
*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)*

DIANA NAZARETH OSPINA RÚA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE DE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN
Medellín, febrero de 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)*

DIANA NAZARETH OSPINA RÚA

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al

Título de "Magíster en Ingeniería Administrativa"

Director: Ph. D. Jorge Robledo Velásquez

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE DE MEDELLÍN
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN
FACULTAD DE MINAS
Medellín, febrero de 2009

CONTENIDO

| | Pag. |
|--|-------------|
| LISTA DE TABLAS | 8 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 9 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 13 |
| PRESENTACIÓN..... | 15 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 17 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 19 |
| 1.3 OBJETIVOS | 23 |
| 1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES..... | 24 |
| 2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE..... | 25 |
| 2.1 CIENCIOMETRÍA: ORIGEN Y DESARROLLO | 25 |
| 2.2 DOCUMENTOS TRATADOS POR LA CIENCIOMETRÍA..... | 29 |
| 2.2.1 Los documentos escritos en la producción de los conocimientos científicos y técnicos | 29 |
| 2.2.2 El sistema de publicación en la ciencia: bases del funcionamiento..... | 31 |
| 2.2.3 Elementos del sistema de publicación | 36 |
| 2.2.3.1 Las revistas científicas | 36 |
| 2.2.3.2 Estructura del documento científico: el artículo | 38 |
| 2.2.4 Las referencias bibliográficas en el análisis bibliométrico..... | 41 |
| 2.3 INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS..... | 45 |
| 2.3.1 Indicadores de Ciencia y tecnología | 45 |
| 2.3.2 Los indicadores bibliométricos | 47 |
| 2.3.3 Indicadores bibliométricos de actividad..... | 51 |
| 2.3.3.1 Indicadores de producción | 53 |
| 2.3.3.2 Indicadores de visibilidad e impacto..... | 55 |
| 2.3.3.3 Indicadores de Colaboración..... | 63 |
| 2.3.4 Indicadores relacionales..... | 66 |
| 2.3.4.1 Indicadores relacionales de primera generación | 67 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 2.3.4.2 | Indicadores relacionales de segunda generación..... | 70 |
| 2.4 | LA INVESTIGACION EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – UNAL | 71 |
| 2.4.1 | Generalidades | 71 |
| 2.4.2 | Institucionalización de la investigación en la UNAL | 73 |
| 2.4.3 | Resultados y productos de la actividad académica e investigativa | 76 |
| 2.4.4 | La UNAL hacia el año 2019 en el campo de la investigación | 77 |
| 3. | MATERIAL Y MÉTODOS | 81 |
| 3.1 | UNIDAD DE ANÁLISIS: LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN – UNALMED | 81 |
| 3.1.1 | La UNALMED y los estudios bibliométricos | 83 |
| 3.2 | FUENTE DE DATOS..... | 84 |
| 3.2.1 | BASES DE DATOS DE ISI -THOMSON SCIENTIFIC..... | 86 |
| 3.3 | BÚSQUEDA, PROCESAMIENTO Y CARGA DE LOS DATOS | 89 |
| 3.3.1 | Estrategia de búsqueda : extracción de los datos | 89 |
| 3.3.2 | Fases principales en el tratamiento y descarga de datos | 90 |
| 3.3.3 | Asignación y normalización..... | 91 |
| 3.3.4 | Tratamiento de los datos normalizados: niveles de agregación | 92 |
| 3.4 | INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS EMPLEADOS | 96 |
| 3.4.1 | Indicadores cuantitativos de la producción y actividad científica | 98 |
| 3.4.1.1 | Indicadores de producción Científica | 98 |
| 3.4.1.2 | Indicadores de la temática de la producción científica..... | 100 |
| 3.4.2 | Indicadores cualitativos de la producción científica: visibilidad e impacto..... | 102 |
| 3.4.2.1 | Indicadores de Impacto | 103 |
| 3.4.2.2 | Indicadores de visibilidad | 107 |
| 3.4.3 | Indicadores de colaboración | 108 |
| 3.4.3.1 | Indicadores para la colaboración entre autores | 108 |
| 3.4.3.2 | Indicadores para Patrones de colaboración..... | 109 |
| 3.4.4 | Indicadores relacionales y representación gráfica | 110 |
| 3.4.4.1 | Mapa de cocitación de clases | 110 |
| 3.4.4.2 | Principales países e instituciones colaboradores según, cantidad de documentos, citas y promedio de citas: mapa egocéntricos de colaboración..... | 112 |
| 4. | RESULTADOS..... | 114 |
| 4.1 | ASPECTOS CUANTITATIVOS SOBRE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA..... | 114 |
| 4.1.1 | Descripción y evolución de la producción científica de la UNALMED y la UNAL | 115 |
| 4.1.1.1 | Aporte de la UNALMED a la producción científica de la UNAL | 117 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.1.2 | Evolución y producción científica de las unidades académicas de la UNALMED | 118 |
| 4.1.2.1 | Evolución y producción científica de la Facultad de Ciencias -FC | 119 |
| 4.1.2.2 | Evolución y producción científica de la Facultad de Minas -FM | 120 |
| 4.1.2.3 | Evolución y producción científica de la Escuela de Física –FC-EF | 122 |
| 4.1.3 | Temática de la producción científica según clases ANEP | 123 |
| 4.1.3.1 | Distribución temática de la producción científica de la UNALMED y la UNAL ... | 123 |
| 4.1.3.2 | Distribución temática de la producción para la FC, FM y FC-EF | 125 |
| 4.1.3.3 | Temática observada / temática esperada (IET y IER) para la UNALMED. | 126 |
| 4.1.3.4 | Caracterización temática de la bibliografía citada..... | 129 |
| 4.1.4 | Indicadores de colaboración científica | 131 |
| 4.1.4.1 | Autores firmantes: distribución e índice de coautoría | 131 |
| 4.1.4.2 | Caracterización de los patrones de colaboración | 135 |
| 4.1.4.3 | Colaboración por países..... | 139 |
| 4.1.4.4 | Colaboración institucional | 142 |
| 4.2 | ASPECTOS CUALITATIVOS SOBRE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA: INDICADORES BASADOS EN EL FACTOR DE IMPACTO (FI)..... | 146 |
| 4.2.1 | Indicadores para el Factor de Impacto Normalizado – FIN para la UNALMED y unidades académicas analizadas (FM, FC, FC-EF) | 147 |
| 4.2.2 | Distribución de la producción de la UNALMED por cuartiles | 152 |
| 4.2.3 | El Potencial Investigador (PI) para la UNALMED y unidades académicas analizadas (FM, FC, FC-EF)..... | 155 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 159 |
| 5.1 | Sobre la actividad científica..... | 159 |
| 5.2 | Sobre la colaboración científica | 161 |
| 5.3 | Sobre el impacto de la actividad científica | 163 |
| 5.4 | Sobre indicadores relacionales usando <i>Análisis de Redes Sociales (ARS)</i> | 166 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 168 |
| 7. | REFERENCIAS..... | 169 |
| | ANEXO 1. MODELO RELACIONAL | 179 |
| | ANEXO 2 CORRESPONDENCIA DE CATEGORÍAS JCR A CLASE ANEP | 180 |
| | ANEXO 3. RESUMEN..... | 186 |

LISTA DE TABLAS

| | Pag. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Estructura típica del documento científico | 39 |
| Tabla 2. Elementos bibliográficos del Science Citation Index (SCI) | 42 |
| Tabla 3. Datos bibliográficos para el análisis bibliométrico | 42 |
| Tabla 4. Manuales OCDE de indicadores de C y T | 46 |
| Tabla 5. Características representativas de los indicadores bibliométricos | 48 |
| Tabla 6. Indicadores bibliométricos más usados clasificados a partir del esquema propuesto por Callon, Courtial & Penan (1995, p. 41-42) | 50 |
| Tabla 7. Rasgos principales para las citas y el Factor de Impacto | 63 |
| Tabla 8. Niveles de dirección de la Universidad Nacional de Colombia- UNAL | 72 |
| Tabla 9. Siglas de unidades académico administrativas y personal académico de la UNALMED. | 82 |
| Tabla 10. Relación de Indicadores bibliométricos utilizados para el análisis de la UNALMED | 97 |
| Tabla 11. Nombre y sigla de las clases temáticas ANEP | 123 |
| Tabla 12. IET por clase ANEP (f > 2%) 1995-2007 | 126 |
| Tabla 13. IER por clase ANEP (f>2%), 1995-2007 | 128 |
| Tabla 14. N° de documentos colaborados distribuidos por país con el número y promedio de citas alcanzadas con cada uno de ellos | 140 |
| Tabla 15. Número de documentos colaborados distribuidos por ciudades con el número y promedio de citas | 142 |
| Tabla 16. Número de instituciones colaboradoras distribuidas por países para la UNALMED. 1990-2007 | 142 |
| Tabla 17. Número de documentos colaborados distribuidos por instituciones internacionales y nacionales con el número y promedio de citas con cada una de ellas. | 143 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag. |
|--|-------------|
| Figura 1. La rosa de los vientos. .Fuente: Callon, Courtian & Penan (1995, p. 17) | 29 |
| Figura 2. Sistema de publicación científica. Fuente: elaboración propia. | 32 |
| Figura 3. Proceso de reinterpretación de la citación y sus consecuencias. Fuente: Glánzel et al., (2006). | 62 |
| Figura 4. Producción total y citable de la UNALMED | 115 |
| Figura 5. Tipología documental | 116 |
| Figura 6. Idioma de la producción científica | 116 |
| Figura 7. Tasa de Variación Interanual de la UNALMED | 116 |
| Figura 8. Porcentaje de participación de la producción científica de la UNALMED con respecto a la de la UNAL | 117 |
| Figura 9. Producción científica por unidades académicas | 118 |
| Figura 10. Producción científica por escuelas para la Facultad de Ciencias | 120 |
| Figura 11. Tasa de Variación Interanual de la Facultad de Ciencias | 120 |
| Figura 12. Producción científica por escuelas para la Facultad de Minas | 121 |
| Figura 13. Tasa de Variación Interanual de la Facultad de Minas | 122 |
| Figura 14. Tasa de Variación Interanual de la Escuela de Física | 122 |
| Figura 15. Producción para la UNALMED y la UNAL por clases temáticas ANEP en porcentaje | 124 |
| Figura 16. Producción para la FC, FM y FC-EF por clases ANEP en porcentaje | 125 |
| Figura 17. Índice de Especialización Temática por clase ANEP ($f > 2\%$), 1995-2007 | 127 |
| Figura 18. Índice de Especialización Relativa por clase ANEP ($f > 2\%$) 1995-2007 | 128 |
| Figura 19. Red de cocitación de clase temática ANEP para la bibliografía citada | 130 |
| Figura 20. Distribución del número de artículos según el número de autores firmantes para la UNALMED 1990-2007. | 132 |

| | |
|--|-----|
| Figura 21. Número de firmantes considerando todos los artículos: distribución y porcentaje | 132 |
| Figura 22. Índice de coautoría externa | 133 |
| Figura 23. Evolución anual general de los Índices de Coautoría General y de Coautoría UNALMED | 133 |
| Figura 24. Índice de Coautoría General para la FC, FM y FC-EF. Evolución anual 1990-2007 | 134 |
| Figura 25. Índice de Coautoría General para las clases temáticas ANEP. Evolución anual 1990-2007 | 135 |
| Figura 26. Porcentaje de patrones de colaboración | 136 |
| Figura 27. Evolución anual del porcentaje de patrones de colaboración 1990-2007 | 136 |
| Figura 28. Evolución del número y promedio de citas de los documentos por cada patrón de colaboración para la UNALMED 1990-2007 | 137 |
| Figura 29. Porcentaje de documentos y promedio de citas por patrón de colaboración UNALMED | 138 |
| Figura 30. Promedio de citas por patrón de colaboración para las unidades académicas. 1990-2007 | 138 |
| Figura 31. Promedio de citas por patrón de colaboración para las clases temáticas ANEP. 1990-2007 | 139 |
| Figura 32. Red egocéntrica de colaboración por países para la UNALMED 1990-2007 | 141 |
| Figura 33. Red egocéntrica de colaboración institucional internacional para la UNALMED 1990-2007 | 144 |
| Figura 34. Red egocéntrica de colaboración institucional nacional para la UNALMED 1990-2007 | 145 |
| Figura 35. Número de documentos publicados (≥ 5) en los diferentes títulos de revista | 146 |
| Figura 36. Evolución del Factor de Impacto Normalizado 1995-2007 para la UNALMED | 147 |
| Figura 37. Factor Impacto Normalizado de los documentos por clase ANEP para la UNALMED | 148 |
| Figura 38. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la FC (1995-2007) | 149 |

| | |
|--|-----|
| Figura 39. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la EF (1995-2007) | 149 |
| Figura 40. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la FM (1995-2007) | 150 |
| Figura 41. Histograma de frecuencia del Factor Impacto Normalizado de la FM | 150 |
| Figura 42. Factor Impacto Normalizado de los documentos por clase ANEP para la FC, FM y FC-EF | 151 |
| Figura 43. Número de documentos citables por cuartíl para la UNALMED. Evolución anual | 152 |
| Figura 44. Porcentaje de número de documentos citables por cuartil para la UNALMED | 153 |
| Figura 45. Número de documentos citables por cuartíl para la FC. Evolución anual | 154 |
| Figura 46. Número de documentos citables por cuartíl para la FM. Evolución anual | 154 |
| Figura 47. Número de documentos citables por cuartíl para la FC-EF. Evolución anual | 155 |
| Figura 48. Evolución (1995-2007) del Potencial Investigador de la UNALMED | 156 |
| Figura 49. Potencial Investigador de los documentos por clase ANEP para la UNALMED | 156 |
| Figura 50. Evolución 1995-2007 del Potencial Investigador de la FC, FM y FC-EF | 157 |
| Figura 51. Potencial Investigador de los documentos por clase ANEP para la FC, FM y FC-EF. | 157 |

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos:

A JORGE ROBLEDO VELÁSQUEZ profesor de la UNALMED y director del trabajo de grado, por su voto de confianza y sus oportunas y acertadas observaciones.

A FRANCISCO MORENO profesor de la Escuela de Sistemas por su colaboración en el diseño de la base de datos en Access, de gran importancia para el desarrollo del trabajo.

A MARTHA SILVIA MOLINA profesora de la Universidad de Antioquia, por su constante motivación y adentrarme en el campo de la cienciometría.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN por permitirme hacer lo que me gusta y en especial a los profesores, estudiantes y personal administrativo del posgrado en Recursos Hidráulicos de la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Facultad de Minas por estar siempre atentos a resolverme cualquier problema técnico.

A ISABEL CRISTINA ICALENCI estudiante de sistemas por hacer suyo, como trabajo de grado, el diseño de la base de datos.

A LIZETH SEPULVEDA, CARLOS ARANGO y GLORIA RIOS, compañeros de cohorte, por su amistad y su constante colaboración.

A MI FAMILIA por apoyar incondicionalmente todos mis proyectos de vida.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

PRESENTACIÓN

Las revistas científicas son una de las herramientas utilizadas para validar el conocimiento científico. Los investigadores tienden a publicar sus trabajos en revistas, asegurando con ello la transferencia de la información. Pero no todas las publicaciones detentan los mismos atributos o las mismas características (independientemente de su especialidad o idioma) que garanticen unos estándares mínimos de verificación sobre la validez de conocimiento que se transmite. Aquellas revistas que están recogidas en las bases de datos *ISI* pasan exhaustivos controles de calidad realizados por los comités editoriales a través de la revisión por pares o sistemas similares.

Este estudio recoge, analiza y caracteriza los productos correspondientes a la producción científica recopilada en las bases de datos *Thomson ISI* de los docentes de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - UNALMED. El principal objetivo fue analizar la actividad científica con visibilidad e impacto internacional de la UNALMED, tomando como referente las publicaciones científicas registradas en la *ISI Web of Science (WoS)* y el *Factor de Impacto (FI)* de la base de datos *Journal Citation Report (JCR)*, aplicando los desarrollos pertinentes de la *cienciometría* y *Análisis de Redes sociales (ARS)*.

El resultado final pretende mostrar una metodología a partir de la cual se pueden generar indicadores bibliométricos, que miden la visibilidad y el impacto de una comunidad científica, en nuestro caso los docentes de la UNALMED, a través de productos científicos como los artículos publicados en las revistas internacionales. Los indicadores *cienciométricos* son aceptados por la comunidad científica internacional, como elementos útiles para la observación del estado de la ciencia y de la tecnología a través de la literatura científica y constituyen un complemento informativo, cuantitativo y cualitativo, del que es necesario disponer en un proceso de toma de decisiones ágil y eficaz, en materia de política científica y tecnológica.

A su vez, el contenido del estudio se estructura de tal forma que se propone inicialmente en una Introducción la descripción del problema, la justificación y unos objetivos a cumplir, además del alcance y las limitaciones del mismo. En un segundo capítulo se elabora un marco teórico y un estado del arte donde se pretende realizar una aproximación a la teoría de la cienciometría, los indicadores bibliométricos y la investigación en la Universidad Nacional de Colombia. La metodología del trabajo se recoge en el capítulo 3 de material y métodos. Todos los datos y resultados del estudio se presentan en el capítulo 4, para finalizar con conclusiones y recomendaciones en el capítulo 5.

Para la interpretación de los resultados, es conveniente tener en cuenta que el presente estudio se centró en las publicaciones que de los docentes de la UNALMED se encontraban en las bases de datos */SI/*. No se trata del análisis de todo los productos científicos de la UNALMED, sin embargo, los documentos analizados son una muestra significativa, ya que son aquellos que tienen mayor probabilidad de ser difundidos y reconocidos como la aportación de la UNALMED a la ciencia mundial.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El uso de los indicadores bibliométricos para estudiar la actividad investigadora de un país o área se basa en que las publicaciones científicas son un producto esencial de dicha actividad. Un nuevo conocimiento adquiere valor cuando se da a conocer y se difunde, porque sólo así podrá contribuir al avance científico (Bodons & 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 la actividad científica (Pérez –Matos, 2002).

Los artículos científicos cuentan con información valiosa para ser tratada y analizada estadísticamente. Existe un cierto consenso acerca de que contar la producción de artículos de un país es un indicador básico para representar el conocimiento que públicamente (como salida o *output*), es accesible, y el estudio pormenorizado de sus contenidos permite conocer el impacto y la colaboración, ya que en su interior contienen trazos de los vínculos que existen entre las personas, las instituciones o las naciones que han intervenido en su publicación. Los indicadores bibliométricos pueden revelar también 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.

Desde hace años los estudios bibliométricos se están utilizando como parámetros para evaluar la investigación en el ámbito universitario y obtener de esta forma conclusiones sobre las distintas universidades, y es que, aunque es obvio que la calidad global de una universidad no depende únicamente de la calidad de su investigación, es constatable que las mayores distinciones entre universidades se dan en su función investigadora y no tanto en la docente (Print & Hattie, 1997).

Los estudios bibliométricos permiten el análisis de la producción científica, usando para ello bases de datos bibliográficas especializadas como la *Web of Science (WoS)* del *ISI Thomson Scientific*, y se convierten en una herramienta útil para identificar las variables que inciden en la configuración de la misma, proporcionando respuestas a preguntas tales como: ¿Cuándo y cuánto se produce en revistas indexadas internacionalmente? ¿Quién o quiénes producen artículos científicos? ¿Dónde y con quién se publican artículos científicos? ¿Quién y cuántas veces son citados los autores de artículos científicos? Estos estudios han sido cada vez más requeridos y utilizados no solo para la cuantificación de la producción científica, sino para otros fines como identificar grupos y áreas de excelencia, asociaciones temáticas, interdisciplinaridad, disciplinas emergentes, redes de colaboración temática; además, capturan mejor los resultados de las instituciones que, como las universidades, tienen incentivos para publicar a diferencia de otros investigadores que trabajan en otro tipo de centros (empresas).

A partir de la premisa que sitúa la investigación científica como actividad social, asimismo, se entiende que los aspectos más relevantes en el desarrollo de la ciencia dependen directamente de la comunidad científica que los produce, los difunde y los “consume”. Su evaluación va tomando cada día más importancia, ya que se hace necesario conocer los recursos que la sociedad destina a este sector y su rendimiento, al tiempo que sirve a los científicos como retroalimentación de la tarea realizada.

Los gestores de la política de ciencia y tecnología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín –UNALMED- demandan cada día más información detallada y exhaustiva de su actividad científica, no solo que cuantifique su producción científica sino que la caracterice en aspectos como sus tendencias, patrones de colaboración y su visibilidad e impacto internacional, lo que les permitirá evaluar de una forma más concreta y eficaz los procesos de investigación científica. Hasta el momento la Universidad Nacional de Colombia- UNAL y obviamente la Sede, no ha realizado estudios que den cuenta de la producción científica con visibilidad e impacto internacional de sus docentes. Una primera aproximación al asunto, desde un punto de vista exploratorio, y teniendo en cuenta la información registrada en las bases de datos de la *Thomson ISI*, accesibles a través de la *Web of Science (WoS)*, permitirá alcanzar una primera aproximación al reconocimiento de

esta producción científica, además de desarrollos conceptuales y metodológicos acerca del tema.

Se parte, entonces, de la carencia por parte de la UNALMED de estudios y metodologías para identificar y analizar la producción científica con visibilidad e impacto internacional de sus docentes y de la premisa de que el aumento de la producción científica de la UNALMED ha llevado paralelo un aumento en la calidad científica de la investigación realizada, medida esta última a partir de su visibilidad e impacto en las bases de datos del *Institute for Scientific Information (ISI)*. De ahí la necesidad de incorporar métodos e indicadores cuantitativos que describan, analicen y caractericen la producción científica de la institución, permitiendo a la Sede reconocer los desarrollos obtenidos en los procesos de producción científica internacional, y orientar la toma de decisiones por parte de los gestores de la política científica e investigativa que rige a la UNALMED.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La continua y creciente demanda de financiación de la actividad en ciencia y tecnología, cuyos resultados tienen gran influencia en el desarrollo económico y social del país y de la sociedad, ha originado la necesidad de cuantificar y evaluar la actividad científica, sus resultados e impacto. De ahí que un sinnúmero de indicadores para medir la capacidad científica y tecnológica, determinar los recursos humanos dedicados a ciencia y tecnología e interpretar la innovación tecnológica han sido desarrollados en los países donde esta actividad ocupa un lugar destacado, casi todos enfocados a los llamados indicadores de *insumo* que intentan medir las actividades de Investigación Experimental-Desarrollo-Innovación I+D+i.

En particular la *Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)* y la *UNESCO*, han desarrollado metodologías para elaborar indicadores, que pueden resumirse en tres manuales de referencia obligada: *Manual de Frascati*¹, *Manual de Oslo*

¹ <http://www.ocyt.org.co/doc.php>

y *Manual de Canberra*. Los estudios bibliométricos son parte de estos procedimientos, y en conjunto con otros indicadores, pueden ayudar a valorar el estado actual de la ciencia y apoyar la toma de decisiones y dirección de la investigación. Durante treinta y cinco años los indicadores bibliométricos de ciencia y tecnología se han publicado en los Estados Unidos por la *National Science Foundation*, desde que apareció en 1972 el primer informe “*Science indicators*” (Narin, Hamilton & Olivastro, 2000). La Unión Europea llevó a cabo su primer informe de indicadores de ciencia y tecnología en 1994.

La bibliometría constituye un medio para situar la producción de un país con respecto al mundo, una institución en relación con su país y hasta los científicos en relación con sus propias comunidades. Un análisis bibliométrico es una valiosa herramienta, tanto para el estudio del estado de las distintas disciplinas científicas, como para el de producción científica de una determinada región, disciplina o tema. Su objeto de estudio son los productos del pensamiento representados físicamente en documentos. En otras palabras, el conocimiento intelectual apoyado en soporte material (Camps et al., 2006).

La cienciometría ha permitido construir un conjunto de métodos e indicadores de producto basados en estudios bibliométricos y análisis de redes sociales que generan tanto indicadores cualitativos como cuantitativos, la mayoría de ellos basados en los *citation indexes* de las bases de datos de la *Thomson-ISI*, que permiten caracterizar la producción científica de un agente investigador y su impacto internacional. Las posibilidades que ofrecen este tipo de estudios, que ya tienen cierta tradición en Europa y en los países anglosajones, pero poca en los países de Iberoamérica, son múltiples y van mucho más allá del mero recuento bibliográfico. Permiten caracterizar aspectos de la actividad científica como la producción por países, por instituciones y por autores.

La mayor parte de los indicadores se recopilan a nivel nacional (FECYT, 2005). En ellos se recogen los datos de los actores del sistema, se analiza la colaboración a nivel nacional o se contabilizan el número de citas que obtienen los artículos que se han

¹ <http://www.ocyt.org.co/doc.php>

publicado en el país, región o dominio temático (Moya et al..., 2005a). Sin embargo, son menos frecuentes los análisis donde aparezcan publicados de forma regular indicadores que examinen la dinámica interna de los sistemas nacionales de ciencia con datos desagregados por centros o instituciones (Moya et al...,2005a) y al mismo tiempo necesarios, por cuanto permiten examinar las dinámicas internas de los sistemas nacionales.

En Colombia instituciones públicas, como *COLCIENCIAS*, encargadas de la distribución de los siempre escasos recursos económicos destinados al sistema de I+D+i, al igual que las mismas universidades, requieren cada vez más de instrumentos de análisis que les permitan comprobar la eficacia de sus políticas en ciencia y tecnología e investigación y que les ayuden a racionalizar y adecuar sus inversiones. Los estudios cuantitativos son una buena opción, pero la obtención de indicadores bibliométricos sobre sus investigadores, tanto para las universidades y otras instituciones de la ciencia, suele ser una labor difícil, ya que la producción de los mismos aparece dispersa en diferentes bases de datos poco normalizados.

En la UNALMED la investigación es el eje de la actividad académica y ha demostrado un incremento importante, a través de diferentes aspectos: número de proyectos, incremento y mejora del escalafón de sus grupos de investigación por parte de *COLCIENCIAS*, aumento en los indicadores de vinculación de estudiantes y profesores y ampliación de indicadores de producción investigativa. Sin embargo, la UNALMED no cuenta en la actualidad con información detallada acerca de la cantidad y caracterización temática de la producción científica de sus docentes, en publicaciones (revistas) indexadas en bases de datos reconocidas internacionalmente, que evidencian, de alguna forma, la visibilidad e impacto internacional de la investigación que realiza la institución en su conjunto y la caracterización temática de la misma.

La información acerca de la producción científica de la Sede es identificada internamente por los trámites que realizan los docentes ante el *Comité Interno de Asignación de*

Puntaje de la Universidad, con el propósito de asignación y reconocimiento de bonificaciones, o de puntos salariales por su producción científica en cumplimiento del artículo 25 del decreto 1279 de 2002 (UNAL, Vicerrectoría Académica)². También existe información registrada por los docentes en la base de datos institucional para la investigación, *Sistema de Información de la Investigación*, denominado *HERMES*, e igual en fuentes externas como los *Currículum Vitae de Investigadores de América Latina y El Caribe –CvLAC* y los grupos de investigación de la misma región – *GruPLAC*, ambas bases de datos pertenecientes a la *Red ScienTI*³.

La evaluación de la producción científica de los docentes, grupos investigadores e innovadores en instituciones y universidades colombianas, debe aplicar un sistema de indicadores tanto cuantitativos como cualitativos que partan de elementos tales como: el número de publicaciones; el tipo de revista donde se publica; la citación; un estudio más detallado de los patrones de citación que permitirá el seguimiento de influencias y redes informales del conocimiento y la amplitud del impacto de los escritores científicos; la colaboración entre investigadores, ya que las relaciones que el grupo establezca con otros grupos a nivel local, regional o internacional es un indicio de su dinámica; la visibilidad de la producción a nivel nacional, regional (América Latina) y mundial (COLCIENCIAS, 1992).

Si se parte de la premisa de que el conocimiento es acumulativo y la investigación se basa en estudios previos, los estudios métricos brindarán un gran aporte, ya que a través de ellos se puede acceder a información como los aspectos sociométricos de la comunicación científica; es decir, cómo los investigadores citan a otros, en función de qué motivos y cómo se varía entre disciplinas y países. De esta forma se puede ver cuál es el impacto que tienen autores o fuentes, citados en revistas científicas, dentro de su comunidad. Dado que los investigadores son también consumidores de información

² http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2000/A0010_00S.pdf

³ Red Internacional para la Gestión de Información y Conocimiento de la Ciencia la Tecnología y la Innovación

científica, los estudios métricos van a reflejar tanto la producción como el consumo de información.

1.3 OBJETIVOS

General

Describir y analizar la actividad científica con visibilidad e impacto internacional de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, con base en las publicaciones científicas registradas en la *ISI Web of Science (WOS)* y el *Factor de Impacto (FI)* de la base de datos *Journal Citation Report (JCR)*, aplicando los desarrollos pertinentes de la *cienciometría*, *visualización de la información* y *Análisis de Redes Sociales (ARS)*.

Específicos

- Identificar, describir y analizar el tamaño y evolución la producción científica de los docentes de la UNALMED registrada en la *ISI WoS*, determinando su contribución en relación a los contextos de la UNAL.
- Determinar la visibilidad y el impacto internacional de la producción científica, en particular la “*citante*” (artículos originales, notas y revisiones), de la UNALMED en la *ISI WoS* con base al FI de las revistas contenidas en la base de datos *JCR* y la información acerca del número de citas recibidas por los documentos analizados.
- Identificar y analizar los patrones de colaboración científica a nivel de instituciones y países.
- Describir y analizar los campos temáticos de investigación de la UNALMED, las Facultades y las Unidades Básicas de Gestión Académica – Administrativa (Escuelas), caracterizándolos y comparando su perfil con el de los contextos de la UNAL.
- Identificar los patrones de publicación y citas en las disciplinas más representativas de la Sede.

-
- Representar gráficamente, a través de técnicas de visualización, la colaboración científica de la UNALMED, además de mapas de cocitación para las categorías temáticas de las revistas contenidas en el *JCR*.
 - Implementar una metodología para obtener indicadores bibliométricos, relacionales y de visibilidad e impacto internacional, de la producción científica de los docentes de la UNALMED

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES

- La obtención de los indicadores bibliométricos estará limitada a la producción científica que de la Sede se encuentre en la *ISI Web of Science* para el periodo de 1990 a 2007 y donde la última búsqueda realizada fue el 1 de mayo de 2008.
- El análisis de la producción científica se limitará a la UNALMED y las facultades de Ciencias y Minas en su conjunto y en específico a la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias, por contar estas dependencias con más de 100 documentos en la *WoS* que permiten realizar un análisis.
- Para el cálculo de los indicadores de producción y colaboración se tendrá en cuenta todo el periodo a estudiar y todas las tipologías de documentos (artículos, cartas, revisiones de libros, correcciones etc). Para el cálculo de los indicadores de Visibilidad solo se tendrá en cuenta: la producción científica “*citante*” (artículos, revisiones y notas) para los años 1995 a 2007, por basarse estos indicadores en el *FI* de las revistas, el cual es tomado de la base de datos *JCR* que sólo trae dicha información a partir de 1998; además, se tendrá en cuenta sólo la producción científica que tenga *FI* asignado en *JCR* para el año respectivo o, en su defecto, el *FI* de un año posterior.
- Los grupos de investigación en este estudio no se han delimitado como unidad de análisis, a pesar de existir grupos consolidados en la UNALMED, a razón de que no es una práctica habitual entre los investigadores firmar bajo el nombre del grupo de investigación, o incluso pertenecer a uno, ni entre los gestores de bases de datos registrar dicha información, puesto que los sistemas de indexación no están adaptados de forma adecuada a los grupos de investigación (Dickersin et al., 2002)

2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1 CIENCIOMETRÍA: ORIGEN Y DESARROLLO

Para comprender el papel que juega la información en la vida de los científicos es fundamental conocer el mundo en que trabajan, la naturaleza de su trabajo, y las influencias a las que están sujetos. Este tema objeto de estudio de la sociología de la ciencia requiere de instrumentos conceptuales y metodológicos que se han desarrollado bajo los nombres de bibliometría y cienciaometría, y se han modelizado matemáticamente en la Infometria (Spinak, 1996).

La introducción de la palabra infometría se le atribuye al alemán Otto Nacker, quien la utilizó por primera vez en 1979 (Brookes, 1990). La infometría ha sido definida como una disciplina instrumental de las ciencias de la información; en un sentido más amplio estudia los aspectos cuantitativos de la información, no solo la compilada en registros bibliográficos sino que abarca todos los aspectos de la comunicación formal o informal, oral o escrita, es decir independientemente de la forma en que aparezca registrada y el modo en que se genere. Sus aplicaciones prácticas son diversas: la recuperación de información, la administración de bibliotecas, la historia de las ciencias y las políticas científicas de una institución o gobierno. Su alcance es, por tanto, teórico-práctico si bien se enfatiza, en primera instancia, el desarrollo de modelos matemáticos, concentra también su atención en la obtención de medidas para los diferentes fenómenos que estudia.

El valor de un modelo infométrico radica en su capacidad de resumir, en unos pocos parámetros, las características de distintos grupos de datos, así como en la posibilidad que brinda para establecer pronósticos sobre tendencias futuras y determinar el efecto de diferentes factores en variables de interés. De esta forma, el modelo informétrico también ofrece una base sólida para la toma de decisiones prácticas. Algunos autores como Spinak (1996), proponen el concepto de infometría para integrar la bibliometría y la cienciaometría.

De acuerdo a Tague-Sutcliffe (1992) Existen tres personalidades estrechamente ligadas al desarrollo de la informetría:

Lotka, (1926) quién estudió la productividad de los autores, que indica que en una determinada especialidad unos pocos autores publican un gran número de artículos, mientras que el gran número de autores restante publica muy poco. Ofreció el primer modelo de distribución tamaño/frecuencia de la autoría en los documentos de Química. A partir de ese modelo surgió lo que hoy se conoce como *ley del cuadrado inverso de Lotka*.

