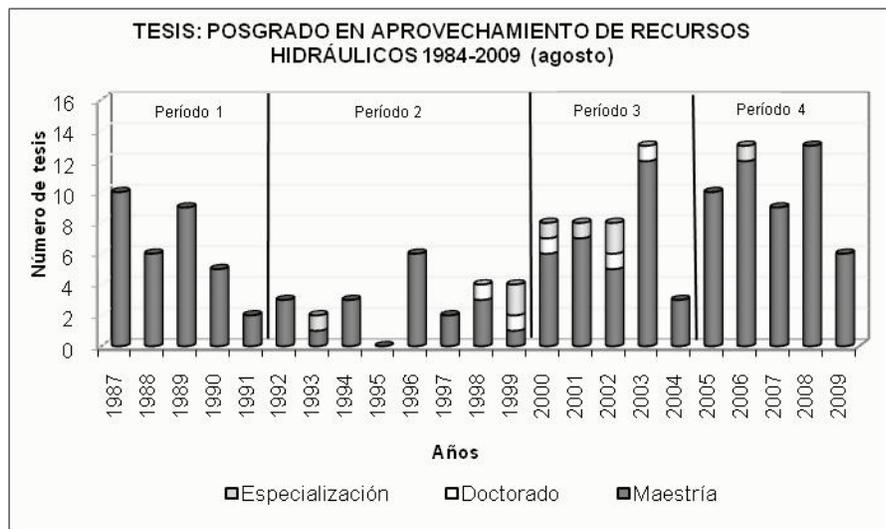


Figura 1. Tesis del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos 1984-2009 (julio).

Durante el período 1987 a 1991 se observa una tendencia de descenso en la producción desde 10 a dos tesis de Maestría con un promedio de seis tesis por año. Para este período no se tienen ni tesis de especialización ni de Doctorado. El segundo período cubre la producción del de 1992 a 1999 y se observa una tendencia de producción casi constante de dos tesis de Maestría por año presentándose dos años extremos, uno en 1995 con ninguna tesis y otro en 1996 con seis. En este período se tienen tres tesis de Especialización (una en 1993 y dos en 1999) y dos de Doctorado (en 1998 y 1999). La tesis de Doctorado de 1998 corresponde a la del primer graduado de Doctorado en Ingeniería de universidades Colombianas, título otorgado a un docente del PARH, quién además obtuvo su título de maestría también en el PARH.

El período 2000 a 2009 se dividió en dos períodos de cinco años cada uno, separados por un evento extremo, en 2004. El período 2000 – 2004 se caracteriza por una producción promedio de casi siete tesis de maestría por año, con un pico importante en el 2003 de 12 tesis. Durante este período se tienen casi una tesis de Especialización y de Doctorado por año. Finalmente, en el período 2005-2009 se lograron, en promedio, y con muy poca variación

anual, 10 tesis de Maestría. Se reportó, en este último período, sólo una tesis de Especialización y ninguna tesis de Doctorado. Durante todo el periodo de estudio (1987-2009) se tiene un promedio de casi seis tesis de Maestría por año.

De esta información se puede observar que la producción de tesis de Maestría en el PARH ha venido en aumento desde 1999, con algunos altibajos menores, producción que marca una recuperación importante con respecto al período anterior (1991-1999). Las tesis de Especialización muestran un período largo, entre 1993 y 2003 con una producción promedio de casi una tesis por año. Las tesis de doctorado muestran un comportamiento de casi una por año para el período 1998 a 2003 y ninguna en los últimos cinco años. Este comportamiento de las tesis de Doctorado cambiará dramáticamente durante el próximo quinquenio dado el número de estudiantes de doctorado matriculados hoy en día en el programa (15). Claramente, durante los 25 años del PARH las tesis de Maestría han sido los productos de investigación dominantes.

Con respecto a las temáticas de investigación, se observan unas que no han perdido vigencia, otras nuevas y de gran potencial a futuro y otras que prácticamente no han tenido repercusión en el

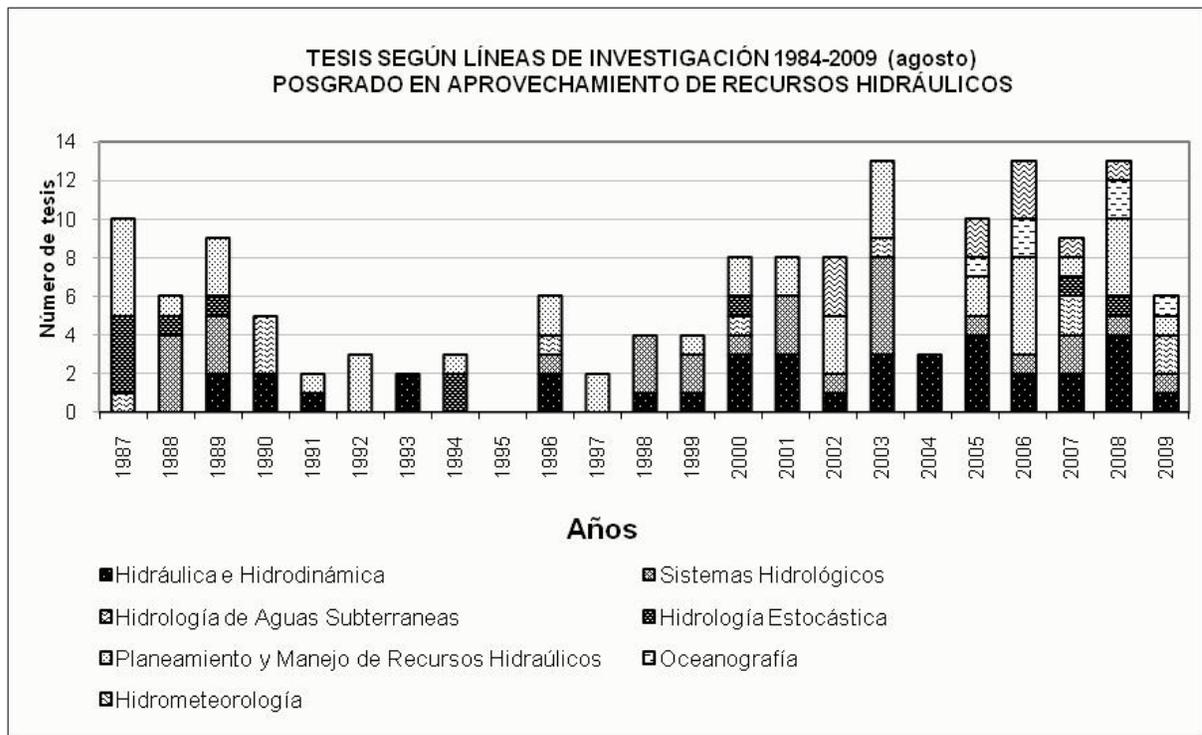


Figura 2. Tesis por líneas de investigación Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos 1984-2009 (julio).

PARH. En la Figura 2 se muestra una distribución de las tesis (Maestría, Doctorado y Especialización) por áreas de investigación, año a año, en el período 1987 a 2009. En primer lugar se observa que las áreas de Planeamiento y Manejo de Recursos Hidráulicos e Hidráulica e Hidrodinámica han mantenido su presencia durante todo el período, excepto durante cinco y seis años, respectivamente, siendo la primera la de mayor presencia con una producción total de 43 tesis (29% del total) correspondiente a un promedio anual de dos tesis por año, aproximadamente; valores que para el área de Hidráulica e Hidrodinámica corresponden a 37 tesis en total (25% del total) con un promedio anual de 1,7 tesis. El área de Sistemas Hidrológicos también ha tenido una presencia importante con una producción de 29 tesis en total (20% del total) con un promedio de 1,3 tesis por año. El área de Hidrología de Aguas Subterráneas ha tenido una presencia intermitente con una producción total de 11 tesis, (7% del total) lo mismo que el área de Hidrología Estocástica.