Bradford (1934), el cual investigó la productividad de las revistas, con dos aportes teóricos, que conforman la denominada ley de Bradford, según la cual un pequeño número de revistas sobre una determinada especialidad reúne la mayor parte de artículos sobre el tema, lo que permite a las bibliotecas ahorros considerables en suscripciones. Es decir, unas pocas publicaciones, que son las de mayor prestigio, concentran la mayoría de los trabajos mientras que los restantes están dispersos en gran número de revistas que tratan, cada una, de varios temas

Zipf (1949), quien estudió la frecuencia de aparición de las palabras, desarrolló una distribución de frecuencia de rango por tipo de palabra y demostró que la frecuencia de una palabra es inversamente proporcional al rango (ley de Zipf).

Otra disciplina relacionada estrechamente con la cienciometría es la bibliometría que estudia aspectos cuantitativos de la producción, diseminación y uso de la información registrada, es decir, de la comunicación impresa. Aplica métodos y modelos matemáticos al objeto de estudio de las bibliotecas, contribuyendo a la dirección y organización de los procesos bibliotecológicos. Para Callon...et al (1993) la bibliometría se interesa principalmente por los problemas de gestión de las bibliotecas y los centros de documentación, lo que incluye el recuento de artículos y publicaciones, así como estudios más detallados sobre una disciplina determinada.

Se plantea que el primer estudio bibliométrico fue realizado por Cole y Eales en 1917. En él se realizó un análisis estadístico de las publicaciones sobre anatomía comparativa entre los años 1550 y 1860, según su distribución por países y las divisiones del reino animal. A continuación, en 1923 E. Hulme, bibliotecario de la *British The Patent Office*,

hizo un análisis estadístico de la historia de las ciencias, lo cual constituyó un primer acercamiento a lo que se llamaría posteriormente cien-ciometría. Más adelante, en 1927, Gross y Gross analizaron las referencias hechas en artículos de las revistas sobre Química, indexadas por *The Journal of American Chemistry Society* en 1926 (Pérez-Matos, 2002).

A pesar de los estudios realizados por Ranganathan en 1948 (quién fue el primero que empleo el término '*Librametry*' para referirse a la bibliometría), el término «bibliometría» fue definido por primera vez en 1969 por Alan Pritchard, quien sugirió que debía reemplazar al término "bibliografía estadística", como se le conocía con anterioridad, debido a que se podía confundir fácilmente con una bibliografía sobre estadística, y definió la bibliometría como la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para definir los procesos de la comunicación escrita, la naturaleza y el desarrollo de las disciplinas científicas mediante técnicas de recuento y análisis de la comunicación

En lo referente a la cienciometría, ésta aplica técnicas bibliométricas a la ciencia. El término ciencia se refiere a las ciencias físicas y naturales, así como a las ciencias sociales (Spinak 1998). La cienciometría va más allá de las técnicas bibliométricas, ya que también examina el desarrollo y las políticas científicas

Para Callon, Courtial & Penan, (1995 p. 9) la cienciometría comprende aquellos trabajos dedicados al análisis cuantitativo de la actividad científica y técnica, su origen está asociado a la aparición, en 1979, de la revista titulada *Scientometrics* y es el resultado de la convergencia de dos movimientos: uno americano, centrado en el estudio de la ciencia de las ciencias; y el otro de los países del Este, especialmente la Unión Soviética, corriente denominada como *Naukovodemia*. En el primer caso, los estudios iniciales desarrollados están asociados al nombre de *Derek de Solla Price*, gracias a sus libros, publicados en los años sesenta, en especial *Little Science, Big Science*. En estos se describen toda una serie de trabajos bibliométricos de comienzos del siglo XX, referentes al análisis de la ciencia. El movimiento de la *Naukovodemia* tiene un objetivo similar al de los americanos, es decir, estudiar científicamente la actividad de la investigación para favorecer su desarrollo. Su primera publicación tuvo lugar en 1926 con un artículo de

Borichevski en el que se anuncia la constitución de un nuevo campo de investigación enfocado hacia el estudio de la naturaleza intrínseca de la ciencia.

De Solla Price (1963) afirmó que la actividad científica estaba regida por ciertas reglas o leyes. Por ejemplo: a) que la proliferación del conocimiento científico en un área determinada sigue una curva en forma de S, b) que la colaboración entre investigadores depende de una serie de reglas sociológicas tales como la aparición de colegios invisibles, y c) que las distribuciones bibliométricas se ajustan a distribuciones hiperbólicas de ventaja acumulativa, según la cual el éxito genera éxito (esto significa que cuantos más trabajos ha producido un autor más facilidad parece tener para producir otros, o que cuantas más citas recibe, más posibilidad tendrá de ser citado).

Canales Becerra y Mesa Fleitas (2002) citando a M. Dolores Alcaín, plantea que a partir de la obra de Price se desarrolla un nuevo campo: El análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica y que a este campo se le denomina Cienciometría

“...cuando los estudios se realizan sobre la producción y productividad de los autores científicos, organismos de investigación, escuelas científicas. Para ello se utilizan: Índice de Lotka, determinación del “impacto” y “visibilidad” mediante el índice de Platz; determinación de “colegios invisibles” y otras relaciones entre científicos; indicadores sobre relaciones entre científicos e instituciones (índice de Kessler); indicadores sobre relaciones entre científicos, instituciones y trabajos a través de las co-citas (índice de Small)”.

En resumen se puede decir que el objeto de estudio de las disciplinas conocidas como infometría, bibliometría y cinciometría está definido por las ciencias a las que sirven de instrumento. Sin embargo existe un alto nivel de solapamiento entre ellas, fundamentalmente en el flujo del conocimiento / información y en el objeto y tema de estudio específico. La bibliometría es la disciplina instrumental de la bibliotecología, en tanto la cienciometría lo es de la ciencia, y la Infometría de las ciencias de la información. La terminología continúa siendo algo confusa, sin que los especialistas se pongan totalmente de acuerdo. No obstante, en los últimos años estas técnicas son objeto de interés creciente entre la comunidad científica.

2.2 DOCUMENTOS TRATADOS POR LA CIENCIOMETRÍA

2.2.1 Los documentos escritos en la producción de los conocimientos científicos y técnicos

Para Callon, Courtian & Penan (1995, p. 15-18) resulta útil considerar que la investigación es una actividad cuya naturaleza y cuyos resultados pueden ser analizados a partir de cinco dimensiones principales que constituyen lo que el Centro de Sociología de la Innovación llama “la rosa de los vientos” de la investigación (Figura 1.)

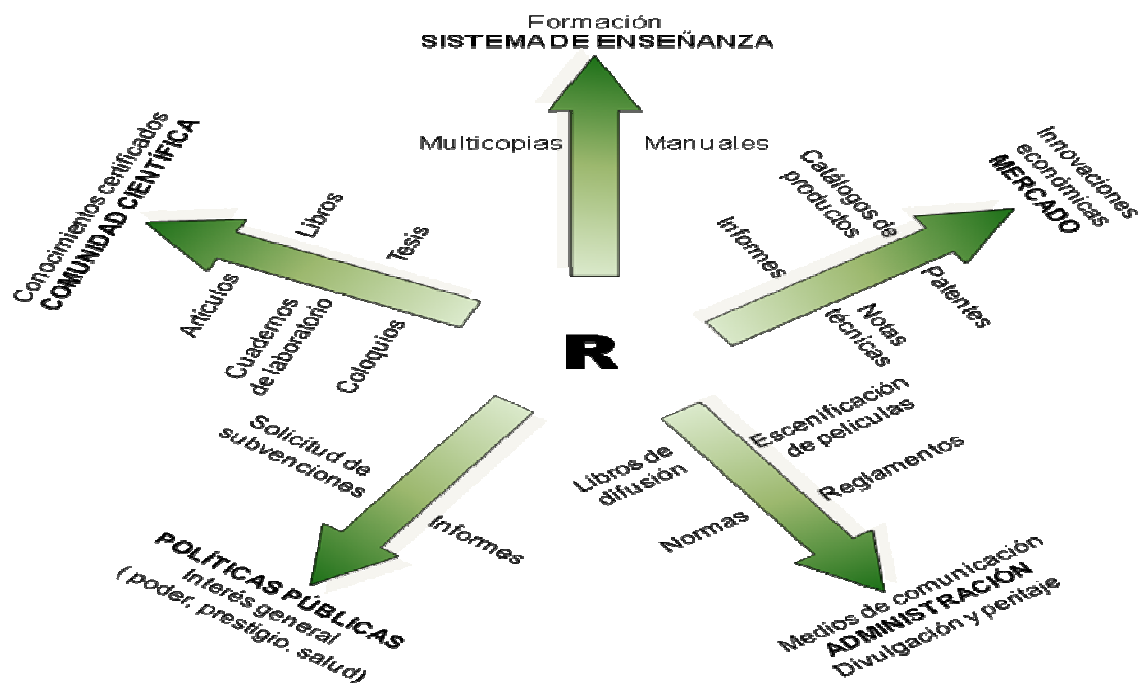


Figura 1. La rosa de los vientos. .Fuente: Callon, Courtian & Penan (1995, p. 17)

Los autores afirman que los investigadores se ven abocados a producir documentos escritos cualquiera que sea la dimensión en la que estén inmersos. Lo hacen cuando:

Elaboran conocimientos certificados y publican artículos, cuya calidad y cuyo interés han sido evaluados por la comunidad científica, la cual coloca a los investigadores en situación competitiva. La competencia estimula la producción de conocimientos y gracias a ella se pone a prueba su validez: sólo sobreviven y se difunden aquellos resultados que

han resistido a la crítica colectiva. Esta investigación es, por lo general, calificada como académica.

Participan en el proceso de innovación, registran patentes o ponen en circulación notas técnicas o guías de uso. En este caso, la investigación obedece a una lógica, que es la competitividad económica, y la evaluación se produce sobre la contribución que proporciona a la actividad industrial.

Desempeñan actividades de enseñanza, dirigen tesis, elaboran manuales o redactan multicopias, contribuyendo a las actividades de formación que constituye una aplicación esencial para la investigación. Los conocimientos y las técnicas elaborados por los investigadores se transforman así en competencias transmitidas a los seres humanos que se aplican posteriormente en diferentes sectores de actividad: industrial, servicios públicos, enseñanza o investigación.

Se inscriben en programas públicos, formulan solicitudes de subvención y proporcionan informes aquí la investigación contribuye a acciones de interés general. Aquí el mecanismo de regulación no es ni el aumento de los conocimientos como tal ni la creación de ventajas competitivas, sino algo más cualitativo (el poder, el prestigio, el bienestar social) que se obtienen de la valoración política y del debate al que da lugar.

Se consagran a la divulgación, publican libros o conciben escenificaciones, y, si actúan como peritos, contribuyen a la redacción de evaluaciones, reglamentos, etc. Cuando se encuentran inmersos en estas actividades de divulgación y peritaje como expertos, los investigadores se someten a fórmulas de evaluación y de gratificación que son específicas: el impacto de un libro se mide por el número de ejemplares vendidos, el éxito de una campaña de información telefónica depende de los fondos recolectados, el peritaje se traduce en opiniones o recomendaciones que son (o no) tomadas en cuenta en las decisiones finales.

La investigación, considerada en sus cinco dimensiones, resulta ser una amplia empresa de escritura que multiplica todo documento de cualquier especie. La naturaleza de las informaciones que contienen depende de su destino, de ahí la importancia de distinguir

los diferentes contextos en los cuales la investigación se inscribe y también los diversos objetivos que persigue.

Callon, Courtian & Penan (1995) concluyen que la cienciometría podría dedicarse al conjunto de los documentos elaborados y puestos en circulación por los investigadores en la práctica se ha concentrado, hasta el momento, en dos dimensiones: la producción de conocimientos certificados y la participación en el proceso de elaboración de innovaciones industriales. Y aun así no se ha ocupado esencialmente más que de dos tipos de documentos: los artículos científicos y las patentes. Las razones de estas restricciones en el campo de análisis son múltiples y algunas son de índole práctica o teóricas. *Práctica*: los artículos científicos y las patentes son documentos fácilmente accesibles y su presentación altamente codificada lo que facilita su tratamiento; *teóricas*: los artículos y las patentes captan los conocimientos y las técnicas en el momento preciso de su divulgación, manteniéndose a la vez bastante próximos a la ciencia y la técnica que están en pleno proceso de elaboración.

2.2.2 El sistema de publicación en la ciencia: bases del funcionamiento

Los fundamentos de la validez de los indicadores bibliométricos como la definición del dominio de sus posibilidades y, por ende, de sus limitaciones dependen de manera decisiva del funcionamiento del sistema de publicación. En primer lugar, la representatividad de los indicadores bibliométricos descansa en la cobertura que el sistema de publicación formal tiene respecto a los resultados científicos. En segundo lugar, los indicadores bibliométricos requieren que las regularidades que aspiran a capturar estén firmemente garantizadas de algún modo.

Maltrás Barba (2003) define el sistema de publicaciones de la ciencia como el conjunto de elementos y pautas que sostienen, regulan y perpetúan el proceso por el que los investigadores hacen accesible de modo “*oficial*” al resto de la comunidad científica sus pretensiones de contribuir al acervo científico. El fruto de este sistema es la *literatura científica*, ese agregado de documentos pertenecientes a una clase muy particular que delimita el escenario de los debates científicos y que hace posible que la ciencia sea una empresa colectiva.

Las fases del funcionamiento del sistema de publicación científica se puede esquematizar (Figura 2):



Figura 2. Sistema de publicación científica. Fuente: elaboración propia.

En el momento en que un investigador presenta para su publicación un trabajo escrito acerca de los resultados que ha alcanzado en sus tarea científica, entra en funcionamiento un preciso mecanismo en el que intervienen elementos diversos (Figura 2) organizados bajo un conjunto de reglas bien establecidas. Después de que se complete una serie de fases, ese investigador sabrá si su trabajo aparecerá o no finalmente publicado en los canales oficiales de la ciencia, es decir, en las revistas, colecciones, o ediciones especializadas y con sello científico, que constituyen el núcleo en torno al que se articula el sistema de publicación.

Prioridad y reconocimiento: Los investigadores envían, sin por ello recibir una compensación económica, a determinadas revistas especializadas unos escritos en los que describen detalladamente sus descubrimientos, con la esperanza de que esas revistas los publiquen. Con esto los científicos quieren asegurar la prioridad de sus descubrimientos, preservar la prioridad significa probar la originalidad, y este es el camino hacia el reconocimiento que es la valoración pública por la contribuciones a la ciencia, se puede acumular, por así decirlo, y se traduce en el logro de un nivel de prestigio, en otras palabras en la construcción de una reputación (Maltrás Barba, 2003). Uno de los

fenómenos estudiados por Merton es el del reforzamiento, que favorece a los que ya han conseguido reconocimiento respecto de quienes todavía no lo han conseguido, lo que se conoce como el *efecto Mateo* (Merton, 1968).

Al ser el sistema de publicación el sostén principal de las reclamaciones de prioridad de los investigadores, es al mismo tiempo el núcleo fundamental en el establecimiento de los méritos que conducen a la adquisición de un nivel de prestigio. El sistema de publicación es el terreno de juego del sistema de recompensas de la ciencia, como tal, resulta fundamental en la construcción de la imagen mertoniana de la ciencia. Podría decirse que esta imagen parte de la necesidad de explicar el impulso publicador de los científicos. Su respuesta se basa en las normas y valores que se expresan de un modo privilegiado precisamente en el sistema de publicación (Maltrás Barba, 2003).

La noción de reconocimiento, como lo plantea Maltrás Barba (2003), puede atender a otros dos significados de éste, además del de valoración de la *competencia científica*, puede entenderse como *admisión* en la comunidad científica y como *convalidación* de los resultados obtenidos, es decir, de sus contribuciones. La publicación es el principal modo de solicitar esa confirmación a la comunidad entera, es decir, de perseguir el grado más general de reconocimiento como convalidación.

El sistema de publicación como archivo de la ciencia: Esta constituido por la colección de aportaciones que irían sumándose: el cuidado de ese archivo aseguraría la *conservación de las contribuciones* recogidas en él. Si la publicación certificada se percibió como un modo de asegurarse la prioridad, la conservación de un archivo de la ciencia sirve también, complementariamente, como sostén de esa prioridad.

Las colecciones de revistas científicas constituyen un depósito común de experiencias cuya utilidad va más allá de la que pueden proporcionar los logros consolidados. El sistema formal de publicación es la mejor garantía de que una contribución, sea cual sea su valor, pueda formar parte del legado que recibe cada nueva generación de científicos. Los logros no publicados corren el riesgo de desaparecer, que es casi lo mismo que no haber existido para la ciencia. De ahí que es importante señalar que este acervo histórico proporciona la base para la educación científica de los nuevos investigadores. Es difícil

que algo llegue a ser una auténtica contribución a la ciencia fuera del sistema formal de publicación.

El sistema de revisión por los pares: Según Maltrás Barba (2003) se caracteriza por tres elementos fundamentales: *paridad, pluralidad, anonimato*. La paridad se refiere al hecho de que la revisión debe ser realizada por colegas del autor, es decir, por personas de la misma condición, o *pares* y funda un *control interno* en la ciencia, lo que significa que ésta, en cuanto sistema, se autocontrola. La pluralidad se refiere a que no basta aquí un único juez o árbitro para alcanzar un veredicto fiable, sino que se demanda el dictamen de varios árbitros (dos o más) sobre el mismo trabajo. La pluralidad es, por una parte, reflejo de que la ciencia asume la fiabilidad incluso respecto a los individuos más preparados, y por otra, su adopción de la *confirmación intersubjetiva* como medio de minimizar los posibles errores. El anonimato consiste en mantener oculta la identidad tanto del autor del trabajo como los árbitros elegidos para evaluarlo. Por lo tanto, el hecho de que un trabajo sea publicado tras una revisión como la descrita podemos deducir que ese trabajo contiene algún valor científico según los parámetros del uso en la disciplina correspondiente. Supone que el trabajo satisface unas exigencias mínimas y que aporta alguna novedad interesante en cierto grado.

Se puede decir que el sistema de revisión de pares es una de las piezas clave en la formación y sostenimiento de la comunidad científica: difunde reglas, normas y pautas, al tiempo que establece un espacio público para la discusión y para la prueba. Todo apunta a que cumple sus funciones con un elevado grado de fiabilidad, aunque no excluye absolutamente la posibilidad de errores puntuales. El resultado visible de la operación de este procedimiento es la publicación oficial de documentos científicos, de los que se garantiza que poseen un cierto valor científico y que constituye uno de los fundamentos que sostienen la validez de los indicadores bibliométricos, ya que éstos se construyen a partir de conjuntos estadísticamente significativos de documentos publicados en canales oficiales, que suelen llamarse canales formales, lo que hace despreciable la influencia de los escasos errores que puedan darse en el funcionamiento del sistema de revisión.

Desde la perspectiva de la sociología de la ciencia, la publicación forma parte esencial del proceso por el que la ciencia es una empresa colectiva. Maltrás Barbas (2003, citando a Merton, 1968):

Pero, para que la ciencia avance, no basta concebir ideas fructíferas, elaborar nuevos experimentos, formular nuevos problemas o establecer nuevos métodos. Las innovaciones deben ser efectivamente comunicadas a otros. A fin de cuentas, esto es lo que entendemos por contribución a la ciencia: es algo que se da al fondo común del conocimiento. En última instancia, la ciencia es un cuerpo de conocimiento socialmente compartido y convalidado. Para el desarrollo de la ciencia, sólo importa la obra efectivamente conocida y utilizada por otros científicos inmediatamente (Merton, 1968, pag 567).

La publicación permite el control institucionalizado que hace que el conocimiento científico sea compartido y asumido por la comunidad, que sea el más fiable disponible por haber superado la crítica más exigente.

Existe otro tipo de literatura que es transmitida por los llamados *canales informales* y se refiere al intercambio de información entre los investigadores a través de la cual circula otro tipo de escritos que no tienen que someterse a ningún control independiente ni han de exhibir un cuidado o terminación especial en su presentación, Responde a una comunicación ágil entre colegas, de primera mano, habitualmente acerca de trabajos en curso para informar o pedir opinión sobre puntos específicos y se dan mediante comunicaciones personales a colegas, en reuniones científicas o en la coordinación de equipos geográficamente distantes, algunos de los cuales constituyen parte de la llamada *literatura gris*.

Una limitación atribuida a los indicadores bibliométricos se basa principalmente en la existencia de estos canales informales: se arguye que éstos contienen una parte muy importante del proceso científico que quedaría al margen de la literatura oficial . Una respuesta a esta dificultad ha consistido en señalar que la mayor parte de lo que circula en los canales informales acaba publicado en los formales, por lo que sólo es necesario tener en cuenta estos últimos (Moravcsik, 1977). La literatura oficial sería, así una muestra suficientemente representativa. Al mismo tiempo, se ha hecho notar que atender a los dos tipos de canales ocasionaría redundancias incontrolables, debidas a la multiplicidad de versiones que puede tener un mismo documento.

Es en los canales formales donde se constituyen los *resultados científicos*, que son el modo de probar la condición y la competencia como científico. Esto hace que exista una fuerza poderosa (aunque no infalible) que empuja a que todo lo digno de consideración termine, bajo una forma acabada, publicada oficialmente.

2.2.3 Elementos del sistema de publicación

2.2.3.1 Las revistas científicas

El sistema de publicación de la ciencia se organiza en torno a los canales establecidos para la comunicación de los resultados científicos, las publicaciones periódicas institucionalizadas, las revistas científicas. Estos canales establecidos representan un papel activo en este proceso, relacionado básicamente con la competencia que surge entre ellos y son las decisiones editoriales de sus responsables. La instauración del sistema de revisión previa de las publicaciones científicas introdujo un control de calidad que repercutió también sobre las revistas que lo aplicaban. La calidad media de los trabajos aparecidos en una revista guardará una innegable relación con la severidad impuesta en la selección. Esto ofrece un mecanismo que permite intervenir en la calidad de una revista, lo que significa que ésta puede desempeñar un papel activo: no se limita a publicar todo lo que se recibe sino que lo selecciona según sus criterios.

Sea cual sea la interpretación que se haga de las funciones de las revistas científicas hay que tener en cuenta su carácter activo, su autonomía y la influencia que pueden ejercer. Las revistas pueden actuar como agentes en el proceso científico porque, además de canalizar y poner en común la información sobre la que se edifica el consenso en el conocimiento científico, pueden imponer ciertas restricciones y determinar en parte la forma y el contenido de lo que se publica. Pero también deben cuidar su propia permanencia, no solo desde el punto de vista de garantizar los fondos suficientes para sostener los costes de edición, si no que es preciso mantener un nivel de prestigio y de credibilidad. De ahí la importancia de cultivar las propias ventajas competitivas. Los dos mecanismos básicos sobre los que se puede edificar la superioridad son el aumento de la calidad de los trabajos publicados y la especialización temática.

La definición del ámbito propio hace que la revista se dirija a una audiencia restringida, interesada particularmente en los temas tratados en ella, además la especialización de la revista aumenta la capacidad de atraer a los autores de esa área, porque estos buscan el reconocimiento preferentemente entre los científicos de su especialidad, que son precisamente los que consultarán la revista del área. La especialización genera así una ventaja competitiva para la revista, además, se ve reforzada por los intereses de los dos polos que une. La creación de nuevas revistas y los cambios de área o las escisiones de las ya existentes expresan la dinámica disciplinar de la ciencia no sólo como consecuencia observable de esta dinámica, sino también como uno de los factores que la determinan.

La fragmentación en áreas progresivamente más especializadas demarca “campos de batalla” bastante independientes entre sí, cada uno de los cuales está sometido a unas condiciones particulares; la tendencia hacia la maximización de las posibilidades de obtener reconocimiento hace que los investigadores se distribuyan entre todas las áreas disponibles del conocimiento. Se alcanza así en cada área un equilibrio en cuanto al nivel exigido de los manuscritos, de lo cual cabe esperar que el esfuerzo requerido para producir un trabajo pueda variar de unas áreas a otras; esto puede influir, por tanto, en la productividad media (publicaciones por autor) de cada área. Además pueden desarrollarse pautas formales características de esa especialidad, que afectan, por ejemplo, al modo de exposición o a los patrones de citación.

La formación y consolidación de criterios de publicación dispares puede provocar desemejanzas en la calidad o el contenido mínimo exigidos en cada área, así como en el uso de otros elementos sobre los que se asienta la construcción de indicadores bibliométricos. Las comparaciones entre las áreas temáticas o disciplinas han de ser necesariamente normalizadas. En lugar de comparar los valores brutos de cada área, deben concebirse indicadores normalizados que eliminen o minimicen los efectos de las diferencias debidas a las peculiaridades que pueden producir el desarrollo independiente del sistema de publicación en cada disciplina o especialidad (Maltrás Barba, 2003).

Se puede afirmar, entonces, que las revistas científicas son los más potentes estructuradores de la comunicación científica. Por su carácter activo y por las relaciones

que se establecen entre ellas, desempeñan un papel primordial en el control de calidad de lo que se publica en los canales científicos y en la diferenciación de las disciplinas. Todo ello las convierte en un objeto de la mayor relevancia para el análisis bibliométrico: en primer lugar, delimitan el conjunto de los documentos a los que está justificado atender; en segundo lugar, proporcionan un criterio para la distribución temática y la definición de marcos de referencia adecuados; y, por último, permiten realizar estimaciones sobre la calidad de agregados de documentos.

2.2.3.2 Estructura del documento científico: el artículo

Los documentos científicos, aquellos escritos mediante los que tienen lugar la comunicación formal de los resultados alcanzados en una investigación han adquirido una configuración estable que es respetada por todos los autores que publican sus trabajos de modo oficial. De hecho, el ajustarse a esa forma es en la práctica un requisito para que sean publicados. Los varios tipos de escritos científicos comparten una misma estructura, aunque no todas las partes de esa estructura están presentes en ellos. El tipo de documento científico por excelencia es el artículo científico, que representa un informe acabado sobre algún aspecto de una investigación, una pieza completa ofrecida para el debate o la consideración de los otros científicos.

El análisis bibliométrico de la literatura científica tiene como fundamento último el que la presencia del documento en el proceso científico no es algo que pueda suceder o no; pero depende de un modo más inmediato de la constancia de los rasgos de esa literatura que pueden tomarse como base de información estadísticamente significativa. Varias de las partes que constituyen la estructura del documento científico han recibido una considerable atención en los análisis bibliométricos, aunque frecuentemente con una justificación separada para cada una de ellas.

El documento científico puede interpretarse como un instrumento al servicio del autor para justificar además del carácter científico de su trabajo, su *novedad* y su *relevancia* (Maltras Barba, 2003). En otras palabras que merece reconocimiento. En la Tabla 1 se comentan las diferentes partes que conforman la estructura típica de estos documentos, insistiendo

en el modo en que cada una puede ser empleada por los autores para *persuadir* de que sus resultados deben ser atendidos.

Tabla 1. Estructura típica del documento científico

| <i>Estructura del documento científico</i> | <i>Propósito desde el punto de vista del autor</i> |
|---|--|
| <i>El Título</i> | Encabeza el trabajo mediante una descripción breve de su contenido, medio poderoso del que disponen los autores para destacar lo nuevo y lo relevante que aporta su trabajo, |
| <i>La lista de autores</i> | Establece una relación simétrica entre los autores y su aportación: los autores se hacen responsables, avalan el trabajo que presentan, y buscan reforzar su consideración como científico a través de la importancia de ese trabajo. En el esquema Mertoniano, la autoría es el signo de la propiedad intelectual del investigador y permite la reivindicación de prioridad, a cambio de poner sus resultados a disposición de la comunidad científica |
| <i>La afiliación institucional de los autores</i> | Hace constar el lugar de trabajo de los autores y permite la localización para la correspondencia generada a propósito del trabajo. Las instituciones se han convertido en entes relevantes en ciencia, sometidos a unos mecanismos de reconocimiento similares a los de los autores. Por eso actualmente es una obligación del autor respecto a su institución el que ésta aparezca explícitamente mencionada en sus trabajos |
| <i>Resumen</i> | Facilita una comunicación rápida de los puntos esenciales del contenido del documento. Suele describir el problema y enumerar los resultados más destacados que se reivindican en el texto principal |
| <i>Palabras clave</i> | Son libres o de vocabulario controlado, en este segundo caso son más estables y menos sensibles a los cambios, y pueden interferir en la descripción de la dinámica real de la disciplina. Su objetivo es destacar los puntos por los que el trabajo se conecta con la investigación de su disciplina, por lo que resaltan la relevancia |
| <i>El texto principal</i> | Núcleo esencial del escrito científico, se presenta bajo la forma de relato fidedigno sobre los resultados significativos de una investigación y el modo en que se ha llegado a ellos. Es característico del escrito científico una separación clara entre los datos y las interpretaciones, el planteamiento claro de una hipótesis o problema y la vinculación explícita con precedentes el cual se resume en la lista de referencias. Las secciones en que tradicionalmente se divide el texto de un documento científico son: introducción, métodos y materiales, datos, resultados, discusión y conclusiones. |

| Estructura del documento científico | Propósito desde el punto de vista del autor |
|--|---|
| <i>Los gráficos, cuadros, tablas, ecuaciones, etc,</i> | Forman parte de la codificación y formalización del lenguaje científico, a través de ellos se muestra de forma ordenada los datos más significativos, resaltando o abstrayendo de los datos los aspectos esenciales |
| <i>La lista de referencias</i> | Lista todos los trabajos que han sido citados en el texto, organizado bajo el formato abreviado establecido (referencias bibliográficas) que posibilitan la identificación y localización del correspondiente trabajo |

Es precisamente la lista de referencias el elemento que refleja con mayor claridad la inserción del trabajo científico individual en una obra colectiva. Su doble carácter, cognitivo y social, ha dado lugar a una gran afluencia de estudios sobre sus funciones y su utilidad para el estudio de la ciencia a través de las conexiones que establece entre trabajos y autores. La escuela mertoniana concibe el acto de citar como una parte fundamental del sistema de recompensas de la comunidad científica (Maltrás Barba, 2003).

Las citas pueden servir al autor que cita para justificar su pretensión de reconocimiento científico de diferentes formas: delimitando la *novedad* de su contribución, al enumerar los trabajos previos que configuran el estado del arte y sobre los que se establece el contraste del suyo cuando marca las diferencias; señalando la *relevancia* de su trabajo, mediante la relación de parentesco con problemas abiertos o pendientes; mostrando el *dominio* del autor sobre el contexto disciplinar, su integración como científico competente, al identificar las obras que se consideran básicas y definidoras del consenso en esa disciplina, las cuales pueden tomarse como modelos ejemplares e incluso al citar sus propias obras, como prueba de su experiencia. Cualquier cita puede servir a uno o varios de estos objetivos, que son las condiciones básicas requeridas para la obtención de reconocimiento.

Cuando un trabajo recibe un buen número de citas puede suponerse, con muy poco riesgo, que se debe a que ha servido a los autores que lo han citado para cumplir alguno de los anteriores propósitos. Cualquiera de ellos hace que ese trabajo sea científicamente

significativo. No significa que esté en los cierto ni que lo acepte quien lo cita, pero sí que le ha servido para marcar su novedad, integrar su trabajo o acreditar su dominio del tema.

La reclamación de reconocimiento científico genera automáticamente la distribución de reconocimiento científico, porque quien quiere construir un resultado científico tiene que delimitar el marco de la ciencia establecida, para lo cual solo puede invocar a las aportaciones previas (Maltrás Barba, 2003)

2.2.4 Las referencias bibliográficas en el análisis bibliométrico.

Las bases de datos bibliográficas automatizadas, creadas con el objetivo principal de facilitar a los científicos la identificación de la literatura que han de tener en cuenta para su investigación, ponen a disposición de los análisis bibliométricos la información relativa de grandes cantidades de documentos científicos. Lo habitual es que los análisis se lleven a cabo sobre los datos de los documentos proporcionados por las bases de datos bibliográficas automatizadas.

Las referencias bibliográficas guardan un estrecho paralelo con la estructura del documento científico. En general, pretende ser un resumen que facilite la localización del documento original. A veces informa además del contenido del trabajo de un modo breve. Para la bibliometría, una buena referencia bibliográfica proporciona una información muy valiosa, que permite realizar análisis estadísticos ricos y variados. De hecho, contiene información no estrictamente perteneciente al documento científico, sino que lo caracteriza: fuente en que apareció, año de publicación, palabras clave, etc. Por eso es casi siempre mejor base para la bibliometría que el documento original completo.

Las distintas bases de datos que indexan los documentos primarios pueden presentar formatos propios, en lo esencial, difieren muy poco de una a otra base de datos. Una de las más importantes es la base de datos *Science Citation Index (SCI)*, creada en la década de los sesenta por Eugene Garfield y la cual será utilizada en este estudio; por lo tanto, será analizada más adelante. Se toma el modelo de referencia completa *SCI* (Tabla 2) como ejemplo del máximo de información analizable en una referencia y sobre ella las consideraciones acerca de las posibilidades de análisis que ofrece cada campo (Tabla 3).