Dos áreas de investigación han aparecido en los años recientes, áreas que no son formalmente áreas temáticas del PARH, pero que se muestran como áreas de un gran potencial a futuro y de las cuales se cuenta en la actualidad con grupos de investigación formales, inscritos y avalados por COLCIENCIAS. El área de Oceanografía reportó 6 tesis (4% del total) desde 2005 (1 por año, en promedio) y el área de Hidrometeorología reportó 10

tesis (7% del total) desde 2002 con un promedio anual de una y teniendo un período de tres años sin tesis.

4.2. Artículos científicos en la WoS

Los Indicadores de producción de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín muestran que los docentes del PARH, en el periodo de 1990 a 2007, son los que mayor número de artículos (35 en total) indexados en WoS han producido (Ospina, 2009). La Figura 3 presenta el número de documentos indexados en la WoS, año a año, para el período 1990-2007, y en la cual se observan dos períodos de productividad distinta. El período 1990 – 1998 muestra una producción total de ocho artículos para un promedio de un artículo por año, con varios años sin producción y con un máximo de dos en 1993 y 1997. A partir de 1998, la producción de artículos se incrementa de forma continua desde un artículo en 1998 hasta siete artículos en 2007 con los años de 1999 y 2003 sin producción y los años 2000, 2002 y 2004 con dos. De los artículos publicados en la WoS, el 91% corresponde a la tipología de documento artículo (“*article*”), un 6% para cartas (“*letters*”) y otro 3% para revisiones (“*reviews*”); y en lo que hace referencia al idioma, el 83% de los documentos son escritos en inglés y el otro 17% en español (Tabla I).

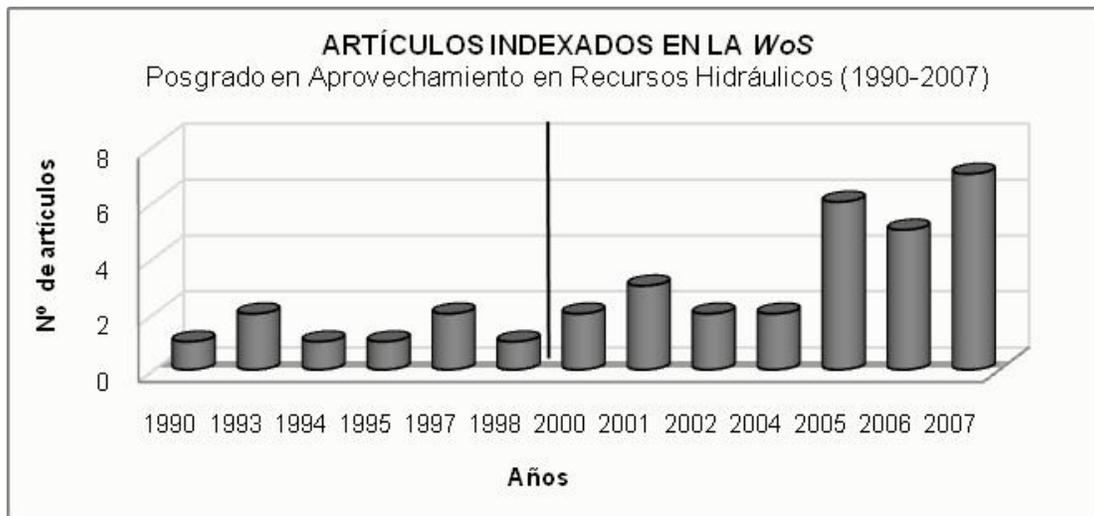


Figura 3. Artículos de los docentes del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos indexados en la WoS (1990-2007).

Tabla 1. Indicadores de producción del PARH en la WoS (1990-2007)

TIPO DE DOCUMENTO	NO. DE DOCUMENTOS	%	IDIOMA	NO. DE DOCUMENTOS	%
<i>Artículos</i>	32	91	<i>Inglés</i>	29	83
<i>Cartas al Editor</i>	2	6	<i>Español</i>	6	17
<i>Revisiones</i>	1	3			
Total	35	100		35	100

La calidad y el prestigio de las revistas puede ser medido por el Factor de Impacto (FI) determinado a partir de la base de datos Journal Citation Report (JCR) de la ISI Thomson y se calcula como el promedio de citas recibidas por los trabajos en una revista en el primero y segundo año tras su publicación. Las revistas donde se han escrito mas de un documento del PARH son de gran prestigio a nivel internacional como: Nature (2 letters) con FI = 31,434 y artículos en Water Resources Research (3) con FI = 2,398; en el Journal of Hydrology (2) con FI = 2,305; en Coastal Engineering (2) con FI = 1,844. En la revista Ingeniería Hidráulica en México, con un FI = 0,112, se han escrito los seis trabajos en español. Es de anotar que el FI es el correspondiente al JCR versión 2008.

Para una adecuada interpretación de los indicadores de colaboración es importante tener en cuenta que para la adscripción de documentos a las diferentes instituciones y países, en este estudio se utilizó el sistema de recuento total, según el cual se asigna cada documento completo a todas y cada una de las instituciones y países firmantes del mismo, teniendo en cuenta el nombre de la institución y país a la que pertenece el autor firmante. El sistema de recuento completo permite cuantificar la participación de las distintas instituciones en los trabajos, ofrece una visión más completa que el recuento por primer autor, y su fiabilidad ha sido repetidamente comprobada. El inconveniente

que presenta el método es la duplicación de documentos en los recuentos, que hace que las sumatorias sean superiores al total real de documentos.

Según el indicador de Patrones de Colaboración (sin colaboración, nacional e internacional) el PARH para el período de 1990-2007 muestran que 12 documentos, el 34.3%, se han escrito sin ningún tipo de colaboración externa al posgrado, es decir, única y exclusivamente por docentes del PARH y los cuales han recibido 104 citas que corresponde al 33,1 % de la citación del total, tal como lo muestra la Figura 4. El 65,7 % del total, es decir 23 documentos, han sido escritos con colaboración de instituciones tanto nacionales como internacionales. Importante resaltar que el 56.1% de las citas totales corresponden a artículos (16) escritos con colaboración internacional y citados 176 veces, muestra directa de los contactos académicos del PARH con centros internacionales de investigación, siendo la Universidad del Colorado, en los Estados Unidos, la institución con mayor colaboración (cinco documentos). Con instituciones a nivel nacional se han escrito siete documentos y de éstos se han obtenido 34 citas (10.8%), siendo la Universidad de Antioquia, con cinco documentos, y la Corporación de Investigaciones Biológicas, con cuatro documentos, las instituciones con mayor colaboración.



Figura 4. Número de citas, por patrón de colaboración, para los artículos de los docentes del Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en la WoS (1990-2007).

El país con el que más documentos en colaboración se han escrito es los Estados Unidos con 17 artículos elaborados con 10 instituciones diferentes (Figura 5), seguido por el Reino Unido con seis artículos y cinco instituciones y España con seis artículos y con cuatro instituciones.

Del análisis de los indicadores de visibilidad e impacto para el período 1990-2007 se obtuvieron 314 citaciones, por parte de la comunidad científica, para 35 documentos del PARH de los cuales 19 documentos (54,3%) han sido citados al menos una vez. En los años 1994 (un artículo) y 1997 (dos artículos) alcanzaron el mayor número de citaciones para este periodo.

En 1994 el artículo “*Multiscaling theory of flood peaks - regional quantile análisis*” publicado en la revista *Water Resources Research* y escrito por uno de los docentes del PARH en colaboración con la Universidad del Colorado, recibió 74 citaciones. Este mismo documento, al 2009 ha logrado obtener de la comunidad científica 92 citaciones y, como se puede observar en la Figura 6, en 1997 obtuvo el máximo de citación (12) y en el 2009 continúa siendo citado (6). Las tres publicaciones en las que más ha sido citado el artículo se pueden observar en la Tabla 2 donde aparecen revistas como *Water Resources Research*, con 25 citaciones y *Journal of Hydrology* con 8, cuyos Factores de Impacto en el JCR hablan de su calidad y prestigio.