Tabla 2. Elementos bibliográficos del Science Citation Index (SCI)

| Campos de la referencia bibliográfica SCI | |
|--|--|
| AU | Lista de los autores del trabajo (hasta 256) (Autor/s) |
| TI | Título del trabajo (Title) |
| JN | Nombre de la revista o monografía; número; págs, inicial y final (JourNal) |
| PY | Año de publicación del número (Publication Year) |
| GA | Número de acceso (Genuine Article) |
| DT | Tipo de documento (Document Type) |
| LA | Idioma de publicación (Language) |
| RF | Número de referencias citadas (References) |
| CS | Lista de las instituciones de trabajo de los autores (Corporate Source) |
| AB | Resumen del trabajo (Abstract) |
| DE | Palabras clave indicadas por el autor |
| ID | Palabras clave asignadas por el indicador |
| CR | Lista codificada de referencias a otros trabajos (Cited References) |

La referencia bibliográfica, como representación del documento científico, es la principal fuente de datos para los análisis bibliométricos. A continuación se presenta una descripción de cada campo y sus posibles usos en los análisis bibliométricos

Tabla 3. Datos bibliográficos para el análisis bibliométrico

| Campos de las referencias bibliográficas | Posibles análisis bibliométricos |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><u>Autor (AU)</u></p> <p>Identifica a los investigadores firmantes del escrito mediante su(s) apellido (s) e iniciales</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estudiar las relaciones de colaboración entre individuos. ➤ Analizar las diferencias entre los trabajos con diferente número de autores. ➤ Definir la producción de los agentes efectivos, es decir los que han producido resultados en un periodo determinado . |
| <p style="text-align: center;"><u>Título (TI)</u></p> <p>Frase concisa que resume y resalta los aspectos principales del trabajo</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ayudar a situar temáticamente el documento. ➤ Como base de estudios estadísticos que aspiran a capturar las estructuras conceptuales y disciplinares de la ciencia |
| <p style="text-align: center;"><u>Revista (JN)</u></p> <p>Recoge el nombre de la revista, monografía o actas de congreso en la que apareció publicado el trabajo</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite relacionar el documento con su fuente y aprovechar la información sobre esa fuente (área a la que pertenece, nivel de prestigio, país de publicación, etc.). ➤ Utilizar información acerca de la especialización temática de la revista, para distribuir temáticamente el documento. ➤ Usar datos como el <i>factor de impacto</i> de la revista para juzgar agregados de documentos estadísticamente significativos. |

| <i>Campos de las referencias bibliográficas</i> | <i>Posibles análisis bibliométricos</i> |
|---|---|
| <p><u>Año de publicación (PY)</u></p> <p>Indica el año en que apareció el volumen que contiene el documento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite clasificar temporalmente la producción y realizar estudios evolutivos. ➤ Vincular una determinada producción bibliográfica con una política científica o con un gasto de recursos. |
| <p><u>Tipo de documento (DT)</u></p> <p>En la base de datos del SCI el tipo de documento puede ser: Artículo, resumen de congreso, nota, carta, revisión, editorial, debate, biografía, recensión de programa informático y de libros.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contribuye a discriminar la producción por tipos de documento para observar patrones característicos o realizar análisis más puntuales. ➤ Identificar el tipo documental citante (artículos, nota, carta y resumen de congreso) que basados por las citas recibidas son los documentos más analizados en los estudios bibliométricos. |
| <p><u>Idioma de publicación (LA)</u></p> <p>Informa acerca del idioma en el que está escrito el documento original.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Relevante para el estudio de los patrones de comunicación, el cual puede estar sesgado por la cobertura de la base de datos. ➤ Ayuda a evaluar un posible sesgo idiomático y cómo afecta a cada caso. |
| <p><u>Número de referencias (RF)</u></p> <p>Es el número de trabajos citados por el documento original.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite calcular si existen diferencias en las costumbres de citación de cada área y si éstas varían con el tiempo ➤ Contribuye a explorar si existe alguna correlación con la calidad o con las citas recibidas |
| <p><u>Lugar de trabajo de los autores (CS)</u></p> <p>Permite identificar y localizar las instituciones de trabajo de los autores.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hace posible la distribución geográfica e institucional de la producción. ➤ Permite los mismos análisis que para los autores. ➤ Ayuda a estudiar la colaboración y la demografía de las unidades de investigación de un sistema. |
| <p><u>Resumen (AB)</u></p> <p>Comunica los puntos esenciales del documento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permite generar un corpus del lenguaje científico y caracterizarlo. ➤ Vincular análisis de la estructura léxica. |
| <p><u>Descriptores del autor (DE)</u></p> <p>Contiene las palabras-clave mediante las que el autor destaca lo más significativo del trabajo. No pertenecen a vocabularios controlados o estructurados, ni siguen normas precisas de utilización</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contribuye a estudios de ámbitos muy definidos para captar la autoimagen de los investigadores o la organización conceptual que puede derivarse de ellas. |

| Campos de las referencias bibliográficas | Posibles análisis bibliométricos |
|--|--|
| <u>Descriptores de los indicadores (ID)</u> Sitúan temáticamente el trabajo mediante términos de un vocabulario controlado, permitiendo una clasificación homogénea de los documentos. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Permiten estudios de co-palabras. |
| Campos de las referencias bibliográficas. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Posibles análisis bibliométricos. |
| <u>Lista de referencias (CR)</u> Contienen una identificación codificada de los trabajos citados por el documento. Es una característica distintiva de SCI y la estructura usada es: primer autor, abreviatura de las revistas, número de la revista, año y página inicial. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ayudan a la búsqueda de trabajos relacionados entre si. ➤ Hacen posible estudiar la estructura de la ciencia. ➤ Contribuyen a estudios para la evaluación de la ciencia. |

En campos como *autor* los problemas de homonimia y de variaciones en la grafía del mismo nombre, como autores con varios apellidos, estos pueden aparecer fundidos en uno solo, o bien el primero puede ser tomado por el nombre y quedar reducido a su inicial dificultan la realización de algunos estudios, que requieren un esfuerzo de comprobación minucioso, como es el caso específico de este estudio, para normalizar el modo en que figuran los autores y muchas veces fuentes de información complementarias, como las memorias de las instituciones de trabajo. Por otra parte el lugar de trabajo de los autores en la base de datos SCI requiere un esfuerzo de unificación considerable si se quiere hacer estudios institucionales, de unidades de investigación o con criterios geográficos particulares.

En la base de datos SCI se enumeran las instituciones de todos los autores del trabajo: Como puede darse el caso de que varios autores de un documento trabajen en la misma institución o que un autor haga constar varios lugares de trabajo, sin información adicional no siempre es posible adscribir cada autor a su correspondiente lugar de trabajo.

2.3 INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS

2.3.1 Indicadores de Ciencia y tecnología

Para Vanegas (2002, p. 43) el interés por la construcción de indicadores de Ciencia y Tecnología (C y T) representa un campo de trabajo con diferentes niveles de institucionalización, según el desarrollo alcanzado en cada país y de tres aspectos interrelacionados y considerados fundamentales en los sistemas nacionales de I+D como son: el creciente papel e incorporación de la ciencia y la tecnología en los procesos sociales y productivos, el desarrollo institucional alcanzado por el sistema gubernamental de la política de ciencia tecnología, y el desarrollo teórico y metodológico de los estudios de la ciencia, en especial de los llamados de *cienciometría*.

El sociólogo Robert K. Merton desde finales de la década del 30 a través sus diferentes publicaciones buscaba demostrar que la relación entre ciencia y orden social se daba en las dos vías: el orden social es afectado por los resultados y los productos de la ciencia, a su vez, el orden social afecta a la ciencia. De las publicaciones de Merton surgió un conjunto de teorías que se convirtió en un paradigma para el análisis social de la ciencia.

Merton entre 1967 y 1972 escribió una serie de artículos, los cuales fueron reunidos por Norman Stores bajo el título *“Los procesos de evaluación en la ciencia”* (Merton, 1977), allí aparecen las dimensiones que pueden tomar los indicadores y que fueron operacionalizadas por dos de sus discípulos, John Derek de Solla Price y Eugene Gardfield, y que se convierten en la llamada “primera generación” de indicadores de ciencia y tecnología. Según Vanegas (2002) las dimensiones que se pueden extraer del paradigma mertoniano son:

- Los mecanismos de reconocimiento y excelencia en la comunidad científica.
- El sistema de recompensas en la ciencia – el “efecto Mateo”, que determina la influencia de las investigaciones en función del prestigio previo de los autores o instituciones que las llevan a cabo.
- Las evaluaciones de los resultados de la ciencia - evaluación por pares.
- Los mecanismos de constitución de la comunidad científica.

A pesar de las diferencias existentes entre los sistemas nacionales de ciencia y tecnología se han venido constituyendo algunos acuerdos en torno al significado, importancia y naturaleza de los indicadores. En términos generales los indicadores de C y T miden las acciones encaminadas a la generación, difusión, transmisión y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos.

Las diferentes metodologías para elaborar indicadores realizadas por la comunidad internacional como la OCDE y la UNESCO y que se resumen en tres manuales (Tabla 4) recogen los esfuerzos que se habían hecho en Actividades de Ciencia y Tecnología (ACT) como: investigación científica, investigación tecnológica, innovación y difusión técnica, servicios de información, servicios de consultoría e ingeniería, metrología y normalización, planificación y gestión de ciencia y tecnología, formación de personal científico y técnico. El *Manual de Frascati* se constituyó en el primer manual de la denominada “*Familia Frascati*”, y junto con el de *Oslo* y el de *Canberra* constituyen un conjunto de normas para la medición de las ACT.

Tabla 4. Manuales OCDE de indicadores de C y T

| MANUAL | CONTENIDO | ULTIMA EDICIÓN |
|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| Frascati (I+D) | Método normalizado propuesto para las encuestas de investigación y desarrollo experimental | 2002 y suplemento del manual 1989 |
| Oslo Innovación | Principios básicos propuestos para la recopilación de datos que permitan interpretar la innovación en ciencia y tecnología. | 2006 |
| Canberra RRHH en C y T | Proporciona metodologías para evaluar a los recursos humanos dedicados a la ciencia y tecnología | 1997 |
| Manual de patentes | Proporciona información sobre los distintos regímenes de patentes en el mundo | 1994 |
| TPB | Manual de balanza de pagos tecnológicos | 1990 |

De acuerdo con Martínez & Albornoz (1998, p.11-16) los indicadores que se han establecido son de cuatro tipos:

Indicadores de Insumo de las Actividades de Ciencia y Tecnología (ACT) que corresponden, según el *Manual de Frascati*, a la medición del gasto realizado y del personal dedicado a las actividades de I+D o a las ACT.

Indicadores de Producto de las ACT (sin normalizar) de dos tipos: bibliométricos, expresados en números de artículos y publicaciones científicas, frecuencia de citas e impacto científico, y las patentes que registran las actividades tecnológicas.

Indicadores de innovación: orientados a la medición de actividades científicas producto del auge de medidas orientadas al fomento de la innovación tecnológica.

Indicadores de impacto social (sin normalizar): Construidos para evaluar los resultados de las actividades de ciencia y tecnología en términos de beneficio social.

En el año de 1994 surgió un interés por los indicadores de ciencia y tecnología en América Latina, entre otras cosas por la creación de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). En agosto de 2000 fue publicado el “*Manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*”, denominado “Manual de Bogotá”. Este manual está inspirado en el *Manual de Oslo*, y recoge además algunos elementos del *Manual de Frascati*, fue la respuesta a la necesidad sentida y expresada por algunos especialistas de contar con una herramienta que diera cuenta de las particularidades de la región y que permitiera la comparación internacional de lo ocurrido en la región con otras partes del mundo.

En la actualidad Colombia dispone de información para la mayoría de los indicadores de la RICYT, entre ellos: Indicadores de contexto; de recursos económicos destinados a la ciencia y tecnología; de recursos humanos en ciencia y tecnología; de producción de la ciencia y la tecnología entre ellos solicitud de patentes, patentes otorgados, publicaciones en el SCI SEARCH y en otras bases de datos como PASCAL, INSPEC, COMPENDEX, etc. (Vanegas, 2002, p. 58).

2.3.2 Los indicadores bibliométricos

Maltras Barba (2003, p.121) define los indicadores bibliométricos de producción científica como medidas basadas en recuentos de publicaciones, que persiguen cuantificar los resultados científicos atribuibles bien a unos agentes determinados, bien agregados significativos de esos agentes. Algunos autores dan una definición más amplia a los indicadores bibliométricos al dar cuenta de determinada actividad científica, así como de

los hábitos, necesidades y uso que hacen de la información los distintos grupos de investigadores, y es como Sanz Casado & Martín Moreno (1997) los definen 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, tanto desde el punto de vista de la producción como del consumo de la información científica.

El propósito de los indicadores bibliométricos desde sus inicios ha sido la descripción de los “outputs” o resultados científicos básicamente desde dos puntos de vista: cuantitativo basado en la producción y se centra en el recuento de publicaciones, y cualitativo de dichas publicaciones a través de su impacto y difusión dentro de la comunidad científica. Otras vertientes bibliométricas se orientan a la representación cognoscitiva de la ciencia, o a los llamados indicadores multidimensionales que estudian simultáneamente varias características de los documentos analizados pudiéndose establecer las múltiples interrelaciones que pueden ser observadas en los documentos o en los hábitos de investigación de los científicos. Las estructuras de relaciones entre los elementos de los sistemas sobre los que se aplican se representan gráficamente mediante “mapas bibliométricos” (Tijssen & van Raan, 1994.), o denominado mapeo de la ciencia que se traduce en los indicadores relacionales, que ofrecen datos importantes sobre las relaciones cognitivas (palabras clave, clasificaciones) y sociales (autores, instituciones, países).

Dentro de las características atribuidas a los indicadores bibliométricos Martín e Irving (1983) destaca, tres:

Tabla 5. Características representativas de los indicadores bibliométricos

| CARACTERÍSTICA | DEFINICIÓN |
|-----------------------|--|
| Parcialidad: | Cada uno de los indicadores muestra un aspecto de la evaluación que se realiza |
| Convergencia: | Todos los indicadores convergen para proporcionar un buen conocimiento de las actividades – de ahí la recomendación de utilizar un alto número de indicadores. |

| CARACTERÍSTICA | DEFINICIÓN |
|----------------|---|
| Relatividad | La información suministrada por los indicadores es relativa a la disciplina estudiada, no puede ser extrapolada a otras disciplinas, ya que los hábitos de investigación que muestran los científicos son diferentes. |

Fuente: Martin e Irving (1983)

Los indicadores representan las características de generalidad, correlación entre variables distintas o de distintos contextos, cuantificabilidad, temporalidad, y posibilidad de constituirse en componentes básicos de desarrollos teóricos (Martinez & Albornoz, 1998).

A los indicadores bibliométricos también se le han atribuido algunas limitaciones en su uso, que es conveniente tener en cuenta en su aplicación y la interpretación de los resultados obtenidos tras su aplicación. Así para Sancho (1990), la principal limitación se fundamenta en el hecho de estar basada en la investigación publicada, ignorando otras formas de comunicación, además el de no contemplar el hecho de que las pautas de publicación son diferentes según las áreas ni las prácticas perversas debidas a la presión social en torno a la publicación. La autora también recoge las restricciones procedentes de las fuentes de datos utilizadas, como son los sesgos de cobertura y la falta de normalización de determinados campos de interés bibliométrico.

Es por ello que a la hora de leer e interpretar los indicadores bibliométricos se deben tener presentes al menos dos aspectos importantes:

- No se debe considerar ningún indicador por si solo como determinante, ya que cada uno de ellos revela una faceta de una realidad multidimensional que no puede evaluarse mediante indicadores simples (Sancho, 1990, p. 843). Así los indicadores bibliométricos sólo cobran utilidad y significado cuando se muestran en conjunto e interrelacionados (Cami, 2001, p. 510).

- El nivel de agregación utilizado es el otro aspecto a tener en cuenta a la hora de valorar los indicadores bibliométricos. Este puede tener tres escalas diferentes: macro (países), meso (instituciones) y micro (investigadores, departamentos). Los indicadores situados en el nivel macro de la escala, por el gran número de

documentos utilizados, presenta una mayor robustez y son menos sensibles a posibles errores en la recuperación de información, interpretación y a la pérdida de documentos que el nivel micro (Maltrás Barba, 2003, p. 211)

Con respecto a la clasificación de los indicadores bibliométricos se pueden reseñar la propuesta de varios autores: Vinkler (1988), incluye hasta 46 indicadores distintos y se refiere a indicadores unidimensionales que agrupa en dos tipos: los indicadores cuantitativos de actividad científica, que incluye el número de publicaciones de actividad científica y los indicadores de impacto basados en el número de citas que obtienen los trabajos publicados. Sanz Casado (2000) propone una terminología de indicadores basado en las técnicas estadísticas utilizadas en cada caso: el término de indicadores unidimensionales está referido a aquellos que manejan técnicas de la estadística univariable, y los indicadores multidimensionales que se basan en técnicas de estadística multivariante. López Piñero & Terrada (1992), igual que Vinkler (1988), proponen una tipología de indicadores que pueden incluirse dentro de los unidimensionales.

La propuesta que hacen Callon, Courtiel & Penan (1995, p.41-42) para la clasificación de los indicadores bibliométricos y que será desarrollada, en parte, en este estudio tiene en cuenta tanto los indicadores de actividad como los indicadores relacionales (Tabla 6). Este esquema clasificatorio desglosa los indicadores más comunes de producción, visibilidad e impacto y colaboración, de igual forma, hacen referencia a los indicadores relacionales de primera y segunda generación.

Tabla 6. Indicadores bibliométricos más usados clasificados a partir del esquema propuesto por Callon, Courtiel & Penan (1995, p. 41-42)

| INDICADORES DE ACTIVIDAD | INDICADORES RELACIONALES |
|---|---|
| <u>Indicadores de producción</u> | <u>Indicadores de primera generación</u> |
| <ul style="list-style-type: none"> • No. de publicaciones • Índice de Especialización Temática • % de trabajos indizados en ISI • Distribución por idioma y tipos documentales. • Índice de Transietoriedad • Idiomas de publicación • Nivel básico/aplicado | <ul style="list-style-type: none"> • Redes de coautoría (científicos, instituciones, países, departamentos universitarios....) • Redes de Cocitación (científicos, revistas, categorías, JCR....) |

| INDICADORES DE ACTIVIDAD | INDICADORES RELACIONALES |
|--|---|
| <u>Indicadores de visibilidad e impacto</u> | <u>Indicadores de segunda generación</u> |
| <p>Indicadores basados en el factor de impacto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factor de Impacto Esperado • Factor de Impacto Ponderado • Factor de Impacto Relativo • Potencial Investigador • Distribución por Cuartiles • Posición Decilica • Posición Normalizada • Impacto Potencial • Número y % de publicaciones en revistas Top3 <p>Indicadores basados en el número de citas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de Citas • Promedio de Citas • %de documentos citados y no citados • Tasa de citación Relativa • Índice de Atracción • Tasa de Auto-citación • Trabajos altamente citados <p>Indicadores de Colaboración</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de Co-autoría • Índice de Co-autoría Institucional • Patrones de Colaboración (local, nacional, internacional) • Medidas de similaridad • Tasa de Citación Relativa de las Co-publicaciones internacionales | <ul style="list-style-type: none"> • Método de palabras asociadas • Mapas cognitivos de temas e impacto • Mapas combinados temas autores |

2.3.3 Indicadores bibliométricos de actividad

Maltrás Barba (2003, p.69) define la actividad científica como aquella orientada a la consecución de resultados científicos y aclara que *“los indicadores bibliométricos tienen relación directa con los resultados científicos y no con la actividad científica”*. Es decir los indicadores de actividad considerarían solo aquella parte de la ciencia que queda reflejada en un resultado, normalmente en forma de publicación y algunas veces en patentes. Los datos a evaluar a través de los indicadores bibliométricos de actividad están presentes en los formatos que las bases de datos registran para cada documento y pueden ser: nombres de los autores, 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, años, citas que hace cada artículo, códigos de clasificación de patentes, etc.

En la bibliometría los datos se someten a un tratamiento estadístico para que, a través de su recuento o cómputo, se desarrolle una estructura analítica que permita representar la esencia del tema que abordan los documentos que los contienen ya sea para determinar el tamaño y las características de una producción, los aspectos estructurales de la ciencia (indicadores relacionales de primera y segunda generación) o bien para calcular el impacto de las publicaciones (medido a través de las citas que se reciben) (Tabla 6).

Para interpretar la información que ofrecen los indicadores bibliométricos se deben tener en cuenta diferentes consideraciones, entre ellas se tienen las de corte teórico y las de tipo metodológico

- Las de corte teórico: se refieren a la distribución de corte asimétrico que se producen en los resultados de la actividad científica (Seglen, 1992), el efecto se observa al contabilizar el número de publicaciones, ya que siempre existe un grupo reducido de autores que producen gran parte del total y un gran grupo que produce el resto (Urbizagastegui, 1999). Este fenómeno se extiende si se analizan instituciones o campos científicos y ha sido estudiado entre otros por Price en su Teoría de la Ventaja Acumulativa o por Merton en su conocido Efecto Mateo.
- Las de tipo metodológico: se refieren al tipo de recuento realizado a la hora de diseñar los indicadores, éste afecta tanto a las citas como a los trabajos. De acuerdo con Cronin & Overfelt (1994, p.61) los recuentos se pueden realizar de tres formas diferentes:
 - *Recuento por primer autor*: se asigna la cita o el trabajo únicamente al primer firmante (autor o institución).
 - *Recuento total*: se asigna la cita o el trabajo por igual a todos los firmantes de un trabajo sin distinción.
 - *Recuento fraccionado*: la cita o el trabajo se divide entre todos los firmantes de un trabajo de manera que sume la unidad. Los recuentos fraccionados

pueden ser ponderados o asimétricos, cuando una posición en la firma tiene más peso.

Para Maltrás Barba (2003, p.137) la elección de un método u otro depende del tipo de colaboración que se de en el contexto evaluado. Es así como, si se utiliza un recuento fraccionado, donde existe una gran cantidad de autores por trabajo, puede distorsionarse el resultado final. De todas formas la elección de un método u otro determinarán los resultados finales y habrá que tenerlos en cuenta a la hora de interpretarlos.

2.3.3.1 Indicadores de producción

Consisten en el recuento del número de publicaciones de determinados grupos, instituciones o países y su distribución, los recuentos contribuyen a medir la cantidad de los resultados, ignorando diversos aspectos como la calidad y el contenido. Sancho (2001) afirma que el objetivo es el cómputo o recuento de publicaciones de un agente, considerándose como publicaciones los documentos propagados a través de canales formales y públicos.

En la ciencia actual los indicadores de producción no reflejan fidedignamente el total de aportaciones o *resultados científicos originales*, ya que los contenidos de las publicaciones actuales suelen duplicarse. La práctica, conocida con el nombre de publicar o perecer (*publish or perish*), ha llevado a los investigadores a fragmentar sin necesidad los resultados de sus investigaciones en diversos trabajos, debido principalmente, a las presiones a las que se ven sometidos para que incrementen su producción científica (Buchholz, 1995, p.197). De ahí que la lectura de este tipo de indicadores ha de realizarse con precaución, ya que la productividad no necesariamente tiene que ir relacionada con contribuciones originales y relevantes para el desarrollo del conocimiento científico.

A través de la medición de los distintos elementos de las publicaciones científicas es posible obtener diversos indicadores bibliométricos. Los más sencillos y habituales son los conteos de publicaciones durante un período determinado que revelan información sobre los tipos de documentos, los idiomas, y las revistas de publicaciones elegidas para la divulgación de la investigación, así como acerca de disciplinas en que se trabajan,

tendencias, especialización y el número de autores, instituciones o países, participantes en los documentos.

El *Número de publicaciones* es considerado el más básico entre los indicadores de producción y probablemente el primero en utilizarse, representa la actividad y la productividad que se produce en un agregado como puede ser un país, un centro de investigación o una disciplina. Este indicador puede contabilizar tipologías documentales (congresos, libros tesis, etc.) diferentes a las de la producción presente en revistas científicas; sin embargo, lo más habitual es contabilizar éstas, ya que esta tipología ofrece algunas ventajas: por un lado existe un exhaustivo control bibliográfico de las mismas gracias a la multitud de bases de datos, y por otro, gracias a la labor de revisión que realizan las revistas, los trabajos publicados superan un mínimo de novedad y relevancia científica (Maltrás Barba, 2003, p. 129).

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 indizadas. Van Raan (2004, p. 27-28) recomienda conocer cual es el *Porcentaje de publicaciones indizadas en los Citations Indexes del ISI* para determinar la orientación nacional o internacional del agente evaluado. Para algunos autores en cualquier análisis bibliométrico, sobre todo si se realiza a nivel micro, es una de las primeras preguntas que hay que responder (Van Leeuwen, 2004, p. 386).

A partir de los resultados obtenidos al aplicar la Ley de Lotka, que permite distribuir los trabajos en tres niveles productivos identificando los autores más productivos, se pueden obtener otros indicadores para el análisis de producción. Del anterior se deriva el *Índice de Transitoriedad*, que mide el número de autores transitorios u ocasionales a través de la cuantificación del porcentaje de investigaciones con un solo trabajo: cuando más consolidado es el dominio analizado menor será este porcentaje (López & Terrada, 1994).

Un indicador de producción más elaborado y ampliamente utilizado es el *Índice de Especialización Temática* que se define como el esfuerzo relativo que una comunidad o una institución dedica a una disciplina o área temática (Moya-Anegón et al., 2004, p.30). Se calcula relativizando la producción del agente evaluado en una disciplina dentro de un

conjunto mayor de producción, como puede ser el caso de un país si se analiza una parte geográfica de este (estado, comunidad departamento).

2.3.3.2 Indicadores de visibilidad e impacto

Los indicadores de visibilidad e impacto, en su mayoría, se basan en la contabilización de las citas recibidas por los documentos o en las 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, por lo que las críticas han sido constantes y variadas (León Sarmiento, Bayona Prieto & León-S, 2007 ; McRoberts & McRoberts, 1996; Warmer, 2000; Glánzel & Moed, 2002, p. 178-191). 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 de las citas 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 (Merton, 2000, p. 437-440).

Para Kostoff (1998, p. 28) las citas representan los cimientos intelectuales anteriores sobre los que se sustenta un trabajo de investigación y, por tanto, el trabajo citado supone una escalón en el desarrollo del conocimiento científico.

Se puede, sin embargo, decir acerca de la función de las citas 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, pero las citas no siempre son una mención a los referentes que sustentan una investigación o un reconocimiento de la autoridad científica. En ocasiones las citas son utilizadas 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 cita como calidad no se sostiene.

Independientemente de si el trabajo ha sido criticado negativamente o afirmado 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, p. 636).

La controversia acerca del significado de las citas se ha traducido en una variada terminología para referirse a estos indicadores, quizá el término más usado sea el de *visibilidad* (Bordons, Fernández & Gómez., 2002, p. 195), que convive con otros muchos: *impacto* (Davidse & Van Raan, 1997, p.173), *difusión* (Cami et al, 1997, p. 481) o *repercusión* (López Piñero & Terrada, 1992b, p. 104) entre otros. En cualquiera de los casos la terminología utilizada en estos trabajos reafirman las ideas expuestas anteriormente respecto a la significación de las citas y todos ellos tienen en común la elaboración de sus indicadores a partir de *Impact Factor* (Factor de impacto) del *Journal Citation Report (JCR)*, o bien a partir de las citas rescatadas de los *citation indexes* o los *Nacional Citation Reports* de ISI.

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, p. 270-278) aquellos basados en los *Factores de Impacto* del JCR representarían la calidad de las revistas donde se está publicando y los basados en el recuento directo de citas 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 todavía está 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*⁴, además de otras iniciativas circunscritas a marcos geográficos y áreas temáticas concretas como el IN-

⁴ <http://www.scopus.com/scopus/home.url>

RECS (*Índice de las revistas Españolas de Ciencias Sociales*) (Delgado López-Cózar et al., 2005).

Indicadores basados en el Factor de Impacto (FI)

El *FI* es el más utilizado dentro de los indicadores de visibilidad e impacto y se empleó inicialmente como medida de prestigio de las revistas y posteriormente se derivó hacia la evaluación de resultados científicos. Este se calcula con la media de citas recibidas por los trabajos de una revista en el primero y segundo año tras su publicación. Los trabajos empleados en el denominador son las tipologías documentales consideradas como *ítems citables* (articles, reviews, notes, letters), el resto de las categorías se excluyen. Sin embargo el valor del numerador sí contempla las citas recibidas por todas las categorías, independientemente de que sean citables o no. Algunos autores, como Campanario & González (2006, p. 385), han criticado este planteamiento y han demostrado que algunas revistas aumentan su FI a través de una tipología no citable, como los editoriales, donde es frecuente encontrar un gran número de auto-citas.

Otro aspecto criticado en el cálculo del FI es la utilización de una ventana de citación, los años transcurridos desde la publicación del trabajo hasta la recopilación de las citas, de dos años. Para muchas de las revistas recogidas en el ISI dos años son suficientes para recopilar un número significativo de sus citas, ya que el impacto máximo es alcanzado al término de este periodo, descendiendo la citación progresivamente a partir de entonces. Sin embargo no todas las disciplinas ni revistas describen la misma curva de citación, existen algunas con ciclos más lentos para las cuales las ventanas de citación de dos años no son suficientes, ya que el punto de máxima citación se situaría del tercer año. Se pierden, de esta forma, una parte importante de las citas; tal es el caso de las matemáticas, las humanidades o las ciencias sociales, que suelen tener valores muy bajos de FI (Leeuwen, Moed & Reedijk 1999, p. 490; Bordons, Fernández & Gómez. 2002, p. 196). En el otro extremo se sitúan la bioquímica o la genética, con un envejecimiento mucho más rápido por el consumo de literatura muy reciente, generándose valores más altos de FI (Bordons & Zuleta, 1999, p.798). Por tanto, aunque el FI puede considerarse un verdadero estándar dentro de la cienciometría, hay que tener en cuenta sus limitaciones, ya que pueden conducir a errores interpretativos, sobre todo

en el ámbito de las ciencias de la salud, donde es empleado frecuentemente en procesos evaluativos (Camí, 1997).

La utilización de este indicador de visibilidad en procesos evaluativos y de toma de decisiones en política científica se ha basado en la asignación directa del FI de las revistas a los trabajos que aparecen publicados en ella, es lo que se ha denominado como el *Factor de Impacto Esperado (FIE)*. De esta forma un trabajo publicado en *Science* el año Y tomará el valor de FI alcanzado por la revista ese mismo año. Sin embargo, este método de determinar la visibilidad de los trabajos no es del todo consistente, ya que, como señala Seglen (1997), existe una falta de correlación entre el *FIE* y el *observado*, ya que no todos los trabajos publicados en la misma revista alcanzarán igual número de citas. Como contrapartida, el FIE sí permite caracterizar el prestigio de las revistas donde están publicando los agentes evaluados, ya que los valores más elevados del FI sí identifican las revistas con mayor difusión y visibilidad. También representaría determinados aspectos de la calidad de los trabajos, ya que el estricto proceso de revisión de las revistas con mayor FI garantizaría en cierta medida la validez inicial de los documentos (Bordons, Fernández & Gómez, 2002. p. 197).

Se debe tener en cuenta, sin embargo, que el FI varía considerablemente entre disciplinas científicas. Para superar estas diferencias que se generan en los valores de FI se debe recurrir a algún tipo de normalización que homogenice las diferentes escalas de las categorías. A partir de estos valores de FIE se pueden generar otros indicadores como el *Factor de Impacto Relativo (FIR)*, que divide el FIE en una disciplina entre el alcanzado por un agregado mayor al evaluado o en combinación con la producción el *Potencial Investigador (PI)* (Moya-Anegón et al., 2004b, p. 33).

Otra solución al problema de la falta de homogenización entre disciplinas o revistas es recurrir a los *indicadores de posición* que superan las barreras de incompatibilidad de escala. Están basados en la ordenación descendente por FI de mayor a menor de las revistas dentro de una categoría JCR y su clasificación en diferentes zonas según la intensidad del valor de FI. Para determinar esta posición es frecuente dividir las categorías en cuartiles en función del FI y calcular el porcentaje de documentos indexados en cada uno de ellos, aunque algunos autores sólo hacen uso del porcentaje

pertenciente al primer cuartíl (%Q1) (Bordons et al., 2005, p. 25). Una variante de este indicador nos la ofrece los deciles (Lewison & Dawson 1998, p. 19) dando lugar a indicadores como *Puntuación decílica* y *Peso del decíl superior*.

Otro indicador dentro de este grupo es el propuesto por los investigadores del CINDOC en 1992, la denominada *Posición normalizada (PN)*, que indica el lugar que ocupa una revista en relación al número total de revistas de una disciplina, oscilando su valor entre 0 y 1 (Bordons et al., 2005, p. 24). Otras alternativas a este tipo de normalizaciones es el Impacto potencial (*Potencial Impact Category – PIC*), que clasifica las revistas en cuatro categorías (C_{04}) excelentes en función del número de citas que reciben, así el 10% con mejor citación serían las revistas excelentes, el 20% siguientes las muy buenas, el 30% las buenas y el 40% restantes las revistas ordinarias.

A pesar de que todos los indicadores presentados son empleados ampliamente debido a su fácil elaboración, se ha de tener en cuenta que aquellos basados en el FI reflejan exclusivamente el prestigio y la difusión de las revistas donde se está publicando, pero no todos los trabajos publicados en una misma revista tienen el mismo valor ni son citados con la misma intensidad. La política en ciencia y tecnología nunca se debe orientar exclusivamente a partir de estos indicadores, ya que reflejan un aspecto muy limitado de la visibilidad científica. Necesariamente, si se desea conocer la visibilidad exacta de los investigadores y disciplinas, se deben complementar con indicadores basados en las citas

Indicadores basados en las citas

A partir de las citas se pueden desarrollar una gran cantidad de indicadores (Tabla 6). El más evidente de todos es el *Número de citas bruto*, que puede ser relativizado a través del número de documentos que han generado las citas y que daría lugar a los *Promedios de citas o Tasa de citación [observada]*, sin duda el indicador por excelencia. También es importante conocer cuántos de los trabajos evaluados han sido citados al menos en una ocasión, calculándose el *Porcentaje de documentos citados y no citados*, indicando este valor la utilidad o uso de los mismos.