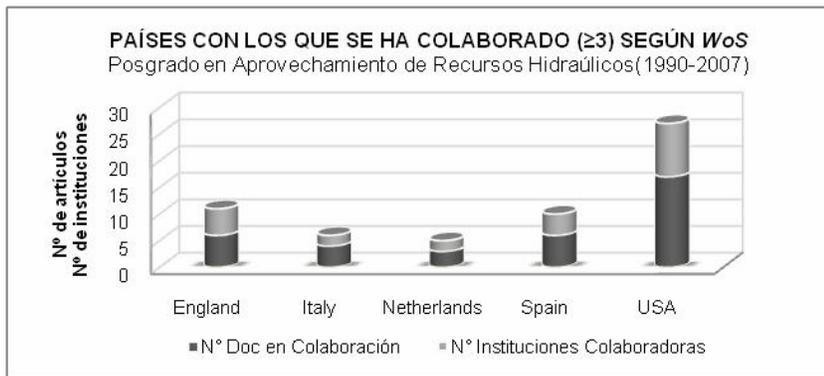


Figura 5. Países con los que ha colaborado el Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos para la elaboración de artículos (e" 3) en la WoS (1990-2007).

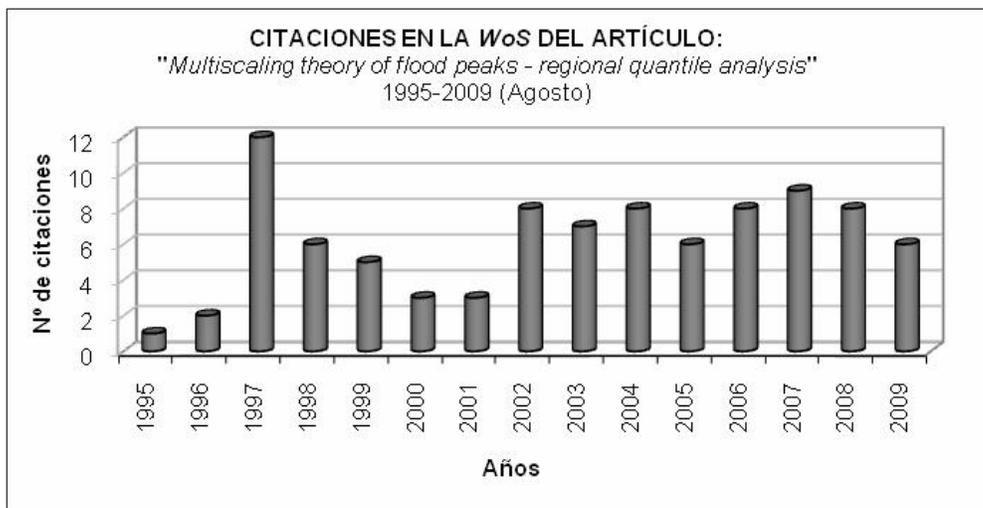


Figura 6. Evolución (1990-2009) del número de citaciones recibidas por el artículo “Multiscaling Theory of flood peaks - regional quantile analysis” en la WoS (2008).

Tabla 2. Publicaciones científicas que citan el artículo en la WoS (1990-2009)

ARTÍCULO: "MULTISCALING THEORY OF FLOOD PEAKS - REGIONAL QUANTILE ANALYSIS"
PUBLICADO EN: WATER RESOURCES RESEARCH **AUTORES:** GUPTA, VK; MESA, OJ; DAWDY, DR
AÑO: 1994

NO. DE CITACIONES (1995-2009): 92

Citado en: título de revista	Factor de Impacto (JCR-2008)	Citaciones recibidas
Water Resources Research	2,398	25
Journal of Hydrology	2,305	8
Journal of Hydrologic Engineering	1,007	7

En 1997 dos artículos publicados por docentes del PARH han sido de gran impacto en la comunidad internacional logrando un total de 98 citas (49 por cada artículo) en el período 1990-2007. El primer artículo "Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Nino Southern Oscillation" escrito en la revista Tropical Medicine & International Health ha obtenido de la comunidad científica, hasta la fecha y consultando la WoS, 59 citaciones. En la Figura 7 se puede observar la evolución de su citación, la cual alcanzó en el año 2000 el mayor

número de citaciones (9). El artículo fue escrito en colaboración con instituciones nacionales, como la Universidad de Antioquia y el Centro de Investigaciones Biológicas, e internacionales como la Universidad de Londres (London School of Hygiene & Tropical Medicine) y la Universidad John Hopkins en Baltimore, Estados Unidos. Las tres revistas que más han citado el artículo se pueden observar en la Tabla 3, donde se destaca el Factor de Impacto (6,123) de la revista Environmental Health Perspectives en la cual se ha citado tres veces dicho artículo.

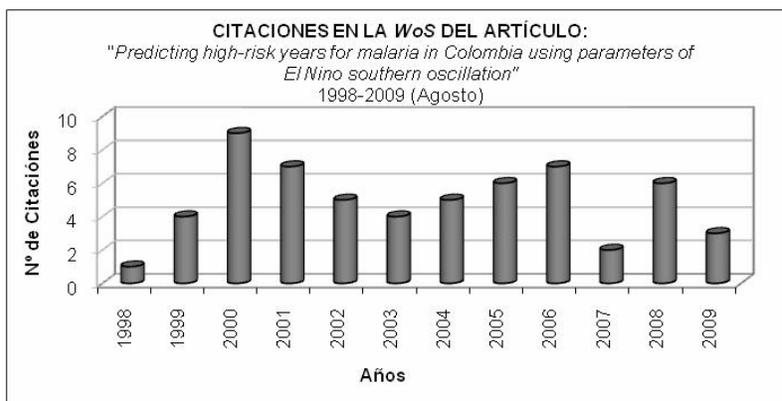


Figura 7. Evolución (1990-2009) del número de citaciones recibidas por el artículo "Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Ninosouthern oscillation" en la WoS (2008)

Tabla 3. Publicaciones científicas que citan el artículo en la WoS (1990-2009)

ARTÍCULO: "PREDICTING HIGH-RISK YEARS FOR MALARIA IN COLOMBIA USING PARAMETERS OF EL NINOSOUTHERN OSCILLATION"
PUBLICADO EN: TROPICAL MEDICINE & INTERNATIONAL HEALTH **AUTORES:** BOUMA, MJ; POVEDA, G; ROJAS, W; CHAVASSE, D; QUINONES, M; COX, J; PATZ, J
AÑO: 1997

NO. DE CITACIONES (1997-2009): 59

Citado en: título de revista	Factor de Impacto (JCR-2008)	Citaciones recibidas
Malaria Journal	2,913	5
Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	2,062	5
Environmental Health Perspectives	6,123	3

El segundo artículo "Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric phenomena" publicado por docentes del PARH ha tenido un gran impacto a nivel internacional, fue escrito en la revista Journal of Climate, y al 2009 había obtenido 58 citaciones. El comportamiento de la citación de este artículo se muestra en la Figura 8 donde se puede observar que en los años 2000 y 2006 obtuvo el mayor número de citas, nueve y ocho, respectivamente

y a 2009 continúa siendo citado (5). Es de resaltar que el documento fue escrito sin ningún tipo de colaboración, es decir única y exclusivamente por dos docentes del PARH. Las tres revistas que más han citado el artículo se pueden observar en la Tabla 4, donde cabe destacar el Factor de Impacto (4,307) de la revista Journal of Climate donde fue escrito el artículo y en donde se ha citado cuatro veces.