A partir de los indicadores anteriores se puede generar todo un conjunto de indicadores derivados con un mayor grado de complejidad, como la *Tasa de citación relativa (Relative*

Citation Rate – RCR), producto de dividir el FI esperado y el observado o el Índice de atracción (*Attractivity Index-AA*), que muestra el impacto de un agregado, normalmente un país, en una disciplina concreta frente al resto de las disciplinas. Los indicadores mencionados han sido aplicados ampliamente para la evaluación de la producción científica de países (Moed, De Bruin, Van Leeuwen, 1995; Braun & Shubert, 1997), universidades (Berghe et al., 1998) o campos científicos (Ingwersen & Wormell, 1999).

En cualquier análisis de citas que se realice hay que tener claro cuál va a ser su uso, ya que del mismo se pueden derivar diferentes interpretaciones. Los indicadores no tienen la misma lectura si son utilizados para dirigir las suscripciones de revistas científicas de una biblioteca académica que si se emplea en una evaluación con el objetivo de orientar una política científica; necesariamente si se emplea para este último han de ser refinados y sometidos a un proceso de reinterpretación. Para ello se debe tener en cuenta una serie de consideraciones.

En primer lugar hay que anotar que los diferentes medios de comunicación de los resultados científicos no son citados con la misma intensidad, en ciencias experimentales y de la naturaleza de las revistas científicas acaparan el 80% de las citas mientras que los libros solo alcanzan el 10%, llevándose el resto de los medios (tesis, normas, memorias, actas de congresos, prensa etc.) el 10% restante (López Piñero & Terrada, 1994, p. 106). Incluso dentro de las propias revistas, entre las distintas tipologías documentales, pueden existir diferencias. De hecho son las revisiones, frente a otras tipologías como los artículos, cartas, notas, editoriales, los documentos que tienen más capacidad de atraer citas (Leeuwen, Moed & Reedijk 1999, p. 496). Gracias a los *reviews* las tasa de citación se pueden elevar considerablemente.

Entre diferentes disciplinas también son conocidas las diferencias de citación. Determinadas áreas, como la bioquímica y la biología molecular, presentan una citación más intensa que otras como farmacia. De esta forma un documento muy citado en un campo puede ser no significativo en otro. Ante esta situación la comparación de las *Tasas de citación* entre distintas disciplinas han de leerse con ciertas reservas, incluso algunos autores (Kostoff & Martinez, 2005, p. 61) han ido más lejos, afirmando que no existe un promedio de citas que sea significativo para una disciplina y plantean una metodología en

la que las comparaciones de promedio de citas debe realizarse entre documentos estrechamente relacionados temáticamente.

Hay que tener en cuenta, en segundo lugar, el número de autocitas (*Self Citations*) en el total de citas, ya que pueden modificar y distorsionar considerablemente el valor de los indicadores para interpretar éstos correctamente en los procesos de toma de decisiones por tanto identificarlas (Shubert, Glanzel, Thijs, 2006). Las autocitas se definen formalmente como aquella en la que el trabajo citante tienen un autor o más en común con el trabajo citado. También se pueden considerar autocitas las citas recibidas por investigadores que son de la misma institución o grupo de trabajo que los autores (Egghe & Rousseau, 1990, p. 217).

Por lo anterior se hace importante localizar la autocitación sobre todo en niveles de análisis micro-relativos a departamentos, grupos de investigación. Su efecto a niveles macro no es tan acusado y se pueden mantener (Aksnes, 2003, p. 244). Las autocitas presentan un comportamiento diferente a las citas convencionales; éstas se realizan casi siempre después de los tres años posteriores a la publicación del trabajo, disminuyendo drásticamente a partir del cuarto. Este fenómeno se produce principalmente por la finalización de un proyecto de trabajo o por el debilitamiento de posturas y las búsquedas de nuevos frentes de trabajo de otros investigadores (Shubert, Glánzel & Thies, 2006, p. 507).

También diferentes áreas de investigación presentan diferentes tasas de autocitación siendo normalmente más reducidas en el caso de la medicina que en la biología y las ciencias naturales (Shubert, Glánzel & Thijs, 2006). En resumen las consideraciones expuestas matizan considerablemente los indicadores bibliométricos y los reorientan hacia una interpretación más correcta, por lo que no han de ser ignorados por los encargados de la gestión de la política en ciencia y tecnología y como se resume en la Figura 3.

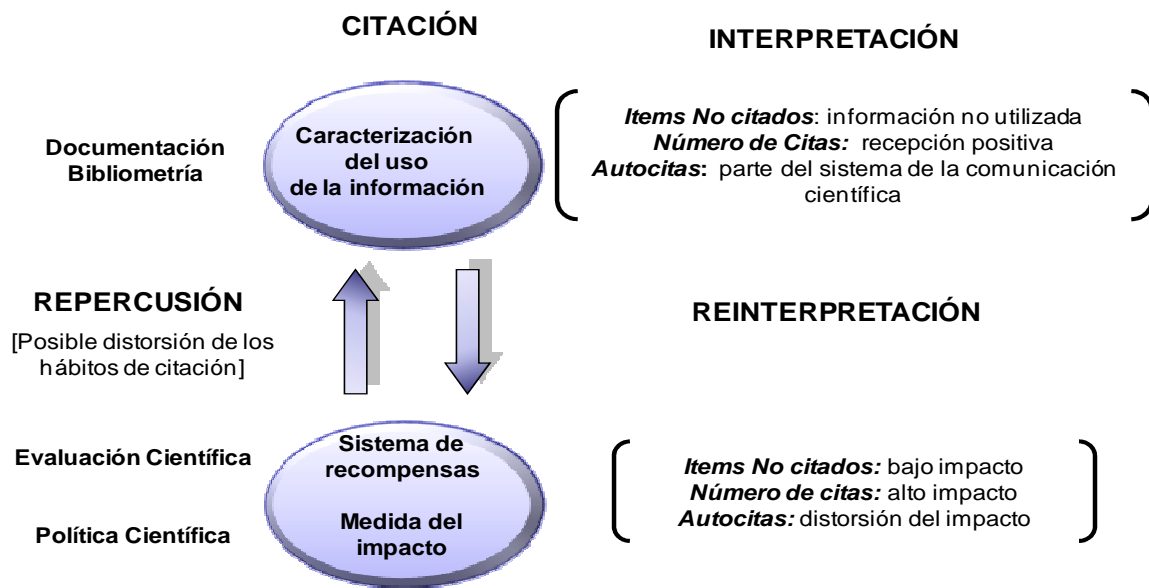


Figura 3. Proceso de reinterpretación de la citación y sus consecuencias. Fuente: Glánzel et al., (2006).

En los últimos años han aparecido dos medidas que han recibido especial atención por su capacidad para detectar la excelencia científica y son los denominados *Trabajos Altamente Citados* (*Highley Cited Papers – HCP*), que ya están siendo considerados como indicador en los informes de la Comisión Europea para comparar el impacto de los países de la UE y que tienen su sección fija en Thomsom ISI⁵. La importancia de los HCP, caracterizados por atraer un gran número de citas, radica en que permiten identificar aquellos agentes que están produciendo artículos muy significativos desde el punto de vista del impacto, situación generada por las distribuciones asimétricas de las ciencias descritas en párrafos anteriores que provocan una gran concentración del número de citas en unos pocos trabajos.

El segundo medida es el H-Index (Hirsch, 2005). Este índice de reciente aparición ha sido propuesto por Hirsch para la evaluación individual de científicos y es capaz de sintetizar en un solo valor información sobre el impacto y la producción. Se calcula rápidamente

⁵ <http://in-cites.com/thresholds-highly-cited.html> [Consultado el 13 de enero de 2008]

ordenando los documentos por el número de citas de mayor a menor, cuando el número de orden del ranking coincide con el número de citas se obtiene el H-Index. La Tabla 7 sintetiza las principales características presentadas para los indicadores de visibilidad e impacto.

Tabla 7. Rasgos principales para las citas y el Factor de Impacto

| CITAS DE DOCUMENTOS | FACTOR DE IMPACTO DE REVISTAS |
|---|--|
| Indicador de la visibilidad, difusión o impacto de la investigación publicada en un documento | Indicador de su visibilidad y difusión internacional |
| Gran parte de las publicaciones nunca son citadas. El 15% de los artículos publicados reciben el 50% de las citas | El FI de una revista no es una buena estimación del número de citas que va a recibir un documento aislado. |
| Las revisiones y los artículos metodológicos tienen mayor citación | Las revistas de revisiones tienen altos factores de impacto dentro de sus áreas |
| La probabilidad de que un trabajo sea citado varía según las áreas | Existen variaciones en el FI según áreas |
| Las publicaciones tienen más probabilidades de ser citadas en las áreas generales o con gran número de investigaciones. | Las revistas de áreas generales tienen mayor FI |
| Las publicaciones básicas tienen más probabilidad de ser citadas que las clínicas | Las revistas de áreas básicas tienen mayor FI que las clínicas |
| El diseño de la ventana de citación determina el valor final de citación y su lectura. | No todas las áreas se adaptan óptimamente a la ventana de citación de dos años |
| La autocitación puede distorsionar las tasa de citación y su interpretación. | La autocitación de la revista no es considerada y distorsiona el valor final de FI |

Fuente: Bordons (1999, p. 797)

2.3.3.3 Indicadores de Colaboración

En los últimos años la co-autoría en artículos científicos se ha incrementado y entre las causas que han generado el aumento de la colaboración se han identificado las siguientes (Katz & Martin, 1997, 3-4; Bordons & Gómez, 2000, p. 199):

- La alta especialización de la ciencia actual con la creación de equipos de investigación cada vez más amplios.
- La gran multidisciplinaridad de los programas de investigación, que provocan la necesidad de contar con científicos de diferentes áreas para la resolución de los problemas.

-
- El coste de determinados proyectos, donde se hace necesario compartir los recursos disponibles.
 - El desarrollo de la telemática, que ha agilizado y facilitado el intercambio fluido de ideas.

Con el propósito de cuantificar la colaboración en cienciometría se calculan medidas basadas en los autores o instituciones que firman los documentos. Algunos de los indicadores más empleados se basan en el número medio de firmantes por trabajo y se han aplicado prácticamente a autores, como el *Índice de co-autoría* (Bordons & Gómez, 2000, p. 202)_o a instituciones, como el *Índice de co-autoría institucional* (Bordons et al., 1996, p. 281). Otro indicador que es muy usado son los *Patrones de colaboración* (Collaboration Patterns) que clasifican porcentualmente los trabajos según tres tipos de colaboraciones: sin colaboración, colaboración nacional o colaboración internacional (Moed, Bruin & Van Leeuwen, 1995, p. 404-405 ; Bordons & Gómez, 2000, p. 203). Este tipo de patrones parece estar muy influenciado por diferentes factores como el tamaño del país, su localización y el idioma de publicación. Existen, por ejemplo, marcadas diferencias entre los patrones de colaboración de las universidades estadounidenses, donde predomina más la colaboración nacional, y las europeas, más orientadas a la internacional (Melin, 1999, p. 166-167).

Otro grupo de indicadores de colaboración son aquellos que tratan de medir la similitud de los agentes evaluados a través del número de trabajos firmados conjuntamente. Para su cálculo los datos se organizan en forma de matrices y se usan diferentes medidas de similitud como el *índice de Salton, Jaccard* o el coeficiente de correlación de Persson (Luukkonen et al., 1993; Maltrás Barba, 2003, p. 248-249).

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

- La productividad elevada 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 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 Impact Factor.

Con el propósito de determinar el impacto de los trabajos internacionales frente a los nacionales (domésticos) Glanzel (2001, p. 88) propuso el indicador *Tasa de citación relativa de las co-publicaciones internacionales (Relative Citation Expected Index of International Co-publications)*. Este indicador calcula la diferencia en el impacto entre los trabajos con colaboración internacional y los nacionales respecto a un estándar mundial tomando valores finales entre -1 y 1. En su trabajo Glanzel puso de manifiesto como los trabajos internacionales tienen, en todos los campos de la ciencia, un impacto mayor y generalmente suelen publicarse en revistas con mayores valores de FI. La colaboración, por tanto, parece tener una serie de efectos positivos pero también añaden otra dimensión con un carácter más cualitativo como la existencia de relaciones sociales que aumentan el capital social de los científicos y las instituciones.

Con respecto a las posibles limitaciones de los indicadores presentados es importante anotar que la colaboración, como se ha dicho, no necesariamente queda reflejada en la cadena de coautoría. En ocasiones figuran autores que no han contribuido al desarrollo del trabajo (autores honorarios), o bien autores que han colaborado pero no aparecen como firmantes (autores fantasmas). Según Glanzel & Shubert (2004, p. 258) este tipo de situaciones se producen en mayor medida entre investigadores de una misma institución, afectando sobre todo al personal con un status más bajo cuya labor no se ve a veces reconocida en la coautoría y ni siquiera en los agradecimientos. Este tipo de prácticas, en ocasiones, de carácter fraudulento, unidas al aumento del promedio de autores por trabajo han generado una crisis y un amplio debate en torno al concepto de autor, sobre todo en la medicina.

2.3.4 Indicadores relacionales

Corresponden al segundo grupo de indicadores bibliométricos (Tabla 6) y consisten en un conjunto de técnicas de mapeo que generan representaciones gráficas de la ciencia a través del uso de información de carácter relacional. Permiten estos mapas alcanzar nuevos niveles interpretativos descritos en párrafos anteriores, bien sea para validarlos, o bien para complementarlos en la toma de decisiones (Noyons et al., 1999a ; 1999b). La conceptualización del mapeo de la ciencia no es nueva, sin embargo la capacidad de procesamiento de los equipos informáticos actuales y la consolidación de Análisis de Redes Sociales (*Social Networks Análisis*) como campo científico ha producido una verdadera proliferación de trabajos dedicados a esta área de la cienciometría.

Desde los inicios de la bibliometría moderna, que se puso en marcha con la obra de Garfield, el análisis relacional ha estado presente, como lo demuestra la publicación de *Networks of Scientific Papers* (Price, 1965). Price pensaba que a través de las redes de citación se podía analizar la estructura y el desarrollo de la ciencia. En este trabajo pionero se tomó 200 artículos en el campo de rayos-N y demostró de una forma novedosa cómo las *ciencias duras* solían citar siempre la literatura más reciente. También la idea de crear redes de citas entre documentos la tuvo presente Garfield desde la década de los setenta como una herramienta para describir el desarrollo histórico de los campos científicos. A estas representaciones Garfield las denominaba historiógrafo (Thackray & Brock, 2000, p. 18).

Se consideran indicadores relacionales aquellos que establecen algún tipo de relación entre dos unidades que puede ser representada en forma matricial. Esta matriz es la expresión matemática de la red, compuesta de un conjunto de nodos y líneas que representan los actores y las relaciones que los unen. Los actores o nodos se definen en las columnas y las filas y su relación a través de los valores asignados a cada una de las celdas, de tal forma que una pareja de actores $i j$ tendrá asignado un valor en la celda $i j$ que denotaría la intensidad y la fuerza de su relación, en el caso de que tal relación no existiera el valor de la celda sería 0 (Moya-Anegón et al., 2004).

Para la creación de las matrices los datos suelen tomarse directamente de las publicaciones científicas donde las concurrencias entre diferentes unidades (autores, revistas, citas, palabras) es frecuente. Normalmente este tipo de matrices se normaliza en sus valores a través del *el Índice de Salton, o Jacard*. La matriz resultante de todo el proceso es susceptible de ser sometida a diferentes tipos de análisis que van desde la estadística multivariante como el *Multidimensional Scaling* (Moya-Anegón..et al., 1998) o *el Principal Component Análisis* (Fernández-Cano & Bueno, 2002) hasta el referido *Análisis de Redes Sociales (ARS)*. Este último presenta todo un conjunto de procedimientos para determinar el rol, la posición de los actores y la detección de grupos. Gracias al desarrollo del *ARS* han surgido nuevos programas informáticos capaces de procesar grandes cantidades de datos que facilitan la visualización y la representación de estas redes como *Ucinet, Pajek, Vison* etc.

Continuando con el esquema presentado en la Tabla 6 se pueden dividir los indicadores relacionales en dos bloques diferenciados (Callon et al., 1995, p. 55):

- *Indicadores de primera generación*: caracterizados por no tener en cuenta el contenido de los documentos y buscar otro tipo de lazo entre los actores como las citas o la firma conjunta de documentos,
- *Indicadores de segunda generación*: analizan las temáticas de los documentos a partir de la co-ocurrencia de términos en los mismos. Una nueva tercera generación, aún en vía de consolidación, que supera a las dos anteriores, sería la basada en el *Análisis de co-redes (Co-networks analisis)* que estudia las redes compartidas entre los actores evaluados (Jiménez-Contreras et al., 2005)

2.3.4.1 Indicadores relacionales de primera generación

Dentro de esta categoría se pueden clasificar dos grandes grupos de redes. Se tienen las redes que emplean las coautorías de los trabajos se basan en la firma conjunta de las publicaciones, ya que cuando dos investigadores o instituciones aparecen a la vez en un mismo trabajo están relacionadas entre si, mantienen un vínculo de colaboración y el segundo gran grupo son aquellos que utilizan las referencias bibliográficas para crear las redes.

El principal objetivo de las redes que emplean la coautoría, es decir el primer grupo de redes, es establecer cómo la estructura social de los científicos determina el progreso del conocimiento científico y revelar cuál es la organización de las comunidades científicas. El tipo de información que trata es fácilmente recuperable en las bases de datos, por lo que cualquier publicación científica es susceptible de este análisis, aunque fundamentalmente se concentra en los trabajos en revistas científicas o en las patentes. A partir del nivel de agregación seleccionado se pueden analizar las siguientes redes:

Redes de co-autoría de científicos: Es el nivel de agregación con más trabajos disponibles y su estudio se ha afrontado desde múltiples perspectivas. Se han empleado para describir las diferencias entre distintas comunidades científicas (Molina & Doménech, 2002); detectar autores importantes dentro de una disciplina (Otte & Rousseau, 2002); estudiar las comunidades en función del sexo, situación geográfica y rango académico (Rivellini, Rizzi & Zaccarin, 2006); caracterizar las redes de departamentos para determinar la estructura interna y sus grupos (Van Raan & Peters, 1991) o analizar la co-inventoría de patentes (Porter & Newman, 2004).

Redes de co-autoría de países e instituciones: En este grupo se distinguen los que estudian la red mundial de países en un momento determinado (Persson & Merlin, 1996) y aquellos que tratan de trazar la evolución de esta misma red durante distintos periodos (Glanzel, 2001, p. 80-84). Un aspecto interesante a la hora de analizar las coautorías es establecer las redes institucionales de colaboración, como los estudios llevados a cabo sobre las universidades noruegas (Persson et al., 1997), las españolas (FECYT, 2005) o en campos o disciplinas concretas como la biomedicina y ciencias de la salud⁶.

Con respecto al segundo gran grupo de indicadores de primera generación, que son los que utilizan las referencias bibliográficas para crear las redes. Se pueden distinguir, siguiendo a Persson & Beckman (1995, p. 351), tres tipos de aproximaciones para las redes de citas: *citación directa*, *Bibliographic Coupling* y *cocitaciones*; las dos primeras

⁶ <http://84.88.71.251/mapabiomedico2004/mapa.htm> [consultado 13 de Enero de 2008]

técnicas en la actualidad han caído bastante en desuso debido principalmente al predominio de los análisis de co-citación, la técnica por excelencia para analizar las citas documentales.

La co-citación, introducida por Small (1973), se produce cuando dos documentos aparecen referenciados o citados en un mismo trabajo, el hecho de aparecer conjuntamente establece una relación entre los mismos. Cuando estos documentos son co-citados con frecuencia se les atribuye cierta similaridad temática y una conexión intelectual dentro del campo analizado. Por extensión este mismo marco teórico puede ser aplicado a los autores o las revistas de los documentos co-citados. La utilidad de este tipo de análisis radica en su capacidad para representar la estructura intelectual de un área científica y descubrir los posibles intercambios de ideas entre subdisciplinas científicas (Bayer, Smart & McLaughlin , 1990). Small (1980, p. 231) también señala que la co-citación puede emplearse para observar los cambios que se producen en diferentes momentos del desarrollo de una disciplina como el abandono de paradigmas obsoletos o el nacimiento de revoluciones científicas.

Los estudios de co-citación han sido empleados en los diferentes niveles:

Cocitación de documentos: ha sido aplicada ampliamente desde los años setenta a partir de los trabajos de Small (1973) para representar la estructura de diferentes campos científicos como la física. La co-citación de documentos necesariamente no se limita a una especialidad concreta; recientemente se ha estudiado la co-citación entre todos los documentos en ISI en el 2002 (Klavans & Boyack, 2005) y gracias al software *CiteSpace*⁷ desarrollado por Chaomel Chen, se pueden representar directamente las redes de co-citación con registros descargados del ISI y ser analizados en forma interactiva.

⁷ <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/> [consultado el 13 de enero 2008]

Cocitación de autores: Aplicada a los autores, esta técnica fue propuesta y desarrollada por White durante los años 80 aunque alcanzará su mayor auge en los inicios de los 90. Según McCain (1990, p. 443) este tipo de análisis permite identificar la organización de las comunidades científicas, las escuelas de pensamiento o las contribuciones académicas de un conjunto de autores tal como es percibida por los citantes.

Cocitación de revistas y categorías de revistas: Permite clasificar las revistas científicas en cluster, quedando agrupadas según su similaridad temática. Recientemente Leydesdorff ha desarrollado una metodología para mapear diferentes bases de datos como el Journal Citation Reports - JCR (Leydesdorff, 2004), el Chinese Citation Index (Leydesdorff & Bihui 2005). Una alternativa interesante planteada a partir de la cocitación de revistas es emplear las categorías JCR, donde están indizadas alcanzándose niveles superiores de agregación, de esta forma se consigue una representación general de la estructura científica como la obtenida para la ciencia española en el periodo 1990-2005 (Moya-Anegón et al, 2006)

2.3.4.2 Indicadores relacionales de segunda generación

Se fundamentan en la co-ocurrencia de términos extraídos de los títulos, resúmenes o palabras clave de las publicaciones científicas por lo que no se limita a ninguna base de datos. Su objetivo principal es caracterizar los temas de un conjunto de documentos y sus diferentes relaciones. El nacimiento de esta técnica se produjo en los 80 gracias a los desarrollos del grupo de investigación de la Escuela de Minas de París (Ruiz-Baños & Bailón-Moreno, 1999). Su base teórica se sustenta en la teoría del actor-red de Bruno Latour y su resultado final sitúa los términos en un espacio bidimensional llamado diagrama estratégico. Cada término queda posicionado en un punto concreto del diagrama gracias a sus indicadores de centralidad y densidad que establecen la importancia de los mismos dentro de la literatura científica analizada. Otras aplicaciones prácticas de los análisis de palabras asociadas son su capacidad para establecer los ciclos de vida de la terminología o los mecanismos de traducción-traslación. Este método, sin embargo, encuentra su máximo rendimiento aplicado a la vigilancia tecnológica en disciplinas científico-tecnológicas.

La ventaja del análisis de palabras asociadas es su posibilidad de aplicación a cualquier tipología documental y base de datos por lo que no se limita a la citas recopiladas por el SCI, como ocurre en la co-citación. Uno de los más recientes avances en el desarrollo de este tipo de indicadores es el Software *CopalRed*⁸, que ha sido aplicado con éxito para analizar el campo de los tensoactivos (Bailón-Moreno, Jurado Alameda & Ruiz-Baños, 2006). Aparte de estas técnicas, que se configuran en torno a una teoría de indicadores concretos, el mapeo y análisis de co-palabras se encuentran en los denominados mapas –cognitivos desarrollados por el grupo Leiden, tratando de integrar las representaciones gráficas con los indicadores de impacto (Noyons, Moed et al 1999a, 1999b), o en la representación conjunta de temas y autores mediante técnicas multivariantes (Sanz-Casado et al. ,2007).

2.4 LA INVESTIGACION EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – UNAL

2.4.1 Generalidades

La UNAL se creó en 1867. Actualmente ofrece programas curriculares en los niveles de pregrado y posgrado en las modalidades de especializaciones, especialidades del área de la salud, maestrías y doctorados. Se encuentra conformado por cuatro sedes principales: Bogotá, Medellín, Manizales y Palmira y tres sedes de presencia nacional: Caribe, en San Andrés; Amazonía, en Leticia y Orinoquía, en Arauca. La dirección y gobierno de la UNAL están reglamentados mediante el Decreto Presidencial 1210 de 1993 y mediante el estatuto General de la Institución, Acuerdo 011 de 2005⁹ del Consejo Superior Universitario. La Universidad se organiza académica y administrativamente en tres niveles de dirección y gobierno (Tabla 8):

⁸ <http://ec3.ugr.es/copalred> [consultado el 25 de enero de 2007]

⁹ <http://www.unal.edu.co/estatutos/egeneral/egeca01.html>

Tabla 8. Niveles de dirección de la Universidad Nacional de Colombia- UNAL

| Nivel Nacional | Nivel de Sede | Nivel de Facultad |
|---|--|--|
| Integrado por: el Consejo Superior Universitario la rectoría; las vicerrectorías Académica, General y de Investigación y sus dependencias; la Gerencia Nacional Financiera y Administrativa y sus dependencias; la Secretaría General y sus dependencias, y el Comité de Vicerrectores | Integrado por: por el Consejo de Sede; la secretaría de sede y sus dependencias; los institutos de investigación de sede; los centros de sede; el Comité Académico Administrativo y Dirección de sede de presencia nacional | Integrado por: el Consejo de Facultad; la decanatura y sus dependencias; y las unidades académicas básicas (escuelas, departamentos, institutos y centros). |
| Responsabilidad: define políticas, programas y proyectos para toda la Universidad en su conjunto. | Responsabilidad: agrupan y coordinan las facultades y se establece y ejecuta el Plan de Desarrollo de cada Sede, el cual es coherente con el Plan Global de Desarrollo de la Universidad | Responsabilidad: Cada Facultad ejecuta su propio Plan de Desarrollo en armonía con el de la respectiva Sede. |

La investigación en las primeras décadas de existencia de la UNAL estaba ausente del quehacer universitario y la institución hacia énfasis en las profesiones. En 1965 el rector José Félix Patiño lidera una reforma que busca convertir a la UNAL en “*un efectivo instrumento del cambio económico y social de nuestro país, definiéndola como pieza fundamental para la erradicación de nuestro atraso y estancamiento*”. En esta reforma ya se formulaba la necesidad de la investigación y de hacer escuela en la Universidad para superar la fase de las profesiones. Alrededor de los programas de maestría que se empezaron a generar a finales de la década de los sesenta y comienzos de los setenta, se incrementan las actividades de investigación. En 1968 se fundó COLCIENCIAS como entidad estatal encargada de formular políticas y financiar proyectos de investigación.

El desarrollo histórico de la investigación en la Universidad, se podría decir comienza en 1977 cuando se creó lo que fue la iniciación de lo que hoy es la Vicerrectoría de investigaciones, el CINDEC, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico, que luego se transformó en la Dirección Nacional de Investigación, DINAIN, hasta finalmente llegar a la Vicerrectoría. Esta última se enfoca más hacia lo que significa una Universidad a nivel nacional que estuvo, en sus inicios, muy centrada en Bogotá, pero que hoy cuenta con siete sedes, donde en cada una de ellas debe haber una cabeza que oriente las políticas de investigación y unas direcciones de investigación.

En la década de los noventa la investigación en la UNAL se desarrolló dentro del contexto definido por normas de carácter general como son los Estatutos General y de Personal Docente¹⁰. El desarrollo de la normatividad referente a la investigación se ha originado en los diferentes niveles: El Nacional, el de Sede, el de Facultad o Instituto.

2.4.2 Institucionalización de la investigación en la UNAL

La normatividad acerca de la investigación en la UNAL puede referirse igualmente a la formulación general de políticas o a la explicitación de acciones específicas y puede estar enfocada a: estímulo a la relación entre formación-investigación y extensión; fomento de actividades de investigación; apoyo financiero para la investigación. La dirección de la Universidad, con el propósito de fomentar la investigación ha llevado a cabo una serie de acciones, no todas ellas han alcanzado los resultados esperados, pero vale la pena mencionar las siguientes:

Creación de organismos de fomento y apoyo a la investigación: Los hechos más relevantes en este aspecto se desarrollaron en los siguientes años:

1970 se crea el Consejo de Investigación. En 1977 en la sede de Bogotá se crea el Comité de Investigación y Desarrollo Científico CINDEC, posteriormente se abren capítulos en las sedes de Medellín (1978), Manizales (1983) y Palmira (1992).

1990 la investigación encuentra gran estímulo en virtud de la promulgación en el país de normas relacionadas con la ciencia y la tecnología y la creación de COLCIENCIAS.

1998 a comienzos se crea la Dirección Nacional de Investigación –DINAIN-, dependiente de la Vicerrectoría Académica, y el CINDEC de Bogotá se transforma en la División de Investigación de la sede Bogotá- DIB.

¹⁰ <http://www.unal.edu.co/estatutos/eacademi/eacad01.html>

2005 por el Acuerdo 032 de 2005¹¹, se crea la Vicerrectoría de Investigaciones, la cual estaría conformada por las siguientes dependencias: las Direcciones de Investigación de las Sedes de Bogotá (DIB), Medellín (DIME), Manizales (DIMA), Palmira (DIPAL) y quien haga sus veces en las Sedes de Presencia Nacional; la Dirección Nacional de Laboratorios; la Dirección Nacional de Extensión y Educación Continua; los Institutos de Investigación de Sede y Nacionales y los Centros de Sedes; el Fondo de Investigación de la Universidad Nacional, el cual es reglamentado posteriormente por el Acuerdo 031 de 2006¹², que establece disposiciones para su funcionamiento.

2007 por la resolución no. 13 de 2007¹³ de la Vicerrectoría de Investigaciones se adopta el Sistema de Información de la Investigación, HERMES, como herramienta informática única para el manejo de la información relacionada con la investigación en la UNAL

Reconocimiento Estatutario y de ley de la actividad investigativa: El reconocimiento estatutario se establece a partir del acuerdo 124 de 1980 y el decreto Ley 82 de 1980, el cual establece que la investigación, la creación de conocimiento y la formación científica de los estudiantes hacen parte de los fines de la Universidad. Este reconocimiento se ha mantenido y ampliado a lo largo de estos años y esta explícito en la legislación (Ley 30 de 1992 y decreto 1210 de 1993) y en los estatutos actualmente vigentes

Formación de personal académico: entre 1970 y 1985 la UNAL propició la formación de sus profesores en el nivel de posgrado, de tal manera que cerca de 700 profesores realizaron estudios de maestría y doctorado en el exterior; muchos otros efectuaron estudios de maestría en la UNAL. A partir de la cualificación de estos profesores se activaron muchos proyectos de investigación en un ambiente de libre iniciativa y es a partir de este interés de la Universidad por formar investigadores que comienza a nacer lo que hoy se conocen como grupos de investigación, institutos de investigación y de igual forma comenzaron a surgir los postgrados en la UNAL, en la década del 70, y es en este

¹¹ http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2005/A0032_05S.pdf

¹² http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2006/A0031_06S.pdf

¹³ http://www.unal.edu.co/viceinvestigacion/resolucion_013_2007.pdf

momento donde comienza realmente a nacer la investigación. Hoy existen grupos de investigación bien consolidados, generalmente alrededor de temáticas propias de las profesiones y las disciplinas. Hay grupos en física, ingeniería, ciencias humanas, medicina etc.

Desarrollo de estímulos a la actividad Investigativa: dentro de estos los más importantes son la dedicación exclusiva y el reconocimiento por producción académica, que se constituiría en la base para establecer el reconocimiento por productividad académica consignado en el Decreto 1444 y 1279 de 1992¹⁴.

Creación de Institutos: Con el propósito de desarrollar actividades investigativas muy definidas se crean el Instituto de Inmunología o el de Ciencias Naturales o para, adelantar investigación interdisciplinaria alrededor de problemas de carácter más general, se crea el Instituto de Estudios Políticos IEPRI o el Instituto de Estudios Ambientales IDEA, entre otros.

Creación de Programas Universitarios de Investigación PUI: Orientados en principio, a fomentar y crear un espacio apropiado para el desarrollo de la investigación interdisciplinaria.

Participación en la generación de políticas nacionales: participación directa y efectiva en algunos casos de la dirección de la Universidad en la generación de políticas nacionales de educación superior y, concretamente, de investigación por parte de diversos organismos del estado.

En la actualidad el Sistema de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (SIUN) – acuerdo 014 de 2006¹⁵ lo conforman los profesores, grupos de investigación y cuerpos colegiados, comités de investigación y extensión de las facultades, los centros e institutos interfacultades, así como los comités de investigación de las sedes y del nivel

¹⁴ <http://www.unal.edu.co/viceacademica/Documentos/Decreto%201279%20de%202002.pdf>

¹⁵ http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2006/A0014_06S.pdf

nacional. Los organismos colegiados tienen la capacidad de formular políticas investigativas. Así mismo, la estructura planteada en el nivel de facultades, centros e institutos interfacultades responde a la formulación del Acuerdo 10 de 2000¹⁶, que reestructura las facultades y asigna funciones operativas y de conceptualización a cada uno de los niveles organizativos. Entre estos, los comités de investigación de facultad y las Unidades Básicas Académico-Administrativas, con sus departamentos y escuelas y los comités de investigación que propician la interacción y cooperación entre los investigadores, el intercambio de información y la sinergia necesaria para fomentar la investigación. Se espera como resultado que el SIUN desarrolle nuevas capacidades y relaciones que superen la suma de individuales.