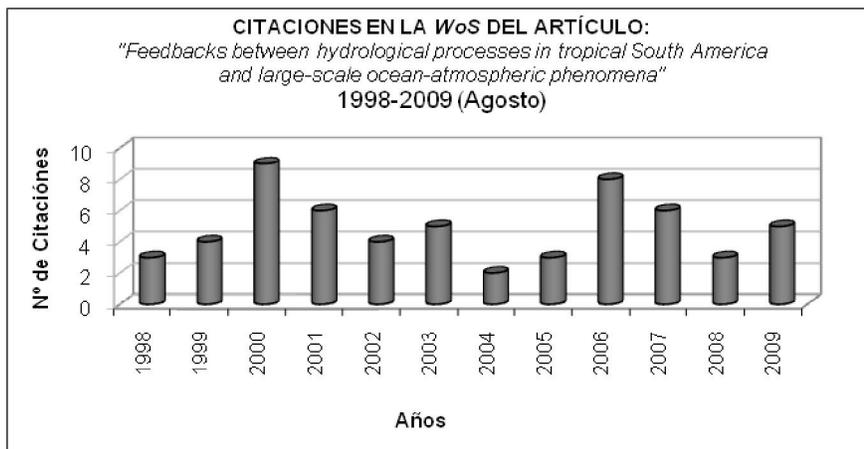


Figura 8. Evolución (1990-2009) del número de citaciones recibidas por el artículo "Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric phenomena" en la WoS (2008)

Tabla 4. Publicaciones científicas que citan el artículo en la WoS (1990-2009)

ARTÍCULO: "FEEDBACKS BETWEEN HYDROLOGICAL PROCESSES IN TROPICAL SOUTH AMERICA AND LARGE-SCALE OCEAN-ATMOSPHERIC PHENOMENA"		
PUBLICADO EN: JOURNAL OF CLIMATE		AUTORES: POVEDA, G; MESA, OJ
AÑO: 1997		
NO. DE CITACIONES (1997-2009): 58		
Citado en: título de revista	Factor de Impacto (JCR-2008)	Citaciones recibidas
Journal of Geophysical Research-Atmospheres	3,147	5
Journal of Climate	4,307	4
Hydrological Processes	2,002	3

5. Conclusiones

El número de tesis (147) elaboradas hasta el momento es un número significativo si se observa este ejercicio académico como la base en la formación de futuros investigadores, como el fortalecimiento de los grupos de investigación, como la actualización continua de los programas académicos del recurso agua y como los primeros ejercicios en torno a la coautoría. Estas tesis han tenido una divulgación en términos de artículos en

revistas indexadas internacionalmente (32), en Cartas al editor (2) y en revisiones (1). Los artículos, su gran mayoría en inglés, forman el 91% de las publicaciones.

Las tesis de Maestría de los estudiantes del PARH durante sus 25 años se concentran en dos áreas, a saber: Planeamiento y Manejo de Recursos Hidráulicos e Hidráulica e Hidrodinámica con tesis terminadas de forma continua en cada año de actividades con excepción de algunos pocos. Le siguen en importancia las áreas de Sistemas Hidrológicos e Hidrología de Aguas Subterráneas e Hidrología Estocástica. Es importante recalcar la aparición de

nuevas áreas de investigación durante los últimos siete años del PARH: las áreas de Oceanografía e Hidrometeorología, las cuales muestran un gran potencial en el futuro cercano. El estudio mostró que se ha tenido un incremento constante en la producción de tesis de Maestría desde el año 2000 con un promedio anual de ocho tesis. Este valor corresponde a un incremento muy importante con respecto a los períodos anteriores para los cuales se tenían promedios anuales de tres tesis.

Las tesis de Especialización (8) y las de Doctorado (5) son minoritarias en comparación con las de Maestría. Las tesis Doctorales, sin embargo, presentarán un cambio drástico para el quinquenio que se inicia, pues a la fecha el PARH cuenta con 15 estudiantes de Doctorado en diferentes áreas y niveles del programa.

Para la difusión de los trabajos científicos, los docentes del PARH emplean revistas indexadas en la base de datos de la ISI Thomson la cual proporciona un indicador importante de la relevancia científica alcanzada por sus investigaciones, además del prestigio de las revistas donde se publica. Una revista indexada internacionalmente, y en estas bases de datos en particular, es una publicación periódica de investigación reconocida en el mundo académico por su gran calidad e impacto y más susceptible de ser citada por la comunidad científica. El peso de las publicaciones, sin embargo, recae sobre unos pocos docentes del PARH.