2.4.3 Resultados y productos de la actividad académica e investigativa

El análisis de la productividad académica en la UNAL se centra de manera preponderante en los tipos de producción contemplados en el decreto 1444 de 1992 y 1279 de 2002 que adoptó la siguiente clasificación para la producción académica: artículos en revistas: revistas nacionales de circulación nacional, revistas nacionales de circulación internacional, revistas indexadas internacionalmente ; libros, impresos universitarios, reseñas, traducciones ; videos y obras artísticas ; premios y patentes ; posdoctorados y tesis (UNAL, 2002, p. 127).

Los decretos anteriores recogen en buena medida todos los productos que se pueden identificar como “productividad académica” y la Universidad dispone del Comité Interno de Asignación y Reconocimiento de Puntaje, el cual es el encargado de la asignación y reconocimiento de bonificaciones, de puntos salariales por títulos, categorías, experiencia calificada, cargos académico-administrativos y desempeño en docencia y extensión y por la producción académica mencionada en el párrafo anterior. El Comité fue constituido mediante Acuerdo No. 5 de 2003 del Consejo Superior Universitario, modificado por el Acuerdo No. 052 de 2006, en cumplimiento a lo establecido por el artículo 25 del Decreto

¹⁶ http://www.unal.edu.co/secretaria/normas/csu/2000/A0010_00S.pdf

1279 de 2002 y sus integrantes fueron designados mediante Resolución No. 188 de 2006 del Consejo Superior Universitario y Resolución No. 037 de 2006 de la Vicerrectoría Académica. El Comité de Puntaje dispone de bases de datos debidamente organizadas, que le han permitido llevar estadísticas cuantitativas de la productividad del personal académico de la Universidad.

La información acerca de los resultados y productos de investigación en la UNAL ha sido manejada desde aspectos cuantitativos, que hacen referencia al número de proyectos de investigación, financiación, perfiles temáticos, clasificación de los de grupos de investigación, según COLCIENCIAS. La productividad en la UNAL se limita a cuantificarse por el número de artículos en revistas nacionales, internacionales, libros, videos, etc información manejada por el Comité de Puntaje con base a las solicitudes de los docentes para reconocimientos de puntos salariales por productividad. La *calidad* de la producción con respecto a las publicaciones en revistas viene determinada, y con base a esto se asignan los puntos salariales, a la clasificación que COLCIENCIAS hace de las revistas (A1, A2, B y C), donde el máximo puntaje es otorgado a artículos publicados en revistas internacionales en categoría A1, que generalmente corresponden a las revistas indexadas en la bases de datos del *ISI*.

2.4.4 La UNAL hacia el año 2019 en el campo de la investigación

La UNAL (2006) a través de la Oficina de Planeación en la publicación “*Doctorados e investigación: tendencias, perspectivas y lineamientos estratégicos en la Universidad Nacional de Colombia*”, define los lineamientos de lo que sería el plan estratégico de investigación de la Universidad Nacional de Colombia 2005-2017 y formula su visión de la UNAL hacia el año 2019. El Plan Estratégico de Investigación se enfoca en cinco lineamientos básicos que permitirán, a largo plazo, consolidar a la investigación en la UNAL. Estos lineamientos son definidos como: 1) apoyo y fomento a centros de investigación de excelencia, 2) fortalecimiento y generación de programas de doctorado, 3) consolación y creación de vínculos con la industria y el Estado, 4) apoyo y fortalecimiento en la producción académica derivada de la investigación y 5) fomento a la internacionalización de la investigación de la Universidad.

Para hacer efectivos los cinco lineamientos trazados formula, de igual forma, trece estrategias enmarcadas tanto en el Plan Global de Desarrollo de la Universidad como en el *“Plan Estratégico de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia 2005-2017”* y que en forma resumida son: a) articulación con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; b) apoyo a investigadores; c) fomento y fortalecimiento de los grupos de investigación; d) fomento a centros de investigación de excelencia; e) fortalecimiento y creación de programas doctorales; f) apoyo a la formación de investigadores; g) apoyo a la producción derivada de la investigación, específicamente en esta estrategia se habla de acciones como: incluir en los recursos asignados a cada proyecto aquellos destinados a la elaboración de los productos derivados de la investigación; apoyar a las revistas UNAL para que sean indexadas en el Sistema Nacional de Indexación y fortalecer la difusión de los productos derivados de la investigación. Estas acciones a largo plazo contribuirán a facilitar que los docentes de la UNAL aumenten y difundan su labor investigativa y su producción en revistas internacionales. *“La difusión de los productos derivados de la investigación facilita la cualificación de los mismos y su posicionamiento tanto en la sociedad como en la comunidad”*; h) fomento a la internacionalización; i) fortalecimiento de la evaluación y seguimiento de la investigación; J) fortalecimiento de la infraestructura para el desarrollo de la investigación; k) generación y fortalecimiento de canales de interacción con la empresa y el Estado; l) Apoyo a la consecución de los recursos para la investigación; m) apoyo a la gestión de la investigación.

La Visión de la UNAL hacia el año 2019 sustenta la orientación de la Universidad que se quiere alcanzar en el año 2019 y se basa fundamentalmente en tres objetivos: 1) ubicar a la UNAL en el sistema de educación superior colombiano como una institución de vanguardia, 2) consolidarla como una universidad de investigación y 3) posicionarla en las principales regiones del país. Con el propósito de concretar esta visión se han formulado una serie de estrategias, requerimientos y algunas metas específicas, contempladas en el Plan de desarrollo 2007-2009. Las estrategias y requerimientos se resumen en:

- Otorgar a la UNAL un esquema organizativo acorde con la estructura académica deseada.
- Obtener mecanismos para una orientación eficiente de sus recursos.

-
- Aprovechar el potencial de la UNAL para su desarrollo, con la mejor utilización de sus recursos, incrementando su capacidad de admisión, tasas de graduación, creación de programas de alto nivel en maestría y doctorado y mayores resultados en la investigación.
 - Fortalecer la presencia nacional de la UNAL con la creación de nuevas sedes en regiones donde exista déficit de instituciones de educación superior y una mayor cooperación con otras universidades de alto impacto regional.
 - Propiciar la articulación efectiva de la investigación con las funciones de docencia y extensión dentro de la Universidad y consolidar relaciones duraderas en el ámbito externo con instituciones, comunidades científicas nacionales e internacionales y la sociedad en general.
 - Generar propuestas nacionales de política pública para el sistema de educación colombiano.

Estas estrategias y requerimientos para el año 2019 concuerdan con la Visión Colombia II Centenario 82005), propuesta desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación y la Presidencia de la República. La propuesta del gobierno en materia de educación plantea las siguientes metas para el año 2019:

- Aumentar a 40% la cobertura bruta en educación superior, con mayor participación de educación técnica y tecnológica.
- Mejorar la calidad de la educación en todos los niveles con estrategias de choque (i.e. evaluaciones continuas).
- Alinear la educación media y la superior con las necesidades del sector productivo, con especial énfasis en la formación para el trabajo.
- Fortalecer el componente científico de todos los niveles educativos.
- Disminuir la deserción al 25% en la educación superior.

El documento propone además unas metas ambiciosas para la UNAL en aspectos como estructura organizativa, presencia nacional, resultados en la investigación, oferta académica y, por supuesto, mayores niveles de cobertura y matrícula de sus programas, presencia de la institución como una universidad para el mundo.

Lo anterior significa que la UNAL debe contar con la infraestructura y niveles de presupuesto acordes con los objetivos planteados para el año 2019 y la armonización con el sistema de educación superior del país, tanto público como no público, además de centrarse en tener más presencia nacional y convertirse en una universidad para el mundo. Dentro de los retos de la UNAL estará el de definir metas institucionales acordes para el año 2019 y metas dirigidas al incremento de la investigación, cobertura y formación docente si se quiere proyectar como una universidad de investigación.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 UNIDAD DE ANÁLISIS: LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN – UNALMED

La UNALMED se inicia en 1938 cuando la entonces Escuela de Agricultura Tropical y Veterinaria- que había sido creada por la ordenanza 21 de 1911 de la Asamblea Departamental, pasó a ser dependencia de la Universidad Nacional con el nombre de Facultad Nacional de Agronomía, actualmente Facultad de Ciencias Agropecuarias. Un año después, mediante Acuerdo 131 de 1939 del Consejo Directivo de la Universidad, se incorpora la Escuela de Minas con el nombre de Facultad Nacional de Minas. La Escuela de Minas había sido creada como institución de carácter nacional por medio de la ley 60 de 1886, actualmente Facultad de Minas..

Los estudios de Arquitectura se iniciaron en 1947 bajo la tutela de la Facultad de Minas. En 1954, mediante acuerdo 21 del Consejo Directivo de la Universidad Nacional, se establece la Facultad de Arquitectura como tal para administrar la carrera del mismo nombre. Las Facultades de Ciencias y Ciencias Humanas son el fruto de una reestructuración total que se dio a la seccional Medellín, como se le llamaba antes a la actual Sede Medellín, en 1975 (Acuerdo 80 del Consejo Superior Universitario), con el propósito de consolidar y desarrollar las áreas propias de estos saberes, lograr una formación integral en los educandos e impulsar la docencia y la investigación en la ciencias básicas.

Actualmente la Sede de Medellín cuenta con las facultades de: Arquitectura, Ciencias, Ciencias Humanas; Ciencias Agropecuarias y de Minas. Las cinco facultades atienden por medio de sus diferentes escuelas 25 programas académicos de pregrado y 56 de posgrado en las modalidades de doctorado (7), maestría (25) y especialización (24) (www.unalmed.edu.co). Sus instalaciones están ubicadas en las inmediaciones de cerro El Volador y en el sector de Robledo; cuenta de igual manera con centros de producción en el corregimiento de Santa Elena y en los municipios de Ríonegro y Santa Fe de

Antioquia. Su planta de docentes a octubre de 2007, según base de datos suministrada por la Vicerrectoría de Investigaciones de Bogotá, es de 543 docentes distribuidos en sus diferentes unidades académico-administrativas como se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9. Siglas de unidades académico administrativas y personal académico de la UNALMED.

| UNIDADES ACADÉMICAS Y PROFESORES - UNALMED | | | | | | |
|---|----------------|-----|-------------------|-----------------|------------------------------------|---------------|
| FACULTADES/ PROFESORES | | | | No. Prof | ESCUELAS O DEPARTAMENTOS | SIGLAS |
| Facultad de Arquitectura | | | | 88 | | FA |
| No. | Categoría | No | Dedicación | | | |
| 53 | asociado | 16 | exclusiva | 9 | Esc. de Planeación Urbano-Regional | FA-EPUR |
| 30 | asistente | 55 | tiempo completo | 8 | Esc. de Medios de Representación | FA-EMR |
| 3 | Titular | 5 | medio tiempo | 23 | Esc de Construcción | FA-EC |
| 1 | Inst. asociado | 10 | Cátedra 0.4 | 25 | Esc de Arquitectura | FA-EAQ |
| 1 | experto III | 1 | Cátedra 0.3 | 8 | Esc del Hábitat | FA-EH |
| | | 1 | Adm./Tiemp. Comp. | 15 | Escuela de Artes | FA-EA |
| Facultad de Ciencias | | | | 128 | | FC |
| 68 | asociado | 109 | exclusiva | 37 | Esc. de Matemáticas | FC-EM |
| 44 | asistente | 13 | tiempo/Comp. | 15 | Esc. de Estadística | FC-EE |
| 9 | titular | 1 | medio tiempo | 22 | Esc. de Física | FC-EF |
| 2 | Inst. asociado | 4 | Cátedra 0.4 | 19 | Esc de Química | FC-EQ |
| 5 | auxiliar | 1 | Adm./ T-completo | 12 | Esc. de Geociencias | FC-EG |
| | | | | 23 | Esc de Biociencias | FC-EB |
| Facultad de Ciencias Agropecuarias | | | | 76 | | FCA |
| 38 | asociado | 63 | exclusiva | 21 | Depto. de Ciencias Agronómicas | FCA- DCA |
| 25 | asistente | 8 | tiempo comp. | 22 | Depto. de Ciencias Forestales | FCA-DCF |
| 6 | titular | 2 | medio tiempo | 19 | Depto de Ing. Agrícola y Alimentos | FCA-DIAA |
| 5 | Inst. asociado | 2 | cátedra 0.4 | 14 | Depto de Producción Animal | FCA-DPA |
| 2 | Auxiliar | 1 | Adm.-T/C | | | |

| UNIDADES ACADÉMICAS Y PROFESORES - UNALMED | | | | | | |
|---|----------------|---------|----------------------------|-----------------|---|---------------|
| FACULTADES/ PROFESORES | | | | No. Prof | ESCUELAS O DEPARTAMENTOS | SIGLAS |
| Facultad de Ciencias Humanas y Económicas | | | | 57 | | FCHE |
| No. | Categoría | No | Dedicación | | | |
| 31 | asociado | 27 | exclusiva | 16 | Escuela. de Historia | FCHE-DH |
| 16 | asistente | 22 | Tiempo com | 20 | Escuela de Economía | FCHE-DE |
| 5 | titular | 1 | medio tiempo | 11 | Escuela de Ciencias Políticas | FCHE-DCP |
| 2 | Inst. asociado | 3 2 | cátedra 0.4 cátedra 0.3 | 10 | Esc. de Estudios Filosóficos y culturales | FCHE-DEFC |
| 3 | auxiliar | 2 | Adm.T/C | | | |
| Facultad de Minas | | | | 194 | | FM |
| 90 | asociado | 11 6 | exclusiva | 26 | Esc. de Ing. de la Organización | FM-EIO |
| 85 | asistente | 26 | tiempo com | 20 | Esc de Ing. de Sistemas | FM-EIS |
| 5 | titular | 4 | medio tiempo | 31 | Esc. de Ing. Eléctrica y Mecánica | FM-EIEM |
| 12 | Inst. asociado | 2 | Cátedra 0.7 | 21 | Esc. de Ing. de Materiales | FM-EIM |
| 2 | auxiliar | 28 | cátedra 0.4 | 30 | Esc. de Procesos y Energía | FM-EPE |
| | | 17 | cátedra 0.3 | 29 | Esc. de Ing. Civil | FM-EIC |
| | | 1 | Adm.T/C | 37 | Esc de Geociencias y Medio Ambiente | FM-EGMA |

Fuente de los datos: Oficina de personal de la UNAI y web www.unalmed.edu.co

3.1.1 La UNALMED y los estudios bibliométricos

El análisis bibliométrico aplicado a la producción científica de una institución, es uno de los estudios más interesantes que pueden ser llevados a cabo para el análisis de grandes instituciones académicas. Cuanto mayor sea el tamaño de la institución, mayor cantidad de matices pueden ser apreciados en este tipo de estudios. A pesar de lo anterior existen

en la bibliografía de la especialidad pocos estudios bibliométricos aplicados a la producción científica de una institución colombiana en particular.

En la literatura encontramos estudios bibliométricos aplicados a una temática concreta (Rincón, 2001; Alvis-Gúzman et al., 2006). Dentro de los estudios bibliométricos institucionales que hacen uso de las bases de datos *ISI* se puede mencionar uno referente a la Universidad de Antioquia (Villegas-Echavarría & Morenos Martínez, 2006) donde se hace un análisis cuantitativo de la producción científica de esa institución para los años de 2000-2004. Existe, además, un estudio titulado *Modelo comparativo de la producción de la Universidad de los Andes con 10 universidades latinoamericanas en el ISI Web of Knowledge* (Ruiz Ramos, Orozco Castro, Chavarro Bohórquez, 2007). El estudio toma como referente el RI3 construido por el Grupo Scimago de la Universidad de Granada con información extractada de la base de datos *ISI-Thomson*.

La Universidad Nacional de Colombia y por ende la sede en Medellín no cuentan, hasta el momento, con ningún tipo de estudios bibliométricos que den cuenta de la producción científica de sus docentes, en bases de datos internacionales del prestigio de las bases de la *ISI Thomson*., la información acerca de la investigación en la Sede es registrada en las estadísticas generales que de investigación tiene la UNAL y hacen referencia, en la mayoría de los casos, a indicadores de *input*. En el 2007 Correa Ahumado & Díaz Guerra realizaron un trabajo de grado enfocado básicamente a hacer un análisis de la situación actual de los 109 grupos de investigación que para esa fecha tenía la Sede y se hace una primera aproximación a un Análisis de Redes Sociales.

3.2 FUENTE DE DATOS

El estudio se basa en datos obtenidos de dos tipos de fuentes de información: internas y externas. Las fuentes internas corresponden a información generada por la propia Universidad y fueron básicamente: archivos.xls que contenían la información de la planta de docentes de la UNAL, activos a septiembre de 2007, e información del Comité de Puntaje (2002-2006), que registra los puntos salariales otorgados por producción científica y académica de los docentes de la UNAL; otra fuente externa fue el sitio web de la UNAL www.unal.edu.co, donde se consultó información pertinente de los docentes

(web docente), reglamentación, información de sus diferentes Unidades Académico-Administrativas y el Sistema de Información de la Investigación, denominado HERMES.

Con respecto a las fuentes externas y 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 bases de datos pertenecientes a la Red ScienTI¹⁷. La información que permite hacer el análisis bibliométrico de la producción científica de los docentes de la UNALMED fue extraída de bases de datos internacionales de producción científica, específicamente, las bases de datos de la *Thomson Scientific* (antiguo *Institute for Scientific Information* –ISI- de Filadelfia el cual fue creado por Eugene Garfield). En Colombia se tiene acceso a estas bases de datos a través de la *ISI Web of Knowledge* desde el 2007 y gracias a un convenio entre Colciencias, *Thomson Scientific* y las universidades más prestigiosas del país, entre ellas la Universidad Nacional de Colombia.

Las bases de datos de la *Thomson Scientific* no son las únicas bases de datos que contienen información científica indexada. Existen otras como *Medline*, *Biosis*, *Physics Abstracts*, *Chemical Abstract*. 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 unas ventajas que las hacen imprescindibles en desarrollo de indicadores bibliométricos, de igual forma, el uso de estas bases de datos ha generado una intensa controversia. La elección de esta fuente en particular para la obtención de los datos bibliográficos pertinentes a partir de los cuales se calculan los diferentes indicadores bibliométricos para el estudio obedece al acceso que la UNAL tiene a través de Sistema Nacional de Bibliotecas SINAB (www.sinab.unal.edu.co), a la base de datos *ISI Web of Knowledge* para consultarla y a las ventajas, con respecto a otras bases de datos, que han generalizado su uso y ha llevado a seleccionarla como una

¹⁷ Red Internacional para la Gestión de Información y Conocimiento de la Ciencia la Tecnología y la Innovación.

fuerza de información importante para este tipo de estudios bibliométricos, de igual forma también tiene una serie de limitaciones, que se detallarán más adelante.

3.2.1 BASES DE DATOS DE ISI -THOMSON SCIENTIFIC

En el presente estudio se han utilizado dos tipos de productos del ISI: la *Web of Science* (WOS, 2006) que incluye las bases de datos objeto de estudio: el *Science Citation Index* (SCI), que se especializa en ciencias y medicina; *Social Sciences Citation Index* (SSCI), especializado en ciencias sociales y *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI) y la base de datos que recoge la información sobre el impacto de las publicaciones científicas *Journal Citation Reports* (JCR 2006).

Dentro de las ventajas que han permitido generalizar el uso de la 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; el procesamiento de las referencias permite crear indicadores de impacto; la cobertura de los datos de citación; las políticas de indización exhaustiva de los documentos en las revistas científicas; Indización completa del campo correspondiente a las instituciones de los autores firmantes (*Addresses*); los trabajos están clasificados en grandes categorías temáticas o permiten ser asignados fácilmente a una categoría del JCR.

Además de las anteriores ventajas Colciencias, institución a nivel nacional encargada de homologar las revistas científicas de Colombia, valora positivamente e incentiva la publicación en la WoS, al asignar la mayor categoría (A1 y A2)¹⁸ a las publicaciones que se encuentran en los *ISI Citation Indexes* y con información que suministra el JCR, de igual forma, la UNAL tiene en cuenta la homologación que Colciencias hace de las revistas para otorgar puntos o bonificaciones salariales por la producción científica de sus docentes¹⁹, en donde la publicación en revistas científicas categoría A1 y A2 otorga el

¹⁸ http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/jsp/content/proceso_h.jsp

¹⁹ <http://www.unal.edu.co/viceacademica/Documentos/Acuerdo%2011%20de%202003.pdf>

mayor puntaje. Colciencias y la UNAL no son las únicas instituciones que utiliza este criterio en sus evaluaciones también lo hacen otras universidades del país y a nivel internacional en España la Comisión Nacional de Evaluación de la Actividad Investigadora (CNEAI).

El uso de las bases de datos del ISI para evaluar la actividad científica ha sido igualmente objeto de crítica, debido principalmente a la ausencia de una teoría establecida sobre el análisis de citas (Cronin, 1994) y a la baja representación en esas bases de datos de revistas científicas generadas por los países de la llamada *periferia* (Gómez y Bordons, 1996). Salvo contados proyectos como *SciELO* y *Latindex*, no se han generado esfuerzos por mejorar esta situación. Ello ha tenido repercusiones serias en países en vía de desarrollo, donde los investigadores se ven obligados a publicar en revistas que estén incluidas en las bases de datos del ISI, la mayoría en idioma inglés. Esta inclusión de los investigadores en ISI, aparte de beneficios económicos, les otorga la visibilidad internacional buscada a través de citas para sus trabajos y, por tanto, su impacto.

En la literatura se han encontrado estudios sobre sesgos, limitaciones y uso de las bases del ISI (Bordons y Zuleta, 1999; MacRoberts y MacRoberts, 1996;) y que hacen referencia a la limitada cobertura de títulos de revistas tanto en términos de disciplinas, idiomas y países. Se habla de *sesgo idiomático y geográfico*, ya que el idioma inglés es ampliamente predominante, en donde los países de habla no inglesa están escasamente representados, lo que afecta el ámbito latinoamericano, al no incluir una proporción adecuada de revistas de los países en desarrollo, el número de referencias registradas tienden a subestimar las contribuciones de los científicos de nuestro país. Por lo tanto pueden resultar sesgadas las producciones científicas cuando se comparan países similares con lenguas distintas, ya que los anglosajones estarían mejor representados.

Con respecto al *sesgo temático y/o disciplinar*, donde se favorecen las disciplinas básicas con una mayor y mejor representación de su universo documental frente a las ciencias humanas y sociales. Se refieren a una cierta *concentración editorial en ciertos campos como la medicina y biología*, donde existe un dominio del editor Elsevier que parece estar sobre representado, ya que este conglomerado editorial aglutina más del 10% del

total de las revistas. Editores como *Kluwer*, *Springer*, *Blackwell* o *Academic Press* aparecen también en lugares destacados.

Dentro de otras limitaciones, identificadas en este estudio, se encuentra la falta de normalización y los errores tipográficos que dificultan la búsqueda de información y su posterior tratamiento; indexación deficiente de los autores firmantes que dan lugar a problemas de homonimia. En el caso particular de los autores españoles y de América Latina este problema es mayor, ya que la *WoS* impone las estructuras de los nombres anglosajones, hasta el punto que hasta 1996 los dos apellidos de un autor se juntaban, y en otras oportunidades se entremezclaban nombres y apellidos, desde luego inapropiado para los investigadores españoles y latinos frente a otras bases de datos como *Medline* y el *IME* que sí parecen respetar las convenciones.

Problemas relativos al campo de afiliación, existen algunos artículos sin afiliación, especialmente en el *SSCI* y el *A&HCI*. Tampoco existe, igual que en los autores, una forma homogénea de procesar las instituciones por lo que éstas pueden aparecer bajo múltiples variantes que dificulta la recuperación de la información y su normalización. Es de anotar que los problemas enumerados anteriormente no son exclusivos de las bases de datos *WoS*, se producen igualmente en otras bases de datos mencionadas anteriormente.

Se utilizó para este estudio, además, información complementaria relativa a las revistas cubiertas por la *WOS* y contenidas en la base de datos *Journal Citation Reports (JCR)*. El *JCR* aporta información de las revistas que forman parte de los *Citation Indexes* (versiones *SCI* y *SSCI*) y presenta datos estadísticos de citas desde 1998 en adelante, que proporcionan una manera sistemática y objetiva de determinar la importancia relativa de revistas científicas dentro de sus categorías temáticas. El *JCR* es una base de datos importante, no solo por lo anterior, sino también porque aparecen indicadores de la visibilidad que tienen las revistas contenidas en la *WoS*, como el ampliamente nombrado Factor de Impacto (FI), el cual mide la frecuencia con la cual ha sido citado el “artículo promedio” de una revista en un año en particular y se calcula dividiendo el número de citas actuales de ítems publicados en los dos años anteriores, por el número total de artículos / revisiones publicado en los dos años anteriores.

En este estudio para asignar el FI de las revistas donde publican los docentes de la UNALMED, para los años 2006 y 2007, se hizo uso del JCR (2006) a través del SINAB. Para asignar FI de años anteriores (1995-2005) se consultó la información del JCR a través del acceso gratuito a las bases, en virtud del servicio público a los investigadores de las universidades españolas dispuesto por el Ministerio de Educación y Ciencia de España y encomendado a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología FECYT²⁰, además, del acceso que la Universidad de Antioquia tiene a esta información por intermedio de profesores de la Escuela Interamericana de Bibliotecología -EIB.

3.3 BÚSQUEDA, PROCESAMIENTO Y CARGA DE LOS DATOS

3.3.1 Estrategia de búsqueda : extracción de los datos

La extracción de los datos para la realización del estudio se ha hecho a partir de la base de datos completa en la versión en línea *WOS (2006)*. A partir de estas bases de datos, el objetivo específico fue extraer todas las referencias bibliográficas de los trabajos publicados por autores docentes de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín usando, después de varias pruebas y verificaciones de calidad en la recuperación, una ecuación lo más simple posible. La ecuación de búsqueda utilizada para recuperar los registros, fue la siguiente:

| | |
|-------------------|--|
| Adress = | UNIV NAC* <u>SAME</u> MEDELLIN <u>OR</u> NAT*UNIV <u>SAME</u> MEDELLIN |
| Timespan= | 1990-2007 |
| Database = | WoS (SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI) |

A través de la consulta en el SINAB de la UNAL se recuperó la información de 2001 al 2007. La información de 1990 al 2000 fue recuperada a través del acceso que tiene la

²⁰ <http://www.accesowok.fecyt.es/news/2007/20070709.html>

Universidad de Antioquia por intermedio de la EIB. La fecha en que se ejecutó la última búsqueda en la *WoS* fue el 1 de mayo de 2008.

3.3.2 Fases principales en el tratamiento y descarga de datos

El resultado inicial de la búsqueda fue 462 documentos que 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*, el cual permitió: clasificar los documentos creando grupos por facultades y escuelas; sacar listado de publicaciones y autores que permitió depurar los registros quedando reducidos los documentos a 429, donde hay al menos una autoría de un docente o estudiante de la Sede UNALMED.

Los registros en formato *win*, después de haber sido depurados, permitieron elaborar tablas para las categorías temáticas, instituciones colaboradoras, referencias bibliográficas de los documentos, títulos de revistas etc. en formato *xls* para ser exportadas luego a una base de datos relacional en *Microsoft Office Access 2003*. El resultado del almacenamiento de la información en *Access* ha sido la generación de una base de datos conteniendo en campos, la información estructurada de los documentos y con las relaciones establecidas *a priori* (ver Anexo 1), así como información adicional que se introduce por procedimientos semiautomáticos. Esta base de datos fue elaborada con la asesoría técnica de un profesor de la Escuela de Sistemas de la UNALMED y como parte de un trabajo de grado de una estudiante de Ingeniería de Sistemas e Informática.

A partir de las bases de datos se ha obtenido y tratado la siguiente información contenida en las publicaciones ofrecidas por la *WoS*: autores, dirección del lugar de trabajo, título del documento, información sobre la fuente de datos (título de la revista, año de publicación, volumen, número, página, tipo de publicación, idioma), número de citas y las referencias bibliográficas citadas en cada publicación, esta última información tenida en cuenta, en este estudio, para elaborar los mapas de cocitación. Las referencias bibliográficas tenidas en cuenta para la cocitación han sido las referidas a revistas que estuvieran contenidas en las bases de datos *WoS* (2006) y a las cuales se les asignaría posteriormente las categorías temáticas del *JCR* (2006).

La ordenación estructurada de los datos en campos normalizados y relacionados hizo posible una gran variedad de elementos de recuperación que a través de consultas en Access, ha permitido de modo sencillo, flexible y rápido, obtener la información con suficiente garantía y fiabilidad para aplicar los indicadores.

A la información relacional contenida en la base de datos Access se le añadió toda la información del *JCR-SCI* y el *JCR-SSCI* para el periodo (1995-2007). La información capturada para cada una de las revistas donde los docentes de la UNALMED publican fue la siguiente: los factores de impacto para cada una de las revistas en los años correspondientes, las categorías temáticas a las que pertenecen y el factor de impacto medio de las categorías a las que pertenecía la publicación; para este último dato se usó el *JCR (2006)* por no haber sido posible el acceso a este dato para otros años. Para el tratamiento de las referencias bibliográficas se añadió la información referente a los títulos de las revistas citadas y sus respectivas categorías *JCR (2006)*.

Para representar las relaciones observadas entre las áreas temáticas de las referencias bibliográficas de los documentos y las relaciones de colaboración de países con la UNALMED, es decir para la obtención de los mapas de cocitación y colaboración de países, se usó el *Análisis de las Redes Sociales (ARS)* el cual es una técnica de representación gráfica de matrices de relaciones entre objetos o individuos que se basa en la teoría matemática. Para representar las relaciones se usó el programa de libre distribución *Visone 2.3.5*.

3.3.3 Asignación y normalización

Para analizar los datos ha sido preciso llevar a cabo una normalización manual y semiautomática de ciertos campos, en particular el de autor, *address* y los nombres de las instituciones de los autores firmantes de los trabajos. En relación con los autores, el criterio fundamental que se ha utilizado para la normalización ha sido la coincidencia en la adscripción de la firma institucional asociada a las diferentes variantes de los nombres y apellidos aparecidos, además, la correspondencia del nombre completo del autor de la publicación científica recuperada de la *WoS* con el listado de docentes de la UNAL, a

septiembre de 2007. El nombre a tener en cuenta es el suministrado por la Oficina de Personal de la UNALMED por intermedio de la Vicerrectoría de Investigación de la UNAL.

Con respecto a la normalización del campo *Address*, uno de los mayores obstáculos fue la falta de homogenización de este campo por parte de *WoS*. Gran parte de la responsabilidad sobre este hecho la tienen los propios científicos, que no utilizan una forma normalizada para indicar en los artículos cuál es su lugar de trabajo. Esto, unido al proceso de alimentación de las bases de datos, que se basa en incluir la información ofrecida por el investigador sin, aparentemente, mayor control sobre la misma que la subsanación de errores tipográficos o la normalización de términos habituales, como la transformación de la palabra “universidad” en cualquier idioma a la abreviatura “univ”, o la normalización de países provoca que las variantes en las que aparece cada institución sean múltiples. Además, en el caso que nos ocupa, cada investigador puede variar su firma institucional en la combinación de cuatro niveles de agregación (universidad, facultad, departamento y grupo de investigación), pudiendo aparecer todos ellos, alguno de ellos o únicamente el nombre de la universidad. Lo anterior conllevó a asignar la facultad, escuela o departamento, en el que el investigador estaba adscrito, de una forma manual teniendo en cuenta para ello a la información docente suministrada por la UNALMED y cuando el autor no estaba registrado en estos listados se recurría a buscar su producción en la Red Internet para corroborar la información.

En lo referente a otro tipo de organismos y a las instituciones extranjeras firmantes de los artículos, se ha recurrido a la denominación oficial recogida en el sitio Web de las mismas o, en su defecto, a la forma más frecuente por la que son citadas.

3.3.4 Tratamiento de los datos normalizados: niveles de agregación

En función del nivel de alcance de las evaluaciones mediante indicadores bibliométricos, se puede hablar de tres tipos de análisis: macroanálisis, mesoanálisis y microanálisis. Adecuando estos tres grados al sistema universitario, nos podemos referir al primero de ellos al evaluar el sistema universitario de un país (*Braun*, 1999), al segundo si se analiza una universidad o el conjunto de sus departamentos (*Van den Berghe et al.*, 1998) y al

tercero si se considera un departamento o una serie de investigadores como la unidad objeto de estudio (*Rousseau, 2001*).

El estudio que se presenta se puede clasificar como nivel meso, aunque no analiza la información de la UNAL en su totalidad, abarca una gran parte de ella como es la Sede de Medellín. Se considera pertinente establecer como unidad de análisis a la UNALMED en su conjunto y a las Unidades Académico-Administrativas a los niveles de facultad y escuelas o departamento, porque éstas son las encargadas de apoyar las actividades e iniciativas docentes e investigadoras del profesorado y, además, están constituidas por docentes e investigadores cuyos intereses científicos giran en torno a un interés común.

Para la clasificación de los datos bibliográficos y su análisis posterior se han considerado las siguientes variables: temporal, temática e institucional. La escogencia de estas variables viene propuesta por la necesidad de poder definir niveles de agregación o acumulación de datos que permitan análisis relevantes de la información de la UNALMED en su conjunto y de las diferentes facultades, al mismo tiempo que puedan entrelazarse entre si con el propósito de ser más explicativas.

Distribución temporal: El período analizado se extiende desde 1990 hasta 2007, siendo la última búsqueda en la WOS el 1 de mayo de 2008. Para asignar un documento a un año se tomó como referencia el año de publicación del número de la revista en la que aparece el documento. Esta información es propia de las referencias bibliográficas y permite temporalizar los análisis bibliométricos. El propósito inmediato fue agrupar los datos por año. Esta periodización permite ver la evolución anual de cualquiera de los indicadores bibliométricos utilizados para el estudio de la producción científica de la UNALMED.

Distribución institucional: Los niveles académico-administrativos a analizar, dentro de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín –UNALMED fueron las cinco facultades con sus respectivas escuelas o departamentos. (Tabla 9). Con relación a la adscripción de documentos a las diferentes dependencias e instituciones en este estudio se ha utilizado el sistema de recuento total, según el cual se asigna cada documento completo a todas y cada una de las facultades, escuelas e instituciones firmantes del mismo, para ello se ha

tenido en cuenta el nombre de la facultad y escuela a la que pertenece el autor docente firmante. El sistema de recuento completo permite cuantificar la participación de las distintas facultades, escuelas e 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 los sumatorios sean superiores al total real de documentos.

Distribución temática: En lo referente a la adscripción temática, de los documentos a un campo determinado viene dada por las categorías temáticas (*subject category*) en las que ISI divide el conocimiento científico en el JCR y en la que están adscritas cada una de las revistas. En este estudio, una vez determinada la categoría o categorías de una revista, todos los documentos publicados por esa revista se consideran pertenecientes a esa disciplina temática. El ISI ha clasificado estas revistas en una o más categorías, una misma revista puede estar asignada hasta en cuatro categorías diferentes, generando una clasificación con solapamientos y dinámica, ya que pueden variar con el tiempo los campos científicos, el conjunto de revistas incluidas en cada campo y la adscripción temática de cada revista.

La Clasificación ISI produce una excesiva especificidad para el propósito de este estudio, ya que el número total de categorías de esta clasificación, en la que existe producción científica de la UNALMED durante el periodo de 1990 - 2007 ha sido de 113 de las 170 categorías temáticas que para el 2006 tiene ISI. Así que en la medida en que se prioriza la obtención de datos de visibilidad y colaboración por unidades académico-administrativas, se ha optado por utilizar una clasificación más amplia, y apropiada a los niveles y enfoque del estudio realizado. Se ha elegido utilizar la adscripción de esas categorías a otra clasificación más restringida, con 24 grandes clases temáticas, en donde, de igual forma que en la clasificación ISI, una revista puede pertenecer a varias clases temática. Este esquema de clasificación es usado por la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP) y proporciona suficiente flexibilidad para desarrollar indicadores temáticos.

Entre las razones fundamentales que influyeron para elegir las clases temáticas ANEP es que el esquema ha sido usado para realizar diferentes estudios bibliométricos en España (Moya Anegón et.al., 2004;2006); además, fueron usadas por el Grupo de Investigación SCImago²¹, para elaborar el *Ranking Iberoamericano de Instituciones de Investigación RI³²²*, actualizado en el 2007, el cual se inscribe en un proyecto mayor titulado “*Atlas de la Ciencia*” *RI³* recoge información de los nueve países con mayor producción científica en Iberoamérica, entre ellos Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Venezuela, Cuba, España y Portugal, contemplando información de 619 instituciones de investigación científica, entre ellas la UNAL.

Otra razón fundamental para elegir las clases ANEP, es que la información acerca de la UNAL que se encuentra en *RI³* será usada en este estudio con el propósito de estimar, bajo los mismos parámetros, la contribución de la UNALMED a la producción científica con visibilidad internacional de la UNAL en la WOS. La lista completa de categoría ISI, así como su adscripción a las clases ANEP se puede ver en el Anexo 2.

Dado que en la clasificación están incluidas las ciencias multidisciplinarias, al igual que en otros estudios, se ha optado por extraer dicha categoría de este estudio, asignando los documentos pertenecientes a la misma a otras categorías. El método utilizado ha sido el análisis de referencias bibliográficas del documento, en particular las referencias a revistas contenidas en el JCR y en donde la categoría ISI que es más referenciada es la asignada como categoría temática a los documentos en cuestión. De esta forma, no se distorsionan el grupo de indicadores que se calculan debido a la alta tasa de citación de los artículos de revistas de la categoría multidisciplinar. Lo anterior se ha hecho para los documentos publicados por los docentes, mas no para la cocitación de las referencias bibliográficas.

²¹ Es un grupo de investigación conformado por bibliotecólogos y documentalistas de las universidades de: Granada, Extremadura, Carlos III de Madrid y Alcalá de Henares dedicado a evaluar los niveles de producción científica en España y Latinoamérica, a partir de técnicas bibliométricas y aplicaciones informáticas hechas a las bases de conocimiento que soportan la producción bibliográfica derivada de la investigación.

3.4 INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS EMPLEADOS

El vínculo establecido entre ambas disciplinas, la bibliometría y la estadística, es muy estrecho. En este estudio, como en todos en los que se utiliza metodología bibliométrica, ha sido necesario aplicar diferentes técnicas estadísticas para obtener los indicadores necesarios que han permitido analizar las características y la visibilidad de la producción científica de los investigadores de la UNALMED. Dentro de las técnicas estadísticas se ha utilizado fundamentalmente la estadística descriptiva y se han obtenido medidas de centralización, números índices y tendencias, con el propósito de obtener, analizar y resumir una información objetiva sobre el desempeño de la función investigadora de la UNALMED y las facultades analizadas.

La medida de centralización usada ha sido en su mayoría la media aritmética o promedio, la sencillez de cálculo y alta explicabilidad de esta medida conlleva a un uso elevado de la misma en todo el estudio en aspectos meramente descriptivos como el promedio de documentos por facultad. Los números índice representan el crecimiento de los valores de una variable cada año con relación a un instante temporal que se toma como referencia. Su utilidad ha sido importante para este estudio porque ha permitido analizar el crecimiento porcentual experimentado por la producción científica de la UNALMED, cada uno de los años estudiados, tomando como año de referencia 1990. La tendencia refleja la evolución que experimenta la variable a lo largo de un período..

El cálculo de los indicadores para la dimensión cualitativa, en particular la normalización basada en el Factor de Impacto, sigue esencialmente la metodología utilizada para la elaboración de los informes científicos de la FECYT (Moya Anegón et al., 2004; 2006), .que a su vez es la misma metodología que usa el Grupo de Investigación SCImago, para producir la información de RI³.

²² http://www.atlasofscience.net/atlas/scriptat/rankingf_sp.asp?externo=1

En este estudio se calculan un conjunto de indicadores agrupados en tres tipos: que miden la dimensión cuantitativa de la producción científica; la dimensión cualitativa, es decir, la visibilidad y el impacto y el resto trabajan la colaboración entre países y a nivel nacional; además, se han obtenido indicadores que relacionan información con el propósito de hacer representaciones gráficas a través del Análisis de Redes Sociales (ARS). En la Tabla 10 se hace una relación de los indicadores obtenidos en este estudio para cada una de las dimensiones analizadas.

Tabla 10. Relación de Indicadores bibliométricos utilizados para el análisis de la UNALMED

| Indicadores cuantitativos de la producción científica | |
|---|--|
| A Producción científica | |
| Ndoc ; %Ndoc | No de documentos de la producción (o producción total) en su conjunto y su porcentaje con respecto al total de documentos |
| Ndocc ; %Ndocc | No. de documentos citables (<i>articles, notes, reviews</i>) y su porcentaje con respecto al total |
| TVI | Tasa de Variación Interanual |
| Ndoci ; %Ndoci | No de documentos totales UNALMED por idioma y su porcentaje |
| Ndoctd ; %Ndoctd | No. de documentos totales UNALMED por tipo de documento y su porcentaje |
| B Caracterización temática | |
| Ndocct ; % Ndocct | Número de documentos publicados en cada clase temática y su porcentaje |
| IET o IA | Índice de Especialización Temática o Índice de Actividad |
| IER | Índice de Esfuerzo Relativo |
| Indicadores cualitativos de la producción científica | |
| A. Indicadores de Impacto (basados en el FI y la posición de las revistas) | |
| FIN | Factor de Impacto Normalizado para cada publicación científica |
| PI | Potencial Investigador para la UNALMED , FC, FM, EF |
| Ndocc por cuartil: % Ndocc por cuartil | No. y porcentaje de documentos totales por cuartil, distribuidos por años y clases temáticas para las unidades de análisis |
| B. Indicadores de Visibilidad (basados en la citación) | |
| Ndocc-Cit-unalmed; promedio de citas -unalmed | Número y promedio de citas recibidas Vs producción en WoS distribuidos por años y clases temáticas |
| Indicadores de colaboración | |
| A. Colaboración entre autores - Coautoría | |
| Indicadores de colaboración | |
| ICO-GENERAL | Índice de Coautoría General |
| ICO--UNALMED | Índice de Coautoría Interna |

| Indicadores cuantitativos de la producción científica | |
|--|--|
| ICO-Aut-Ext. | Índice de Coautoría Externa |
| ICO-Aut-Tem. | Índice de Coautoría Temática |
| B. Patrones de colaboración (Sin y Con colaboración) | |
| Sin colaboración | |
| Sin-Col; %Sin-Col | No. de documentos sin colaboración y su porcentaje |
| Colaboración nacional , internacional e institucional | |
| Col-Países; %Col-Países | No. de documentos en colaboración entre países y su porcentaje |
| Col-Inst. ; %Col-Inst. | No. de documentos en colaboración con instituciones nacionales e internacionales |
| Indicadores relacionales y representación gráfica | |
| Análisis de Redes Sociales | Cocitación de clases ANEP para las referencias citadas |
| Análisis de Redes Sociales | Redes egocéntricas de colaboración internacional y nacional con la UNALMED |

3.4.1 Indicadores cuantitativos de la producción y actividad científica

Para el análisis de los aspectos cuantitativos de la producción científica se ha utilizado un conjunto de indicadores elaborados sobre la base de los recuentos de publicaciones. Se parte del principio de que en circunstancias equivalentes, un mayor número de trabajos científicos publicados implica una mayor cantidad de productos (*output*) científicos.

3.4.1.1 Indicadores de producción Científica

Indicador Ndoc: Hace referencia al número de documentos de cualquier tipo, Ndoc recogidos por la WoS, en el que intervenga un autor docente de la UNALMED. El indicador intenta medir -desde una perspectiva general- el volumen de producción de la UNALMED y de sus diferentes unidades académico-administrativas como facultades y escuelas, con visibilidad internacional. Se obtiene mediante la suma de documentos distintos pertenecientes a los autores firmantes. La identificación de estos autores se realiza mediante la comprobación en el campo Addresses (dirección institucional) de la existencia del término UNALMED y de la verificación manual en el listado de docentes de

la institución y en su defecto consultado y corroborando su producción bibliográfica en bases de datos institucionales y externas.

La información recogida en este campo presenta la peculiaridad de no ser única, es decir, cabe la posibilidad de existir más de una ocurrencia, esto es, pueden existir m autores con n direcciones donde m es $\geq n$, adscribiendo el mismo documento a varias dependencias. Este formato trae como consecuencia el desconocimiento de la parte proporcional del trabajo que correspondería a cada unidad académico-administrativa. De ahí la preferencia de utilizar recuentos múltiples asignando de forma completa la autoría, en lugar de recuentos fraccionados. De esta forma los totales absolutos o porcentuales no cuadran con la tabla completa, ya que se producen solapamientos que no son computados con los totales.

$$Ndoc = doc_1 + doc_2 + doc_3 \dots doc_n$$

Indicador %Ndoc: Corresponde al porcentaje de trabajos respecto al total de documentos diferentes del nivel señalado. El propósito es estimar el grado de participación de una comunidad, disciplina o cualquier otro nivel de agregación, en el conjunto de la producción que se considere. % Ndoc se ha calculado solo para las comparaciones generales entre agregaciones para observar la presencia de la producción por sede y por unidad académico-administrativa. La comparación entre los porcentajes de distintas áreas temáticas no es indicativo de la contribución o peso real en la institución. Supone un simple cálculo del porcentaje de un subconjunto en el conjunto general.

$$\% Ndoc_{(i)} = \frac{Ndoc_i}{Ndoc} \times 100$$

Indicador Ndocc ; Indicador %Ndocc: Número de Documentos Citables (articles, reviews, notes). Este conjunto de documentos comparte la característica de ser el modo básico de expresión para transmitir el nuevo conocimiento (Okubo, 1997) y con frecuencia son los únicos empleados para realizar estudios bibliométricos (Cami, 1997). Su calculo es similar al Indicador Ndoc y %Ndoc.

Indicador Ndoci ; Indicador %Ndoci : Número de Documentos Totales por Idioma y su porcentaje, corresponde al valor absoluto y porcentual del número de producción científica de la UNALMED por el idioma en el que se ha publicado el documento. Su cálculo es similar a los anteriores indicadores.

Indicador Ndoctd ; Indicador %Ndoctd: Número de Documentos Totales por su Tipología Documental (*articles, reviews, meeting abstracts, notes, book reviews, correcciones editorial material, letter*) y su porcentaje, corresponde al valor absoluto y porcentual del número de producción científica de la UNALMED por las diferentes tipologías de publicación. Permite determinar cuál es el formato preferido de los docentes de la UNALMED para publicar. Su cálculo es similar al indicador Ndoc y %Ndoc.

Indicador TVI: Tasa de variación Interanual nos muestra el aumento cuantitativo productivo que el dominio o agregación institucional realiza respecto al año anterior. Se trata de la diferencia porcentual del número de trabajos en relación con el total de una producción anterior. Este indicador es calculado en cada uno de los años estudiados para determinar la evolución de la producción UNALMED, según su dependencia administrativa.

$$TV_n = \frac{Ndoc_n - Ndoc_{n-1}}{Ndoc_{n-1}} \times 100$$

3.4.1.2 Indicadores de la temática de la producción científica

Indicador Ndocct; % Ndocct: Número de Documentos por Clase Temática, partiendo del título de las revistas donde publican los docentes de la UNALMED y de la clasificación agrupada utilizada en este estudio, se ha analizado la cantidad de documentos publicados en cada clase temática ANEP, calculando tanto los valores absolutos como los porcentuales, midiendo de esta manera la distribución por frecuencias de la producción temática, es decir las clases temáticas más frecuentes.

Indicador IET o IA: Índice de Especialización Temática o Índice de Actividad: refleja la actividad en un área temática determinada, fue propuesto por *Frame* (1977) y describe el esfuerzo relativo de investigación que un país o institución dedica a una disciplina o

área temática determinada, tomando como referencia la actividad que a esa área se dedica en un conjunto de países o instituciones. Con ello sería posible comparar volúmenes de documentos producidos en disciplinas diferentes, ya que cuantifica de forma relativa la parte porcentual de documentos producidos en una disciplina concreta para un agregado dentro de un marco general de producción como es el conjunto de la producción institucional en todas las disciplinas. Se utiliza para detectar fortalezas o debilidades en los perfiles de especialización temática de las instituciones de todo tipo (Maltrás Barba, 2003). Además es un indicador que permite especificar las disciplinas más punteras o productivas en un determinado dominio.

En este estudio, se ha utilizado una adaptación de la metodología propuesta por *Guzmán, Sanz & Sotolongo* (1998). Estos autores calculan el esfuerzo que realiza cada país del Tercer Mundo en las distintas áreas, relacionándolo con el esfuerzo que realizan todos los países en dichas áreas. En este trabajo, dado que cada facultad y escuela tiene una gran especialización temática, no tiene mucho sentido analizar a qué área dedica mayor esfuerzo, ya que las facultades y escuelas no muestran una gran multidisciplinariedad. Por ello, se ha calculado el esfuerzo global de la UNALMED analizados a lo largo de los años.

En la fórmula del IET o IA adaptada para este trabajo se analiza lo que produce la universidad en una clase temática concreta en un año determinado con relación a todo lo que produce ese año, entre la dedicación total que hace la universidad a esa clase temática en todo el período analizado relacionado con todo lo que publica la universidad en cualquier clase temática en todo el período analizado. Así, el esfuerzo de la UNALMED en una clase temática para un año concreto se le aplicará la siguiente fórmula para calcular este indicador.

$$IET_{Clase1-Año} = \frac{Ndoc_{clase1-Año} / Ndoc_{UNALMED-Total-Año}}{(Ndoc_{Clase1-Total-Unalmed} / Ndoc_{\sum_{clases-total-UNALMED}})}$$

En la ecuación anterior el numerador corresponde al número de documentos en un área temática y en un año determinado, sobre el número total de documentos publicados por

la UNALMED en el mismo año. El denominador corresponde al número de documentos sobre un área temática publicados por la UNALMED en todo el periodo analizado sobre el número total de documentos publicados por la UNALMED en todo el periodo analizado y en cualquier área temática.

Indicador IER: El IET o IA se puede complementar, de cara a una mejor interpretación, con el cálculo del Índice de Especialización Relativo, propuesto por Glanzel (2000). En el trabajo de Glanzel esta medida indica si la actividad de un país en un área determinada es mayor o menor que la actividad mundial en esa área. Define dicho índice de la siguiente forma:

$$IER = \frac{IET - 1}{IET + 1}$$

Glánzel (2000) utiliza, para calcular el Índice de Especialización Relativo el Índice de Actividad propuesto por *Frame* (1977). En este estudio se utilizará el Índice de Actividad, calculado según la metodología explicada anteriormente.

De nuevo se calculará la especialización en función de años y clases temáticas, debido a la misma limitación que se ha observado en el indicador anterior respecto a la especialización de las facultades/escuelas. La información que aporta en este trabajo el IER es que mide la especialización temática de la UNALMED en una clase y año determinado en función de la media observada para el conjunto de clases temáticas y años; es decir, no sólo mide su grado de especialización en una temática sino que también lo compara con el obtenido para el resto de las clases ANEP

3.4.2 Indicadores cualitativos de la producción científica: visibilidad e impacto

Para medir la visibilidad e impacto de los trabajos publicados por los docentes de la UNALMED y de las unidades de estudio se han utilizado los siguientes indicadores:

3.4.2.1 Indicadores de Impacto

La calidad científica es una dimensión con múltiples facetas, aspectos y atributos, además muy controvertida a la hora de ser medida mediante indicadores. Tradicionalmente, el análisis de citas ha estado estrechamente relacionado con el Factor de Impacto (FI), desarrollado por el ISI. El FI se calcula dividiendo el total de citas recibidas por los artículos publicados en una revista recogida en las bases de datos WOS durante dos años, entre el número de artículos publicados en esa revista en el mismo periodo, es decir, corresponde al número medio de citas recibidas por año para los artículos publicados en una revista dada durante los dos años anteriores. Se publica en los informes elaborados por el ISI, los denominados *Journal Citation Report (JCR)*.

En este estudio se entiende por calidad el impacto medido por el número esperado de citas de un trabajo dependiendo del impacto asignado a la revista. Específicamente, cada trabajo científico hereda directamente el Factor de Impacto (FI) del JCR correspondiente a la revista en el que aparece publicado y posteriormente transformado mediante un procedimiento de normalización que permite operar con él mediante términos comparativos. La elección de FI calculado por el JCR se debe fundamentalmente a su facilidad en la obtención y a que recoge una sólida y abundante tradición en el campo de la evaluación científica demostrada en la abundante literatura sobre la especialidad.

Este indicador se usa en este estudio con las siguientes características:

- Cada documento científico producido por docentes de la UNALMED hereda directamente el FI del JCR correspondiente a la revista en el que aparece publicado.
- Al asignar el FI correspondientes a cada trabajo científico, se ha optado por elegir el del mismo año de publicación del trabajo, y en su defecto el año más cercano y actual.
- Para los indicadores basados en el FI se tienen en cuenta únicamente los documentos citables (artículos, notas y revisiones) para los años 1995-2007 (el JCR fue publicado por primera vez en 1998) y que obviamente tengan asignado FI en el JCR.
- Para la información completa de toda la categoría (*Subject Category Summary List*) se optó por consultar el JCR (2006), disponible en el SINAB, dada la imposibilidad de obtener dicha información para años anteriores (1998-2005).

-
- En caso que una publicación sea multidisciplinar, es decir, tenga asignada varias clases temáticas, se tendrán en cuenta todas las clases temáticas para el cálculo de los datos.

Factor de Impacto Normalizado – FIN: este estudio se caracteriza por evaluar la producción de facultades pertenecientes a distintas áreas temáticas, por lo que una simple comparación de los factores de impacto de las revistas no tendría sentido, dado que los hábitos de citación varían en función de la disciplina. A razón de lo anterior se hace uso de una medida FIN con objeto de *tipificar* los valores del FI que proporciona el ISI, de forma que podamos, en primer lugar, analizar el impacto de la producción de cada facultad estudiada (ya que cada facultad publica en distintas áreas) y a continuación, comparar el impacto entre las distintas facultades, además de poder analizar el impacto global de la universidad. El procedimiento para obtener la información con la que se calculará posteriormente el FIN fue el siguiente:

- Se han identificado todas las categorías temáticas para cada una de las revistas en las que han sido publicados los artículos de la UNALMED.
- A partir de distintas consultas para cada categoría analizada se ha obtenido del JCR la composición completa de las categorías temáticas, es decir, todas las revistas que han sido asignadas a dicha categoría, junto con sus Factores de Impacto (FI de la revista)
- Se calculó para las diferentes composiciones de categorías temáticas del JCR la media y la desviación estándar.
- Posteriormente el FI se transforma mediante un procedimiento de normalización que permite operar en términos comparativos.

A continuación se presenta en forma detallada la metodología para la modificación del FI-JCR para precisar su significado y modo de obtención y que ha sido utilizado en diversos estudios realizados por el Grupo de Investigación Scimago.

Indicador TIF (Factor de Impacto Tipificado): Se realiza una normalización basada en una función de tipificación que ha sido utilizada anteriormente por autores como Braun, Glanzel & Schubert (1985) & Rousseau (1998) con la finalidad de generar valores FI que

conserven la variabilidad, al tiempo que homogenicen las escalas de las diferentes categorías temáticas. Marca un punto de referencia a la hora de situar la posición del dominio en cuestión, a diferencia de otros cálculos en los que el valor resultante se sitúa en un rango. El TIF se calcula utilizando la fórmula:

$$tif_{jc} = \frac{if_{jc} - \bar{if}_c}{\sigma if_c}$$

Siendo if el FI de una revista j ; en una categoría c , del JCR y tif el FI normalizado de una revista j en una categoría c del JCR. Los valores resultantes de esta función pueden ser positivos o negativos.

Indicador FIN (Factor de Impacto Normalizado): Los valores del TIF ya permiten hacer comparaciones entre distintas categorías temáticas; sin embargo, resulta difícil de entender y utilizar de forma aditiva una calidad negativa. Con ese fin se propone un corrector de escala para el TIF de la siguiente manera (Chinchilla-Rodríguez, 2006):

$$fin_{jc} = m + (tif_{jc} / k)$$

De modo que m y k son dos constantes que se escogen de manera apropiada para los objetivos del estudio. En este caso se ha utilizado $m = 1$ y $K = 3$. De esta manera se asegura que los valores generados conserven su variabilidad, sean positivos, permitan la comparación entre distintas categorías temáticas, posibiliten que si un artículo tiene el FI medio de la categoría tiene un valor 1, este FI normalizado se asigna a cada uno de los documentos.

Indicador PI (Potencial Investigador): Es un indicador que matiza la información cualitativa con la cantidad de trabajos que se publican en una determinada revista. Representa la capacidad demostrada por una facultad y escuela, durante un período de tiempo dado, para hacer visible internacionalmente los resultados de su investigación.

Para establecer las fortalezas o debilidades de la producción de la universidad dependiendo del FIN que posean los documentos, se calcula el Potencial Investigador –PI

(Moya et al., 2005b). En resumen, se trata de establecer una relación entre el FIN de una revista (heredado por los documentos que la conforman) y el número de trabajos publicados en ella durante el periodo 1995-2007 por la UNALMED. El PI se calcula a partir de la acumulación de los valores ponderados de los trabajos publicados (factor de impacto normalizado de la revista).

$$PI = \sum (Ndocc * FIN)$$

En este estudio para complementar la información obtenida a través del FIN se analiza también la distribución de publicaciones en los distintos cuartiles. La complementariedad de estos dos análisis reside en el hecho de que la distribución del FI en las distintas disciplinas es muy variable. Esto supone que una temática puede tener unos valores para el FI con una desviación típica muy baja, es decir, todos ellos se concentran en torno a un valor central, y por lo tanto el FIN de las distintas publicaciones será muy similar, mientras que en otros casos puede haber una desviación muy alta, observándose grandes diferencias entre los distintos FIN. Por esto, calcular también la distribución por cuartiles aporta información sobre la posición de la revista en relación con el resto de publicaciones de la temática.

Indicador del Factor de Impacto por cuartiles: Se calcula el cuartil estadístico en el cual se sitúan las revistas del *JCR* en función de su FI con el objetivo de clasificarlas en cuatro zonas que denoten su posición en el ranking. Así las revistas pertenecientes al cuarto cuartil son aquellas que están en el 25% de la distribución de *FI* con los mejores valores, por lo tanto son las más prestigiosas. Una vez clasificadas se toman los documentos totales para el nivel de agregación analizada y se calcula el porcentaje de trabajos indexados en cada uno de los cuartiles, ya que el trabajo toma el cuartil de la revista donde ha aparecido publicado. De esta forma se perfila la calidad de la revista donde se publica; así, si una facultad publica el 100% de sus trabajos en el cuarto cuartil nos apunta que el agente, independientemente de la categoría temática, siempre coloca sus trabajos en las mejores revistas. Se supera así las diferencias de FI entre diferentes categorías.

Es de anotar que los indicadores de impacto que se utilizan en este estudio son el impacto normalizado por el número de documentos (FIN), el potencial investigador (PI) y la visibilidad de revistas por cuartíl.

3.4.2.2 Indicadores de visibilidad

Para analizar las citas recibidas por la producción de la UNALMED registradas en la WoS, sería oportuno trabajar con los *documentos citables* recogidos en la clasificación de *Camí* (2001). Sin embargo, este investigador justifica el evaluar únicamente estos tipos documentales porque constituyen un 75% del total de documentos de su muestra, y que a su vez reciben el 97% de las citas, por lo que si trabajan con la muestra total, y realizan cálculos como el número de citas por documento, sus resultados se verían desvirtuados. En el caso de la UNALMED, del total de documentos obtenidos (429), 399 registros se corresponden con los tipos documentales citables, lo que supone un 93% de la producción total. Dado que el sesgo que aquí se introduciría si considerásemos únicamente los citables es poco significativo, en este estudio se va a considerar toda la muestra obtenida de las bases de datos del *ISI*, independientemente del tipo documental de que se trate.

Indicador Ndoc-Cit; Promedio de Ndoc-Cit: Indicador del número y porcentaje de citas: computa el número de citas brutas recibidas por los trabajos científicos en la WOS desde cualquier tipología documental y origen. Se calcula de la siguiente forma:

$$\boxed{Nodocitas = citarecibida_1 + citarecibida_2 + \dots + citarecibida_n}$$

El promedio de citas relativiza el número de citas con el total del número de documentos a través de una división por lo que devuelve el promedio de citas alcanzado por los documentos:

$$\boxed{Promediodecitas = No.docitas / Ndoc}$$

3.4.3 Indicadores de colaboración

La base de estos indicadores son los datos sobre la autoría de las publicaciones científicas y sobre las instituciones de trabajo de estos autores que aparecen en las referencias bibliográficas; el subconjunto relevante de estas referencias es el de las publicaciones que tienen más de un autor (Maltrás Barba, 2003).

En este estudio para la adscripción de los documentos a los distintos niveles de agregación se ha utilizado el sistema de cuenta completa, que asigna cada documento a todas y cada una de las instituciones, facultades, escuelas y países firmantes del mismo. De manera que en el caso de un documento firmado por autores de distintos niveles geográficos, el documento se asignará directamente a cada uno de ellos. El inconveniente que presenta es la duplicación de documentos en los recuentos, que hace que los sumatorios sean superiores al total real de los documentos. En este estudio, los porcentajes se han calculado sobre el número total real de documentos.

Se distinguen dos tipos de colaboración atendiendo al alcance de la misma. En un primer nivel de análisis es posible diferenciar las copublicaciones que se examinan bajo la denominación genérica de *Coautoría*, a nivel de autores. En un segundo nivel de análisis más amplio es posible diferenciar las copublicaciones: sin colaboración o colaboración interna, nacional, internacional e interinstitucional.

Un artículo se considera co-autorado sólo si sus autores tienen diferentes afiliaciones institucionales y son de departamentos diferentes dentro de la misma institución.

3.4.3.1 Indicadores para la colaboración entre autores

Índice de Coautoría para los autores y las instituciones firmantes: contabiliza el número medio de autores que firman los documentos científicos. En este estudio se utiliza el Índice de Coautoría Clásico, que mide el promedio de autores firmantes independientemente de su origen *Índice de Coautoría General-ICO-General*. y una variante del mismo en el que solo se toman los autores pertenecientes a la UNALMED. Este último es el *Índice de Coautoría Interna –ICO-UNALMED*, permite establecer la media de autores de la UNALMED. Se ha calculado para cada facultad/escuela analizada

porque, como se ha demostrado en la literatura científica, este indicador revela los hábitos de colaboración de las distintas disciplinas, variando en función de las mismas (*Bordons et .al.*, 1996). Por lo tanto, si se calcula para el conjunto de la universidad pierde validez por estar analizando varias áreas al mismo tiempo. También se ha calculado la evolución de este índice en el período estudiado para tratar de averiguar si los perfiles de colaboración de las facultades/escuelas han ido variando en el tiempo.

El Índice de Coautoría Externa- ICO-Aut-Ext. Evalúa la capacidad de colaborar con autores ajenos a la UNALMED. Se basa en calcular el porcentaje de autores que no pertenecen a la UNALMED respecto al total de autores firmantes y al ser un valor porcentual se encuentra entre 0 y 1. Un valor cercano a 1 indican que los trabajos han sido firmados por pocos autores propios y por tanto existe una gran colaboración externa, cuando más se acerca a 0 mayor es el número de firmantes del UNALMED. Para estos indicadores se tiene en cuenta la totalidad de registros en la WoS para la UNALMED.. *El Índice de Coautoría Temática ICO-Aut-Tem.* mide la colaboración entre áreas temáticas, se calculara para las diferentes clases ANEP.

- **ICO-General** = (No. de autores / No. de documentos científicos publicados en la WoS)
- **ICO--UNALMED** = (No. de autores UNALMED / No. de documentos publicados en la WoS.
- **ICO-Aut-Ext.** = (No. firmantes no adscritos a la UNALMED * 100) / No. de firmantes totales
- **ICO-Aut-Tem.** = No. de documentos por clase ANEP / No de documentos totales

3.4.3.2 Indicadores para Patrones de colaboración

Clasifica el conjunto de documentos científicos según el tipo de colaboración.

- *Documentos sin colaboración:* trabajos sin colaboración firmados exclusivamente por docentes de la UNALMED.
- *Documentos colaboración interinstitucional:* trabajos firmados conjuntamente con otras instituciones, tanto de nivel nacional como internacional.
- *Documentos colaboración Nacional:* trabajos firmados conjunta y exclusivamente con una o mas instituciones colombianas.
- *Documentos Colaboración entre países (internacional:* trabajos firmados conjuntamente con una o más instituciones extranjeras.

Una vez determinado los documentos pertenecientes a cada conjunto se calcula el porcentaje de cada uno de ellos respecto al total de documentos en la WoS.

3.4.4 Indicadores relacionales y representación gráfica

En este estudio se utiliza el *Análisis de Redes Sociales (ARS)* para representar las relaciones observadas entre diferentes indicadores. Se grafican, basados en el principio de co-ocurrencia, las clases temáticas de las referencias citadas en cada documento publicado en la WoS (co-citación) y las relaciones de colaboración, de la UNALMED con los diferentes países e instituciones, basada en la cantidad de documentos, número y promedio de citas alcanzadas con cada uno de ellos (mapas heliocéntricos o egocéntricos). El software seleccionado para realizar este análisis es *Visone*.

3.4.4.1 Mapa de cocitación de clases

Aparte de la caracterización temática donde escriben los docentes de la UNALMED, la cual sugiere las áreas de interés de los investigadores de la institución, este estudio hace una caracterización temática de la bibliografía citada en cada una de las publicaciones científicas objeto del estudio, ya que es en la bibliografía citada donde se recoge el sesgo temático de una determinada línea de investigación. La técnica utilizada es un análisis de cocitación de categorías temáticas. Se considera que dos categorías temáticas son cocitadas cuando dos revistas pertenecientes a estas categorías aparecen listadas en la bibliografía de un mismo artículo. De esta forma se contabilizarán los pares de categorías citadas y se construye una matriz de datos. Esta matriz puede ser analizada mediante diversas técnicas multivariantes como: clustering, escalamiento multidimensional (MDS), análisis de factores, o redes sociales basadas en modelos de grafos, cada una de ellas por separado o combinadas de forma indistinta (Moya Anegón et al., 2006)

Es un hecho aceptado por la comunidad investigadora en el campo de la visualización y representación de la información, que la frecuencia con la que dos documentos cualesquiera son citados conjuntamente, representa el grado de afinidad de los mismos según el punto de vista del autor/es citantes, que mide su grado de relación o asociación. Es así como cuando dos documentos *A* y *B* son cocitados por el documento *X*, la fuerza o intensidad con la que *A* y *B* se relacionan, depende del número de veces que *A* y *B* son

cocitados. De la misma manera que la comunidad investigadora acepta que el documento A y B, son una entidad de cocitación válida para representar la estructura de un dominio a la vez que pone de manifiesto sus relaciones semánticas e intelectuales, utilizando los documentos como unidad de medida, también acepta el uso de autores como entidad de cocitación y como unidad de medida para representar dicho dominio. Lo mismo ocurre con el caso de las revistas. (Moya Anegón et al. 2004a).