El PARH durante sus 25 años de existencia se ha esforzado por integrar y vincular estrechamente la formación profesional, la extensión y la investigación científica al desarrollo del país y la región, con el compromiso de atender sus necesidades, problemas y carencias a través de la formación de profesionales íntegros y debidamente calificados en diferentes áreas del conocimiento, elaboración de trabajos de extensión a nivel nacional y regional e investigaciones importantes para la comunidad científica. Estas cualidades del PARH están respaldadas por la productividad presentada en este artículo, productividad que ha sido el fruto del trabajo de sus estudiantes a quienes se les debe gratitud y reconocimiento.

Bibliografía

- Angel, A.P., 2004. Historia: Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos 20 años 1984-2004. Medellín: [s.n.], 67 P.
- Bordons, M. and Gómez, I., 2000. Collaboration networks in science. Cronin, B, editor. The Web of Knowledge: A festschrift in honour of Eugene Garfield. Canadá: American Society for Information Science, pp. 197-209.
- Bordons, M. and Zuleta M.A., 1999. Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. Rev. Esp. Cardiol. No. 52, pp.790-800.
- Glänzel, W. and Moed, H.F., 2002. A. Journal impact measures in bibliometric research. Scientometrics. Vol. 53, No. 2, pp. 171-193.
- Glänzel, W., 2001. National characteristics in international scientific co-authorship relations. Scientometrics. Vol. 51, No. 1. pp. 69-115
- Katz S.J. and Martin, B.R., 1997. What is research collaboration? Res. Policy. No. 26, pp. 1-18.
- Kostoff, R.N., 1998. The use and misuse of citation analysis in research evaluation. Scientometrics. Vol. 43, No. 1, p.27-37
- Lee Pao, M., 1991. On the relationship of funding and research publications. Scientometrics. Vol. 20, No. 1 pp. 257-281
- Leon-Sarmiento F, Bayona-Prieto J y Leon SM., 2007. Concepciones, confusiones y contradicciones del factor de impacto en Colombia. Rev esp Salud Pública. Vol. 81, pp. 147-154.
- Mc Roberts MH y Mc Roberts BR., 1996. Problems of citation analysis. Scientometrics. Vol. 36, No. 3, pp. 435-444.
- Merton RK., 2000. On the Garfield input to the sociology of science: a retrospective collage. En Cronin B, Barsky H editors. The Web of Knowledge: a festschrift in honour of Eugene Garfield. Medford: Information Today, pp. 435-447
- Moed HF, De Bruin T y Van Leeuwen T., 1995. New bibliometric tools for the assessment of national research performance database description, overview of indicators and first applications. Scientometrics. Vol. 33, No. 3, pp. 381-422.
- Ospina, DN., 2009. Caracterización de la producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín en la ISI Web of Science (1990-2007). Tesis (Magíster en Ingeniería Administrativa). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, 185 P.
- Pérez-Matos N., 2002. La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines. . Ciudad de La Habana, Cuba. ACIMED. Vol. 10, No. 1-2.

Sanz-Casado E. y Martin-Moreno C., 1997. Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. Rev. Gen. de Inform. y Doc. Vol. 7, No. 2, pp. 41-68.

Seglen Po., 1992. The Skewness of science. J Am. Soc. Inf. Sci. Vol. 43, No. 9, pp. 628 - 638.

Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoria Académica, 2002. La institución: información general. Bogotá: Ediciones Antropodos, 250 p.

Universidad Nacional de Colombia. Secretaria General. Normatividad. <http://www.unal.edu.co/secretaria/normatividad.html> [consultado en agosto, 2009]

Van Raan A., 2004. Measuring science : capita selecta of current main issues. En Moed H, Glanzel W. Schmorch U editors. Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patents statistics in studies of S & T systems. Dordrecht: Kluwer, pp. 19-50.