El ISI, en el JCR, incluye cada revista en categorías temáticas –subject categories- en función de las áreas temáticas o disciplinas que abarcan los contenidos de los artículos que se publican en ellas. Estableciendo un paralelismo con la casuística anterior, se puede decir que la cocitación de categorías asignadas por el *ISI-JCR*, puede ser utilizada como entidad de cocitación siguiendo el orden de documentos, autores, revistas, disciplinas ISI-JCR, y que también puede ser utilizada como unidad de medida válida para representar la estructura intelectual de un dominio. (Moya Anegón et al., 2004a)

En este estudio se usará la cocitación de clases ANEP, que adopta las categorías ISI-JCR agrupándolas en 24 áreas temáticas o clases, y de categorías como entidades de cocitación y unidades de medida, para la generación de grandes visualizaciones esquemáticas que actúen como interfaces para el análisis de dominio.

Con respecto a la metodología se tiene una base de datos diseñada en Microsoft Office Access con 429 documentos totales publicados por los docentes de la UNALMED durante el período de 1990-2007. Los 429 documentos contienen 10249 referencias bibliográficas, entre libros, tesis, revistas etc., 7854 referencias corresponden a revistas tanto nacionales como internacionales, 4395 son referencias bibliográficas a revistas internacionales contenidas en base de datos WoS, las que, a su vez, hacen referencia a 1076 publicaciones (revistas) y las cuales pertenecen a 22 clases temáticas ANEP. Esta última información es la que se usará para la cocitación.

A razón de que se pretenden poner de manifiesto las relaciones entre las diferentes disciplinas recogidas en los índices SCI, SSCI y A&HCI, es decir, entre las ciencias naturales, las ciencias sociales y el arte y las humanidades, se debe resolver el problema de la normalización de los índices de citación entre disciplinas como lo sugieren Small &

Garfield (1985). Para ello se realiza, en la base de datos Access, la consulta de cocitación correspondiente de clases o categorías, luego se normaliza esta medida de asociación al dividir la cocitación por la raíz cuadrada de producto de la frecuencia de las citas de los documentos (Salton & Bergmark, 1979):

$$C_c = \frac{C_{cij}}{\sqrt{c_i \times c_j}}$$

Donde: C_c es cocitación

C : citación

Para representar el mapa de cocitación de clases y con base a la metodología usada por Moya Anegón (2004a), se realizó una consulta de cocitación de clases o áreas temáticas, según la clasificación de la ANEP, siguiendo el criterio antes mencionado. El resultado es una matriz de cocitación simétrica de 22 por 22 clases o áreas temáticas, la cual fue procesada por el programa de redes sociales *Visone* que hace cada nodo del mismo color y tamaño, por lo que a cada clase se le asigna un color para distinguirla del resto, un tamaño proporcional a la totalidad de la producción científica de la institución en el año 2007, así como el nombre asociado a la clasificación ANEP. La representación final es una red social, en la que cada clase está representada por un nodo que se conecta con otros nodos o clases a través de enlaces no dirigidos, indicando las relaciones que existen entre ellas, así como su intensidad mediante el número de enlaces entre ellos. Sólo en un par de casos en los que la etiqueta de un nodo aparece parcialmente superpuesta con otra, se ha recurrido a modificar levemente, de forma manual, la ubicación asignada por el algoritmo.

3.4.4.2 Principales países e instituciones colaboradores según, cantidad de documentos, citas y promedio de citas: mapa egocéntricos de colaboración

El propósito de esta representación es mostrar las relaciones de la UNALMED con otros países e instituciones, con cuáles de ellos se relaciona más, en qué medida y cómo repercuten estas relaciones en términos de visibilidad, según los distintos tipos de colaboración y número de citas recibidas: Para ello se ha creado una red egocéntrica o en

forma de estrella (heliocéntrica) para los países e instituciones nacionales e internacionales más representativas en las que la UNALMED colabora.

La representación ocupa al máximo el espacio disponible y la principal característica de este tipo de mapas es que están formados por un nodo central, la UNALMED, y el resto de nodos (países, instituciones, etc.) orbitan con una mayor o menor intensidad, dependiendo del número de documentos, citas y promedio de citas que se tiene con cada uno de ellos.

4. RESULTADOS

4.1 . ASPECTOS CUANTITATIVOS SOBRE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

En este capítulo se analiza la actividad científica de los profesores de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín -UNALMED a través de indicadores bibliométricos. Al ejecutar la ecuación de búsqueda en las bases de datos multidisciplinares del *ISI* se ha obtenido un total de 429 registros bibliográficos, en los que al menos un investigador está adscrito a esta institución. Limitando la muestra al período comprendido entre 1990-2007 y cuya última búsqueda realizada a las bases de datos *ISI* fue el 1 de mayo de 2008.

La producción científica se ha descrito analizando los años de publicación de los registros que constituyen la muestra del estudio. La producción se analiza para el conjunto de la UNALMED y de manera pormenorizada para la Facultad de Ciencias -*FC* y la Facultad de Minas -*FM*, además, de la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias -*FC-EF* por contar estas unidades académicas con más de 100 documentos en el periodo analizado. Se consultó el *Ranking Iberoamericano de Instituciones de Investigación RI*²³, del *Grupo de Investigación SCImago* encargado de elaborar el Atlas de la Ciencia para Iberoamérica, y se obtuvo información de la UNAL en su conjunto, para el periodo 1990-2005. El propósito de lo anterior es analizar el aporte de la UNALMED en la totalidad de la producción científica de la UNAL en este periodo, así mismo la participación de la UNALMED en la caracterización temática de la UNAL.

²³ http://www.atlasofscience.net/atlas/scriptat/rankingf_sp.asp?externo=1

4.1.1 Descripción y evolución de la producción científica de la UNALMED y la UNAL

La Figura 4 muestra la producción total y citable para la UNALMED en el período estudiado (1990-2007). En la producción total se consideran todos los tipos documentales que recoge el ISI y en la producción citable solo artículos, notas y revisiones, denominados en la literatura como documentos citables. Con estos indicadores se mide desde una perspectiva general, el volumen de producción de la UNALMED con visibilidad internacional y su evolución a lo largo del periodo.

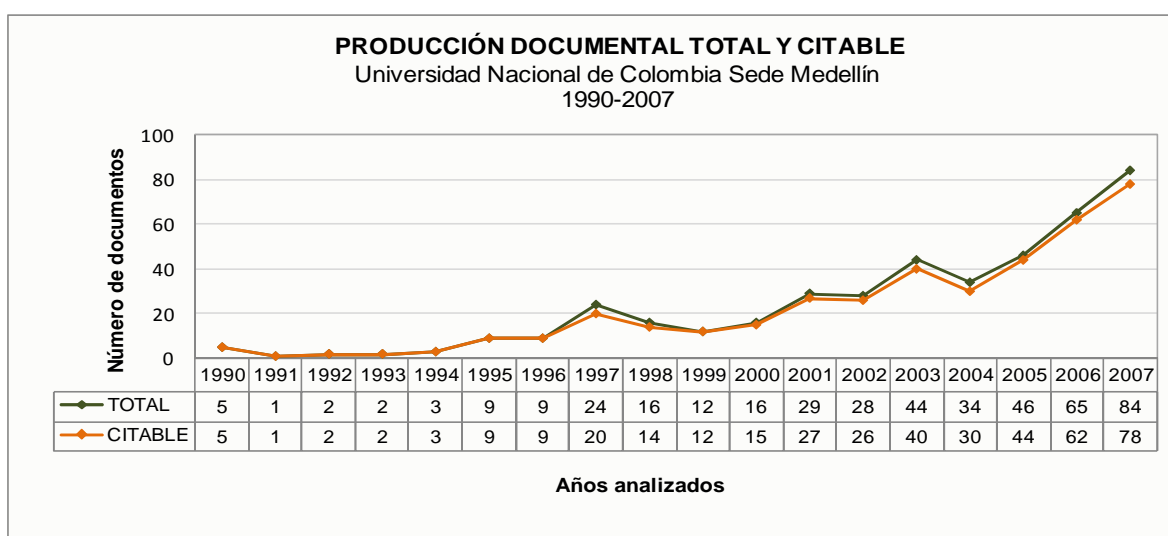


Figura 4. Producción total y citable de la UNALMED

En el eje de las ordenadas se representa el número de trabajos y en el de las abscisas los años analizados. En la figura se puede observar que en términos generales la producción aumenta con el paso de los años y que la diferencia entre la producción total y citable es muy pequeña sólo de 30 documentos, a razón de que en la producción citable se encuentra el tipo de documento “artículo”, que es el formato más usado en la producción científica de la UNALMED. El crecimiento, en términos generales, es variable a través de los años. Es destacable que a partir del año 2005 el incremento se vuelve más pronunciado.

El porcentaje de documentos de las diferentes tipologías documentales (% *Doctd*) de ISI se muestra en la Figura 5, donde se destaca el artículo con más del 90% como el

preferido por los docentes para transmitir los resultados de una investigación, al igual que el idioma inglés, Figura 6 (%Ndoci), con un 81% es el lenguaje más usado para escribir, quizás esto al deseo de que su producción científica sea publicada en revistas internacionales para ser conocida fuera de las fronteras.

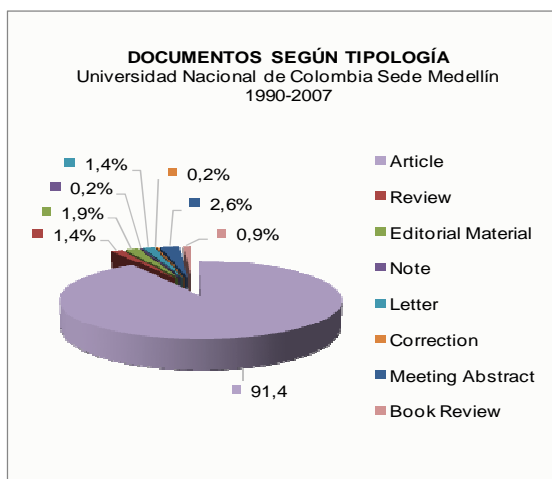


Figura 5. Tipología documental

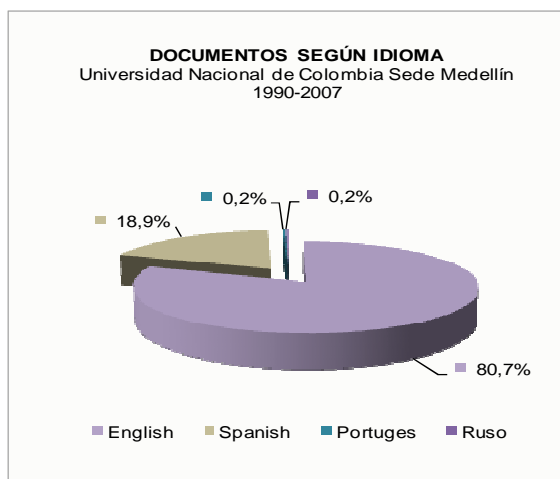


Figura 6. Idioma de la producción científica

El incremento o decremento de la producción científica para la UNALMED es calculado a través de la *Tasa de Variación Interanual –TVI*, como lo muestra la Figura 7.

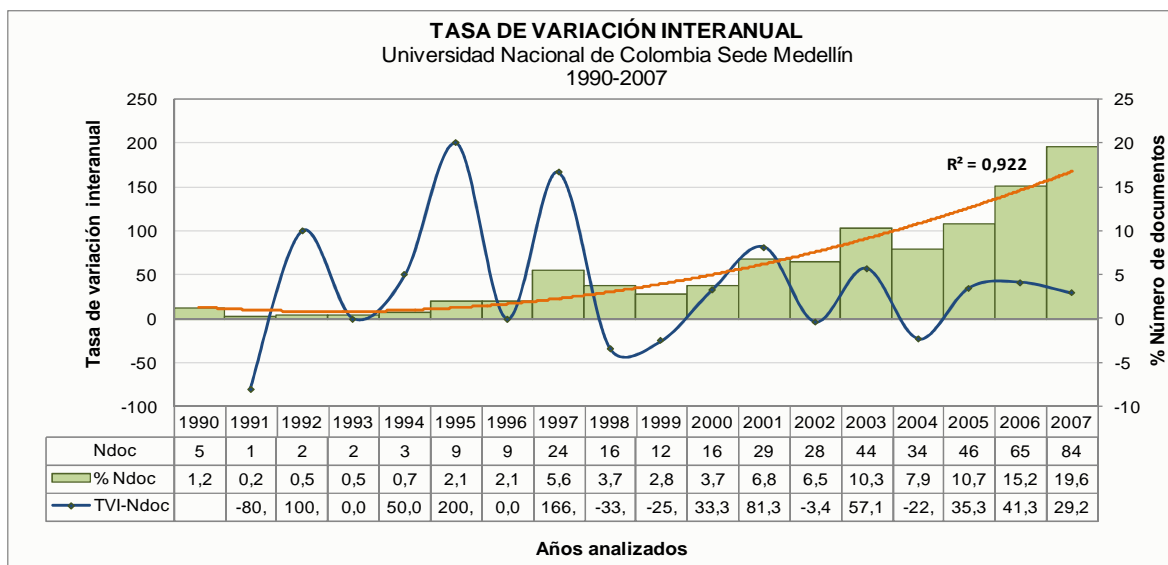


Figura 7. Tasa de Variación Interanual de la UNALMED

Se puede apreciar que entre 1990 a 1996 la producción de documentos en la UNALMED fue muy pequeña y variable, como lo muestra la línea de la *TVI*. A partir de 1997 en adelante el número de documentos se ha venido incrementando, lo que ha permitido estabilizar la *TVI*. Con respecto a la línea de tendencia se observa que es creciente, obteniéndose un coeficiente de correlación R^2 de 0.92. Aunque existe un crecimiento en términos generales variables, es destacable que a partir de 2005 la producción de documentos es constante y pronunciada. Se destaca, de igual forma, el incremento de la producción del 2003 con respecto al 2002 quizás esto por el acuerdo que incentiva la producción científica con puntos salariales

4.1.1.1 Aporte de la UNALMED a la producción científica de la UNAL

La producción científica total de la UNAL para el periodo de 1990-2005 y según datos de la RI³ se muestra en la Figura 8, en donde para esa fecha la producción total de la UNAL en las bases de datos del *ISI* era de 1951 documentos y para la UNALMED de 280 documentos, lo que representa un aporte del 14,4% de la UNALMED al total de la UNAL. Se destacan los años de 1997 con 21,4% y el año 2003 con un aporte de 22,7%.

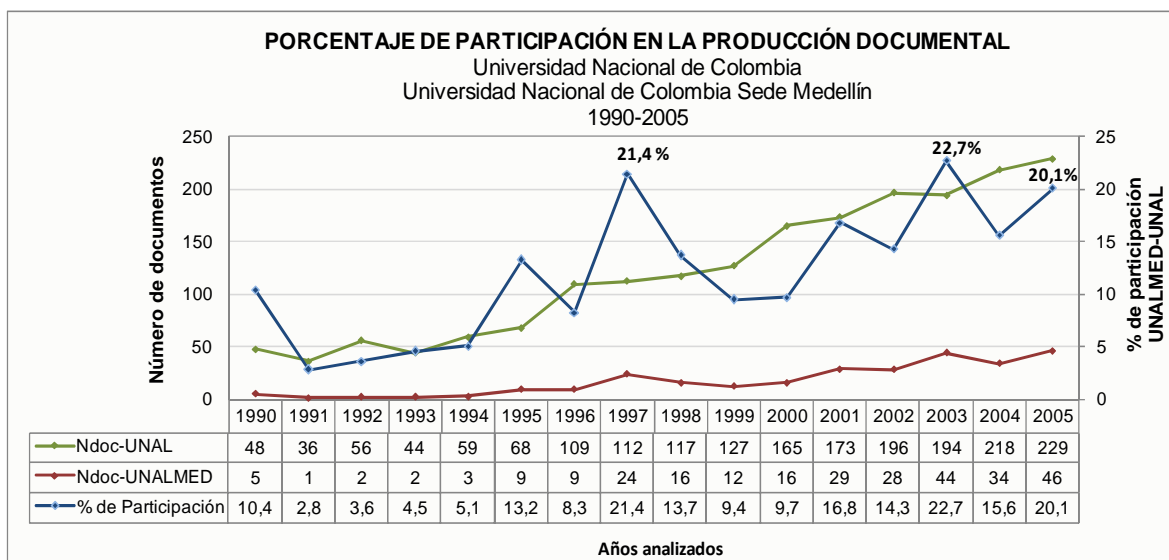


Figura 8. Porcentaje de participación de la producción científica de la UNALMED con respecto a la de la UNAL

4.1.2 Evolución y producción científica de las unidades académicas de la UNALMED

La UNALMED administrativamente está dividida en cinco facultades que, a su vez, se dividen en 27 escuelas. Las facultades de Ciencias y Minas se encuentran organizadas en seis y siete escuelas respectivamente. La producción total de las cinco facultades, considerando todos los tipos documentales que recoge el ISI para el período 1990-2007 se presenta en la Figura 9

Las diferentes facultades de la UNALMED muestran unos valores muy dispares en cuanto a su producción en donde la Facultad de Ciencias FC, con 268 documentos, presenta el 61% de la totalidad de la producción de la UNALMED en contra posición de la Facultad de Arquitectura –FA que, con dos documentos, no llega al 1% de la producción total. Si se suman los valores obtenidos en la fila de total se obtienen 436 registros, pese a que la producción de publicaciones totales obtenida es de 429. Esta diferencia se debe a la colaboración entre las distintas facultades, ya que para contabilizar la producción de las mismas se ha utilizado la técnica de *cuenta completa*.

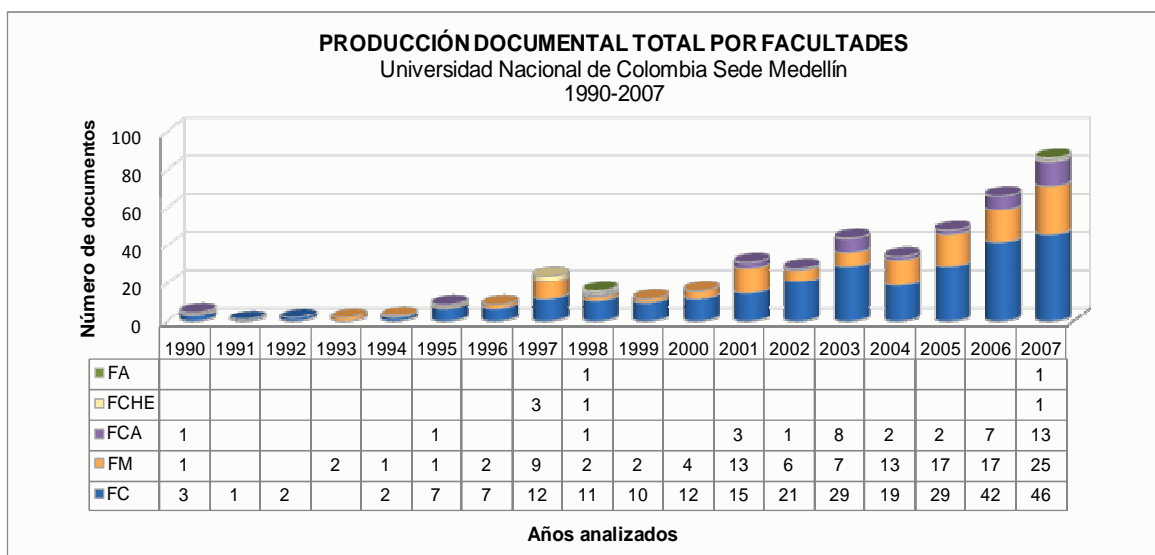


Figura 9. Producción científica por unidades académicas

Las facultades con mayor producción en valores absolutos (figura 9) son Ciencias- FC (268), Minas -FM (122) y Ciencias Agropecuarias -FCA (39) respectivamente; la FC es

responsable de más del 60% de la producción total analizada. A ésta le sigue la FM, que produce el 28% de las publicaciones contempladas, y el tercer lugar lo ocupa la FCA cuya producción supone casi un 9% del total. En cuarto y quinto lugar se encuentra la Facultad de Ciencias Humana y Económicas -FCHE con cinco documentos y la Facultad de Arquitectura -FA que, con dos documentos no llega a representar el 1%, del total analizado.

En este estudio se analizan la FC, FM y la Escuela de Física de la Facultad de Ciencias – FC-EF. Para cada una de estas unidades académicas se presenta el dato de *Ndoc* y %*Ndoc*, por cada año de estudio y el total alcanzado durante los años estudiados, además de la *TVI*.

Aquí de nuevo aparece el solapamiento ocurrido en la producción UNALMED. El total con solapamiento representa el número de documentos que están incluidos en más de una facultad y/o escuela. A las facultades y escuelas (en este estudio) que escriban en colaboración un documento, éste se asigna a tantas escuelas y facultades que firman el documento. En esta ocasión también se aplica el modo de *recuento múltiple*.

4.1.2.1 Evolución y producción científica de la Facultad de Ciencias -FC

La FC tiene en la actualidad seis escuelas y posee la mayor producción científica en valores absolutos en la *WoS* para el periodo estudiado como lo muestra la Figura 9. La producción científica de cada una de sus escuelas se muestra en la Figura 10

En la Figura 10 se puede apreciar que cada una de las escuelas posee al menos más de 10 documentos en la *WoS*, se destaca la EF con 143 documentos que representa más del 50% de la producción total de la FC y más del 30% de la producción total de la UNALMED para el periodo estudiado.

La evolución de la producción científica de la FC a través de la *TVI* para el periodo estudiado se muestra en la Figura 11, desde 1996 la producción es relativamente constante, se destaca en el año 2004 un bajón en la producción científica que hace la *TVI* negativa para este año. A partir de 2005 la *TVI* va en aumento. La FC presenta además un coeficiente de correlación R^2 0.93 el cual se puede catalogar de alto.

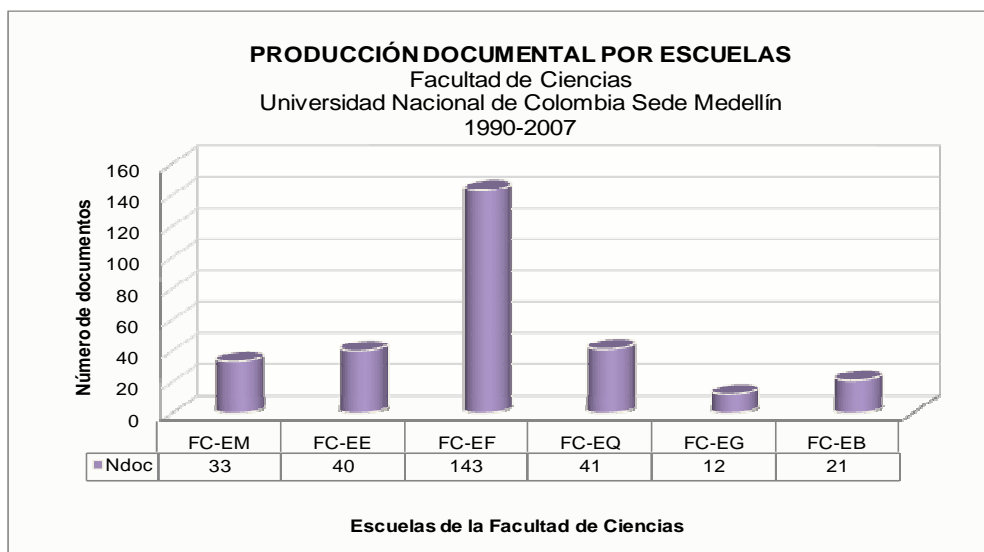


Figura 10. Producción científica por escuelas para la Facultad de Ciencias

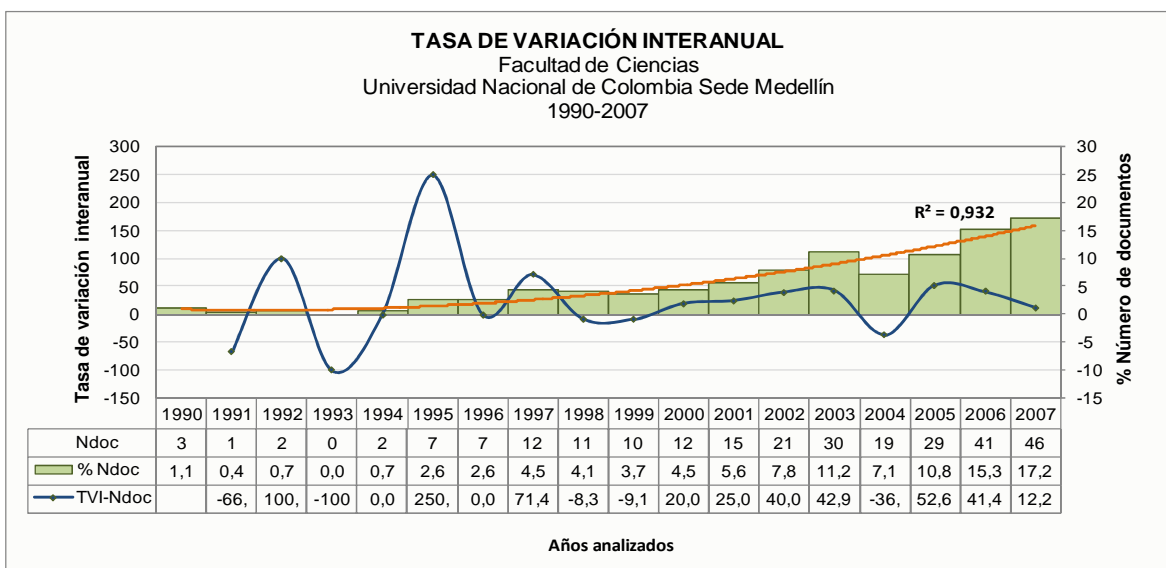


Figura 11. Tasa de Variación Interanual de la Facultad de Ciencias

4.1.2.2 Evolución y producción científica de la Facultad de Minas -FM

La FM esta conformada por siete escuelas pertenecientes a las diferentes áreas de la ingeniería, su producción científica por escuelas se muestra en la Figura 12

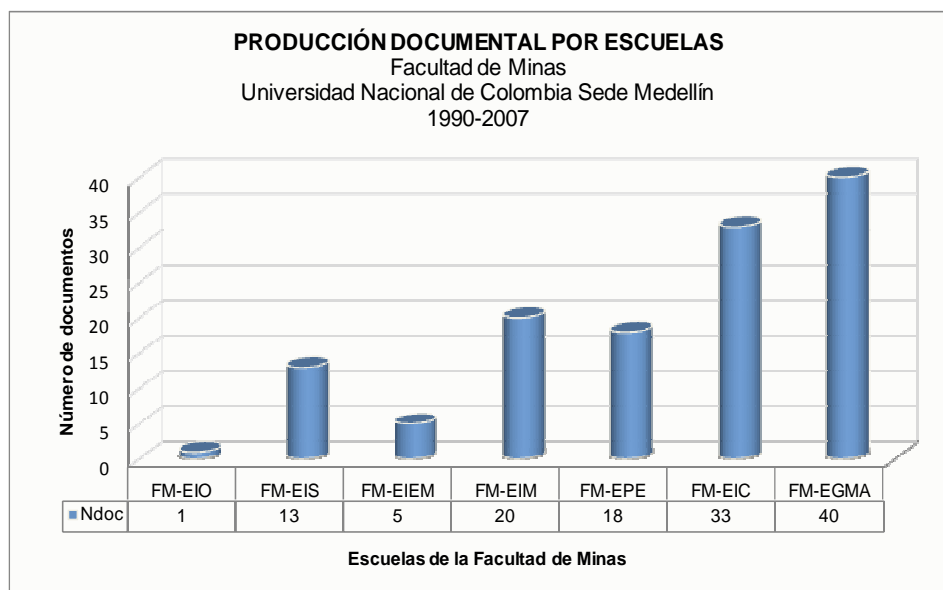


Figura 12. Producción científica por escuelas para la Facultad de Minas

Exceptuando la Escuela de Ingeniería de la Organización -*EIO* que sólo posee un artículo en el periodo estudiado, las demás escuelas poseen al menos más de cinco artículos en la *WoS*. Se destacan la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente -*EGMA* con 40 artículos, seguida de la Escuela de Ingeniería Civil -*EIC* con 33 documentos, de los cuales 32, es decir, el 97 % fueron escritos por un solo profesor y 25 (78%) sin ningún tipo de colaboración, confirmándose de esta manera *la Ley del cuadrado inverso de Lotka*, que indica que en una determinada especialidad unos pocos autores publican un gran número de artículos mientras el gran número de autores restantes publica muy poco.

La evolución de la producción científica para la *FM* en el periodo de estudio es mostrada en la Figura 13. Desde 1990 (1) hasta el 2000 (4) la producción científica ha sido muy pequeña y con fluctuaciones altas, a partir del 2002, la *TVI* comienza a estabilizarse. El R^2 0,85 se puede calificar de discreto. Es de anotar que esta Facultad es la que posee mayor cantidad de programas de posgrado.

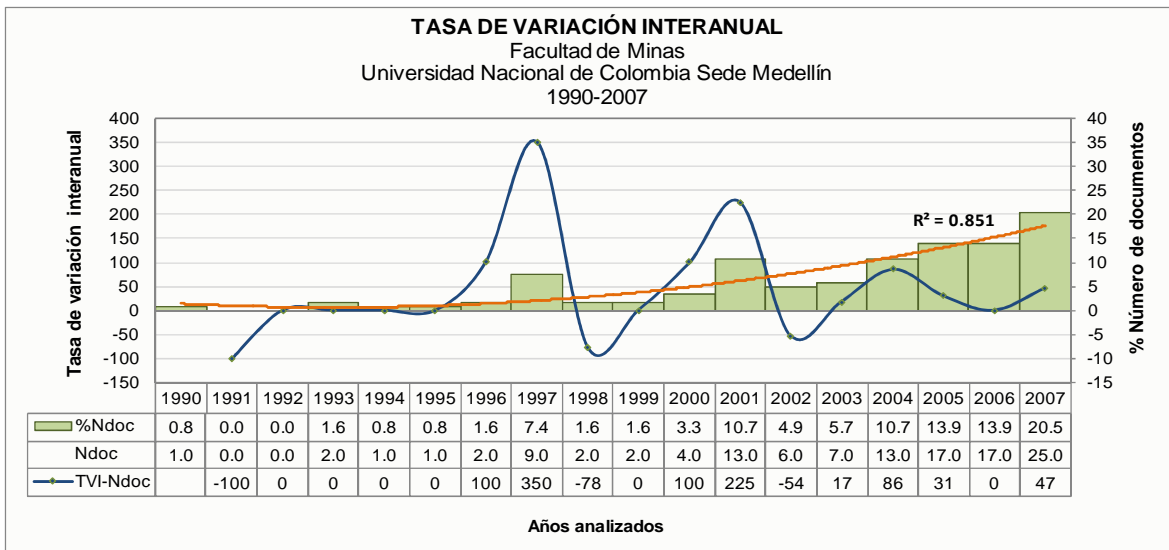


Figura 13. Tasa de Variación Interanual de la Facultad de Minas

4.1.2.3 Evolución y producción científica de la Escuela de Física –FC-EF

La evolución de la producción científica de la *FC-EF* se muestra en la Figura 14 del año 1990 (1) a 1996 (2) su producción es muy pequeña. A partir de 1997 esta producción es muy constante y con tendencia alta. El R^2 0,89 se puede calificar de alto para una unidad académica tan pequeña y con solo 22 profesores.

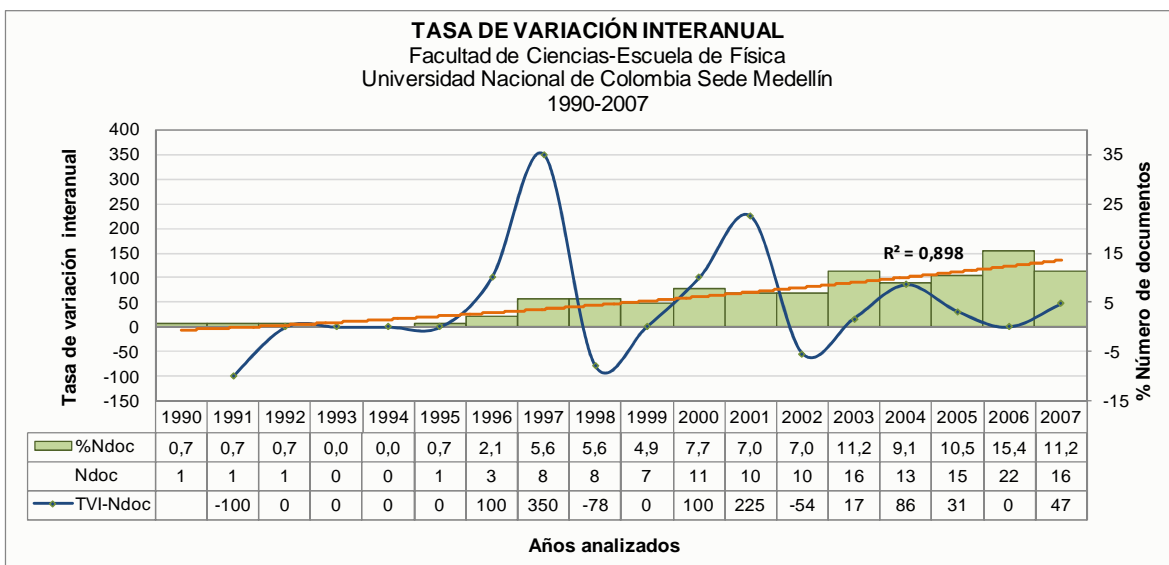


Figura 14. Tasa de Variación Interanual de la Escuela de Física

4.1.3 Temática de la producción científica según clases ANEP

El estudio de dominio temático se analiza con base a las 24 clases ANEP, determinadas por la *Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva* dependiente de la *Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, del Ministerio de Educación y Ciencia de España* para ver las abreviaturas empleadas, además de la correspondencia entre clases ANEP y categorías *ISI* ver Anexo 2. Cuando se analiza la producción por clases ANEP también se acumula solapamiento, representando el volumen de documentos incluidos en más de una clase ANEP, según en la revista en que publique, al igual que en el recuento de documentos por unidades académicas se ha optado por la opción de *recuento múltiple*. El dato porcentual y demás, en las tablas y figuras, está calculado sobre el total de las producciones con solapamiento. Se caracterizan, en primer lugar, las clases ANEP para toda la UNALMED, para pasar posteriormente a un análisis más pormenorizado de la FC, FM y FC-EF, estudiando las temáticas específicas y su evolución por años.

4.1.3.1 Distribución temática de la producción científica de la UNALMED y la UNAL

Para analizar la temática general de la UNALMED se presenta, en primer lugar, la tabla 11, en la primera columna se incluye una sigla que será utilizada en este estudio para identificar las respectivas clases temáticas ANEP en las tablas y figuras, en la segunda columna se encuentran los nombres de las distintas clases temáticas ANEP.

Tabla 11. Nombre y sigla de las clases temáticas ANEP

| SIGLA | CLASES TEMÁTICAS ANEP | SIGLA | CLASES TEMÁTICAS ANEP |
|-------|--|-------|--|
| AGR | Agricultura | HIS | Historia del Arte |
| ALI | Ciencia y Tecnología de Alimentos | MAR | Ciencia y Tecnología de Materiales |
| CIV | Ingeniería Civil y Arquitectura | MAT | Matemáticas |
| COM | Computación y Tecnología Informática | MEC | Ingeniería Mecánica Naval y Aeronáutica |
| CSS | Ciencias Sociales | MED | Medicina |
| DER | Derecho | MOL | Biología Molecular, Celular y Genética |
| ECO | Economía | PSI | Psicología y Ciencias de la Educación |
| ELE | Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática | QUI | Química |
| FAR | Fisiología y Farmacología | TEC | Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones |
| FIL | Filología y Filosofía | TIE | Ciencias de la Tierra |

| SIGLA | CLASES TEMÁTICAS ANEP | SIGLA | CLASES TEMÁTICAS ANEP |
|-------|-------------------------------|-------|-------------------------------------|
| FIS | Física y Ciencias del Espacio | TQU | Tecnología Química |
| GAN | Ganadería y Pesca | VEG | Biología Vegetal y Animal, Ecología |

La Figura 15 recoge los datos totales y porcentuales de las clases temáticas para todos los años de la UNALMED y la UNAL. Se puede observar que la clase temática con más frecuencia en la UNALMED es FIS, relacionada con el 18,6% de la producción científica de la UNALMED. Llama la atención el peso que tiene la clase temática de MED 10.2% máxime que la UNALMED no tiene dentro de sus programas académicos la carrera de Medicina. Esto se podría justificar por la colaboración científica de la FC, en especial la Escuela de Estadística -EE y la Escuela de Matemáticas -EM, en la producción de artículos con otras instituciones tanto nacionales, internacionales e institucionales. También tienen un gran peso dentro de las clases temáticas de la UNALMED TIE (9,4%), QUI con 8,2%, MAT (7,6%), VEG (6,4%) y AGR con 5,8%. El resto de clases temáticas suponen un porcentaje dentro de las clases temáticas de la UNALMED menor al 5%. Existen únicamente dos clases temáticas que aparecen una vez: DER y TEC, cada una de ellas supone un 0,16% de la producción científica.

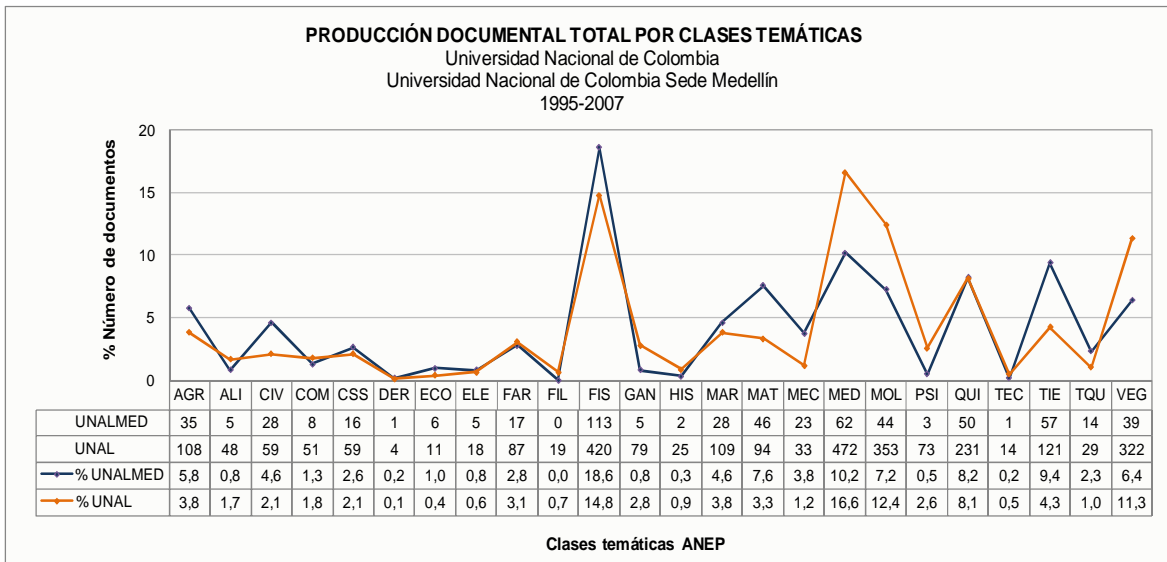


Figura 15. Producción para la UNALMED y la UNAL por clases temáticas ANEP en porcentaje

Las clases temáticas para la UNAL, según información tomada de RI³, se pueden observar de igual forma en la Figura 15. Las clases temáticas con mayor frecuencia para

la UNAL son muy similares a las encontradas en este estudio para la UNALMED, *MED* (16,6%) y *FIS* (14,8%) comparten los primeros lugares, siendo *MED* la clase temática más frecuente en la UNAL a razón de que la Facultad de Medicina de la sede de Bogotá produce una gran cantidad de artículos científicos 472. En la UNALMED la mayoría de artículos 113 pertenecen a la clase *FIS*.

4.1.3.2 Distribución temática de la producción para la FC, FM y FC-EF

La producción porcentual, por clases temáticas ANEP para las unidades académicas analizadas: *FC*, *FM* y la *FC-EF* se muestra en la Figura 16

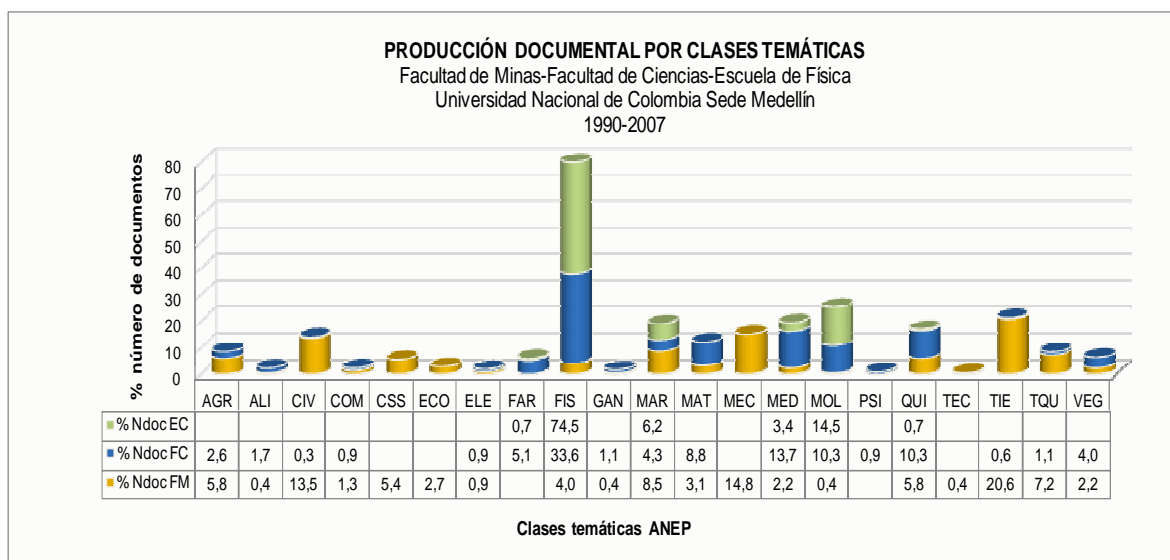


Figura 16. Producción para la FC, FM y FC-EF por clases ANEP en porcentaje

En la Figura 16 se confirma que las clases temáticas *FIS* (34%) y *MED* (14%) en la *FC*, *FIS* (74%) de la *FC-EF* y *TIE* (21%) de la *FM* son las de mayor porcentaje de producción sobre el resto de las clases, hecho también ocurrido cuando se analiza la producción de la UNALMED en la Figura 15. Es de anotar que la producción de la *FC*, que es la unidad académica con mayor producción de la UNALMED, se encuentra incluida, en su mayoría, en la clase temática de *FIS* y *MED*, de igual forma la de la *FM*, segunda en producción científica en la UNALMED, su producción científica se encuentra ubicada en un gran % en la clase temática *TIE*.

4.1.3.3 Temática observada / temática esperada (IET y IER) para la UNALMED.

Para analizar el esfuerzo que hace la UNALMED en las diferentes áreas científicas, se calcula el *Índice de Especialización Temática –IET* o *Índice de Actividad* y el *Índice de Especialización Relativo –IER*. El *IER* es el *IET* normalizado, esta función de normalización va a permitir comparar datos no homogéneos y su valor se moverá entre 1 y -1. Estos dos índices se calculan en cada clase temática para cada año analizado, observando de ese modo, si el esfuerzo que dedica la UNALMED a cada área científica varía en función de los años o si, por lo contrario, la UNALMED muestra una tendencia constante en este aspecto.

Calculando el *IET*, para la UNALMED, a todas las clases temáticas y para todos los años, en algunos casos, los datos que se obtienen están desvirtuados. Aquellas clases temáticas que aparecen muy pocas veces o únicas en el año van a dar unos valores muy altos, no mostrando claramente que la UNALMED ha publicado muy poco sobre ellas, por ejemplo, clases temáticas donde se ha publicado un solo trabajo como *HIS* en 1997, *DER* en 1998 y *TEC* en 2004 dan los valores más altos de todo el año: 11,7, 24,3 y 12,2 respectivamente. Sin embargo, si se tienen en cuenta sólo aquellas clases temáticas que aparecen con mayor frecuencia (pero habiendo hecho los cálculos con todas las clases temáticas y toda la producción), se puede observar, en la Tabla 12, con más claridad el mayor esfuerzo que hace la UNALMED por algunas áreas temáticas.

Tabla 12. IET por clase ANEP (f > 2%) 1995-2007

| Clase ANEP | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| AGR | 1,2 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 1,0 | 0,9 | 1,7 | 0,0 | 0,8 | 1,4 |
| CIV | 1,6 | 1,7 | 2,5 | 3,5 | 2,3 | 2,2 | 1,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,5 | 1,2 |
| CSS | 0,0 | 0,0 | 1,5 | 4,6 | 0,0 | 1,9 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 1,4 | 0,4 | 1,0 |
| FAR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 0,7 | 1,9 | 1,6 | 1,5 |
| FIS | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 1,6 | 1,0 | 1,4 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 1,1 | 0,5 |
| MAR | 0,0 | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 1,5 | 2,6 | 2,4 | 1,5 | 0,6 |
| MAT | 5,7 | 1,1 | 3,1 | 0,5 | 1,0 | 1,3 | 1,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,7 | 0,6 | 1,0 |
| MEC | 0,0 | 2,0 | 1,1 | 1,1 | 2,0 | 1,3 | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 1,6 | 1,4 | 0,0 | 1,1 |
| MED | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,6 | 1,9 | 0,8 | 2,3 | 1,4 | 1,1 |
| MOL | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 2,1 | 0,6 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 1,0 |
| QUI | 0,0 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 3,7 | 0,0 | 1,4 | 2,8 | 0,9 | 1,5 | 0,7 | 0,3 | 1,0 |
| TIE | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 2,1 | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 1,1 |
| TQU | 0,0 | 3,3 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 2,3 | 0,9 | 0,8 | 2,0 | 0,9 |
| VEG | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,6 |

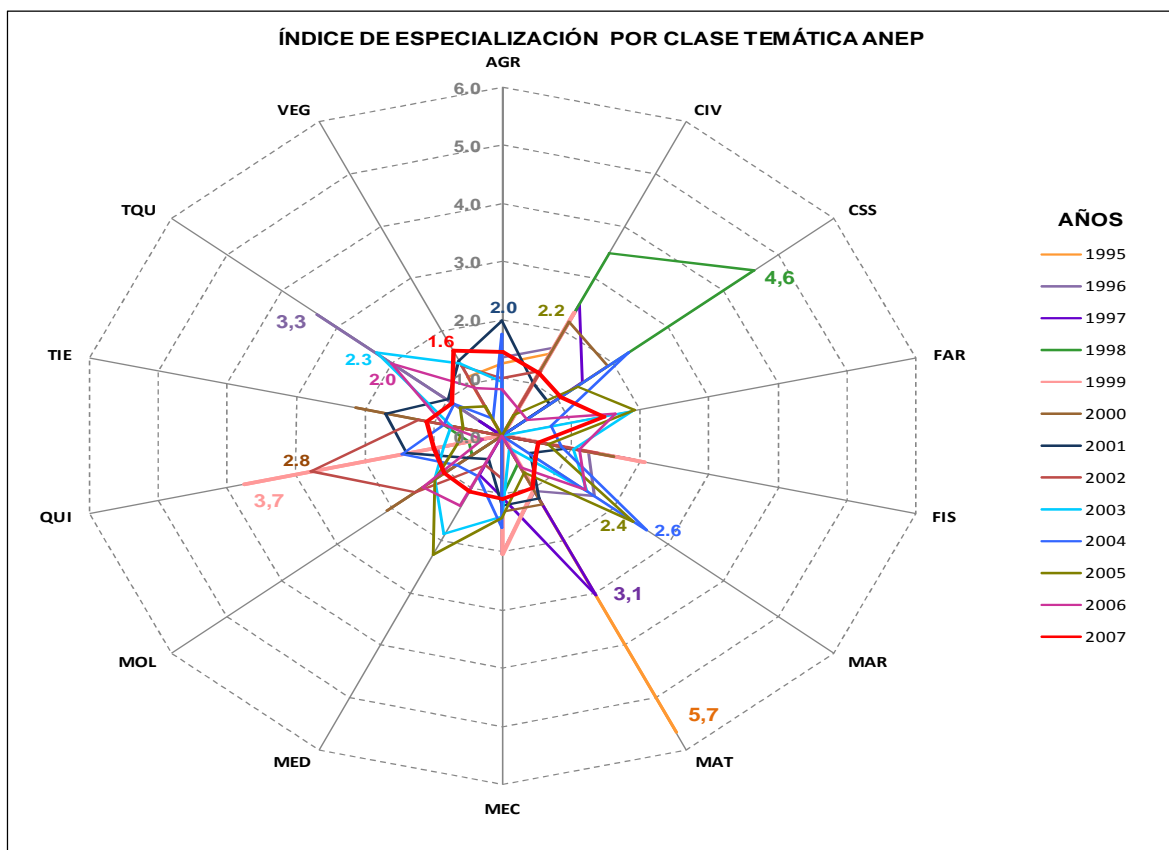


Figura 17. Índice de Especialización Temática por clase ANEP ($f > 2\%$), 1995-2007

En la Tabla 12 y la Figura 17 se consideran aquellas temáticas cuya frecuencia supone más de un 2% de la producción total de la UNALMED, es decir, más de 12 documentos por año y clase temática. Con el cálculo de este índice se observa que la UNALMED muestra una mayor especialización en *MAT* en los años 1995 (5,7) y 1997 (3,1) y en *QUI* en los años de 1999 (3,7) y 2002 (2,8). En el año 1996 (3,3), 2003 (2,3) y 2006 (2,0), el mayor esfuerzo se produce en *TQU*. En el año 1998 se destacan más la clase temática *CSS* (4,6), mientras que en el 2000 el mayor esfuerzo se produce en *CIV* (2,2). De igual forma para el 2001 la clase temática fue *AGR* (2,0). Sin embargo, en los últimos años, 2004 (2,6), 2005 (2,4) y 2006 se observa una mayor especialización de la UNALMED en las temáticas relacionadas con las ciencias aplicadas *MAR* y *TQU* y en el 2007 el mayor esfuerzo fue para la clase *VEG* (1,6) área temática que se podría calificar de emergente.

Para complementar los datos anteriores, se calcula, el *IER* propuesto por Glánzel y descrito en el apartado de metodología. Como en el caso anterior, solamente se han

obtenido mediante este indicador los valores correspondientes a las temáticas que han mostrado una mayor frecuencia. Así, los valores obtenidos para este índice se muestran en la Tabla 13 y Figura 18

Tabla 13. IER por clase ANEP ($f > 2\%$), 1995-2007

| Clase ANEP | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| AGR | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | <u>0,3</u> | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | -0,1 | 0,2 |
| CIV | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | <u>0,4</u> | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | -0,4 | -0,3 | 0,1 |
| CSS | 0,0 | 0,0 | 0,2 | <u>0,6</u> | 0,0 | 0,3 | -0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | -0,4 | 0,0 |
| FAR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | -0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| FIS | -0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | 0,1 | -0,3 |
| MAR | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,3 | 0,0 | 0,2 | <u>0,4</u> | 0,4 | 0,2 | -0,3 |
| MAT | <u>0,7</u> | 0,0 | <u>0,5</u> | -0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | -0,6 | 0,0 | -0,2 | -0,2 | 0,0 |
| MEC | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | -0,1 | 0,2 | 0,2 | <u>0,7</u> | 0,0 | 0,0 |
| MED | 0,0 | 0,0 | -0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,4 | -0,3 | 0,3 | -0,1 | 0,4 | 0,2 | 0,0 |
| MOL | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,3 | 0,0 | 0,3 | -0,2 | 0,2 | 0,1 | -0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,0 |
| QUI | 0,0 | 0,0 | -0,4 | -0,3 | <u>0,6</u> | 0,0 | 0,2 | <u>0,5</u> | -0,1 | 0,2 | -0,2 | -0,6 | 0,0 |
| TIE | -0,3 | 0,0 | -0,4 | -0,1 | 0,0 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,3 | -0,1 | 0,0 |
| TQU | 0,0 | <u>0,5</u> | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | <u>0,4</u> | -0,1 | -0,1 | <u>0,3</u> | -0,5 |
| VEG | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | -0,5 | -0,3 | -0,1 | <u>0,2</u> |

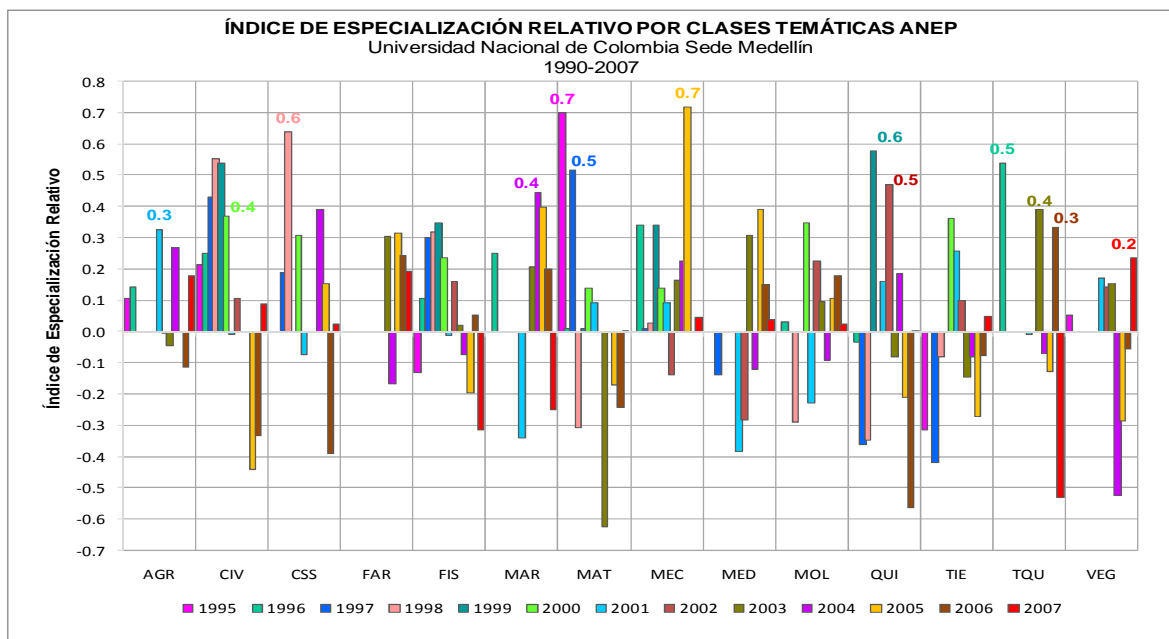


Figura 18. Índice de Especialización Relativa por clase ANEP ($f > 2\%$) 1995-2007

Según la interpretación propuesta por Glánzel, se observa (tabla 13 y figura 18) cómo la UNALMED muestra una especialización superior a la media en la clase temática CIV en los seis primeros años del estudio, y MAT en los primeros siete años de estudio con la

salvedad de que *MAT* en 1998 tiene una especialización inferior a la media. En ambas disciplinas el *IER* disminuye notablemente en los tres últimos años analizados. Se observa también que en clases temáticas como: *FAR*, *MED* y *MOL*, la UNALMED muestra una especialización por encima de la media en los últimos tres años. Mientras que *MEC* es la clase temática que más ha mantenido una especialización superior a la media, 10 años de los trece analizados, sólo en 1995, 2002 y 2006 obtuvo una especialización inferior a la media. Para el 2007 la mayoría de las clases temáticas muestran una especialización superior a la media, exceptuando *FIS*, *MAR*, y, *TQU*.

4.1.3.4 Caracterización temática de la bibliografía citada

El análisis temático de la bibliografía citada, es decir la bibliografía que el autor ha utilizado como sustento de su trabajo intelectual, recoge el sesgo temático de una determinada línea de investigación; mientras que la caracterización temática directa de la producción científica sugiere las áreas de interés de los investigadores de la UNALMED, ya que es un hecho consciente y voluntario escoger la revista donde se quiere publicar (y por tanto en una determinada categoría temática).

Con el propósito de ampliar el análisis de dominio temático de la UNALMED y usando herramientas de Análisis de Redes Sociales se hace una caracterización temática de la bibliografía citada en cada uno de los 429 artículos publicados por los docentes de la UNALMED en la *WoS* durante el periodo analizado. En la Figura 19, realizada con la ayuda del programa *Vison*, se puede observar el mapa de cocitación de clases temáticas ANEP para la bibliografía citada. Dos clases temáticas son cocitadas cuando dos revistas pertenecientes a estas clases temáticas aparecen listadas en la bibliografía de un mismo artículo. Es así como se pudo contabilizar los pares de clases ANEP cocitadas y construir una matriz de datos que fue procesada con el programa *Vison*, y en donde las diferentes clases temáticas son presentadas, en la figura 19, en forma de nodos mientras que la estructura semántica o de relación de cocitación se encuentra definida por los enlaces o arcos que conectan dichos nodos.

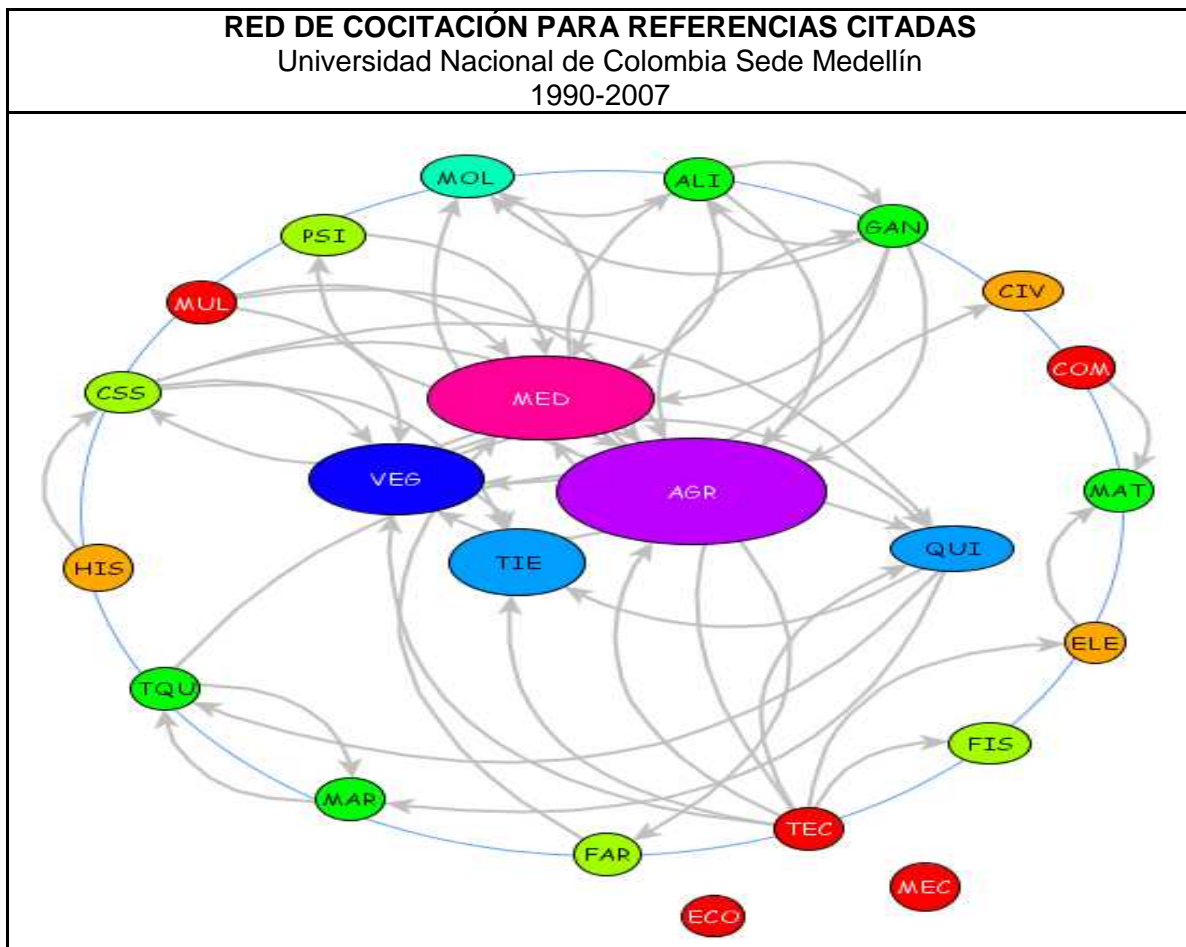


Figura 19. Red de cocitación de clase temática ANEP para la bibliografía citada

En el mapa de cocitación de la Figura 19 se pueden identificar tres grandes dominios, *AGR*, *MED* y *VEG*, los cuales se encuentran claramente separados uno del otro, pero relacionados entre si y con muchas más clases temáticas a la vez. Cada dominio, por su parte, es susceptible de ser discriminado. Otras clases temáticas como *ECO* y *MEC* son poco cocitadas por lo tanto aparecen totalmente aisladas en el mapa. Establecer una relación entre la representación y las diferentes unidades académicas analizadas, es difícil y puede estar sujeta al juicio de los especialistas. Sin embargo, es posible reconocer la clase temática que le corresponde a la FC (*MED*, *QUI*) y la que le corresponde a la FM (*AGR*, *VEG* y *TIE*), que son las dos unidades académicas con mayor producción en la UNALMED.

4.1.4 Indicadores de colaboración científica

En este apartado se analiza la colaboración, para escribir documentos en coautoría, que se establece en la UNALMED y las unidades académicas estudiadas, a través del análisis de documentos firmados por más de un autor y del grado de coautoría, además, de la descripción de los diferentes patrones de colaboración tanto a nivel nacional entre instituciones, como internacional entre países e instituciones, teniendo en cuenta, de igual forma, el análisis de los documentos que se escriben sin ninguna colaboración. La visibilidad alcanzada por los documentos, en función del número de citas recibidas, para los documentos en colaboración (nacional, internacional) y sin colaboración, serán analizadas también en este apartado.

4.1.4.1 Autores firmantes: distribución e índice de coautoría

Aquí se analizan los documentos realizados en colaboración entre autores. La Figura 20 muestra la evolución a través de los años estudiados de la distribución de artículos por el número de firmantes y en donde se muestra que a partir del 2001 la colaboración entre un mayor número de autores es más evidente que en los primeros años, en donde sólo se escribía en colaboración con dos, tres o cuatro autores.

Los trabajos firmados por tres autores (109), el 25,4% del total, son los que predominan en la UNALMED (figura 21), le siguen los trabajos de dos autores (con el 19,6%) y a continuación, con un porcentaje de 16,3% los de cuatro autores. Todo este conjunto reseñado abarca el 61,3% de los trabajos. Los documentos con un solo autor alcanza el 14,2%. Conforme aumenta el número de autores va descendiendo también el de documentos producidos. Estos indicadores se han obtenido teniendo en cuenta todas las tipologías documentales.

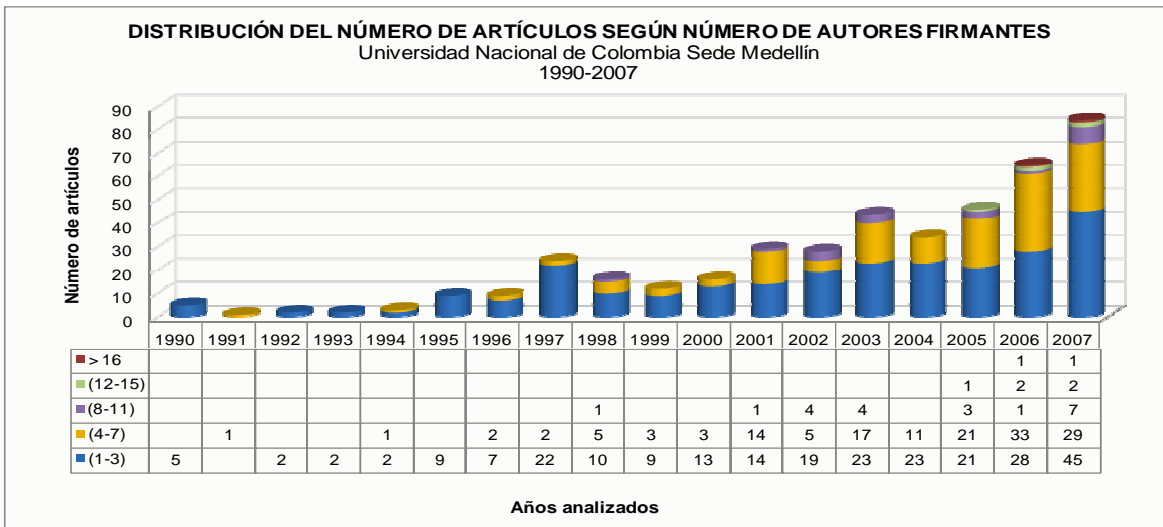


Figura 20. Distribución del número de artículos según el número de autores firmantes para la UNALMED 1990-2007.

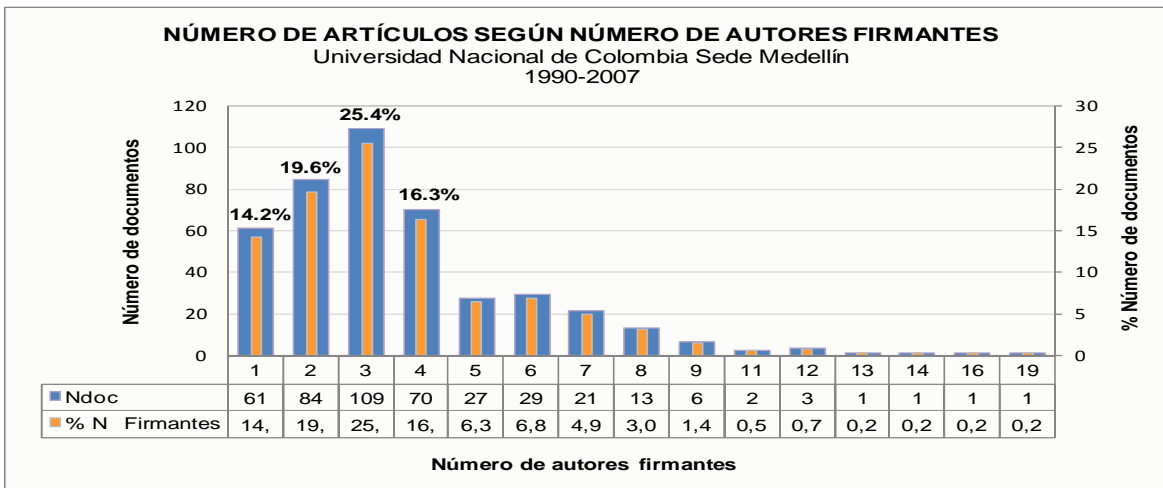


Figura 21. Número de firmantes considerando todos los artículos: distribución y porcentaje

Al calcular el *Índice de Coautoría Externa –ICO-Externo* (figura 22), el cuál evalúa la capacidad de colaborar con autores ajenos a la UNALMED, en el 2007 este indicador ya es de 0,15, lo que indica que existe una mayor colaboración externa al firmar los documentos publicados. Si se consideran todos los trabajos (429) se suman un total de 1570 autores, de los cuales 592, es decir el 37,8% pertenecientes a la UNALMED y 978, un 62,2% son autores externos, lo que representa que los trabajos han sido firmados por pocos autores de la UNALMED y, por tanto, existe una alta colaboración externa (figura 22)

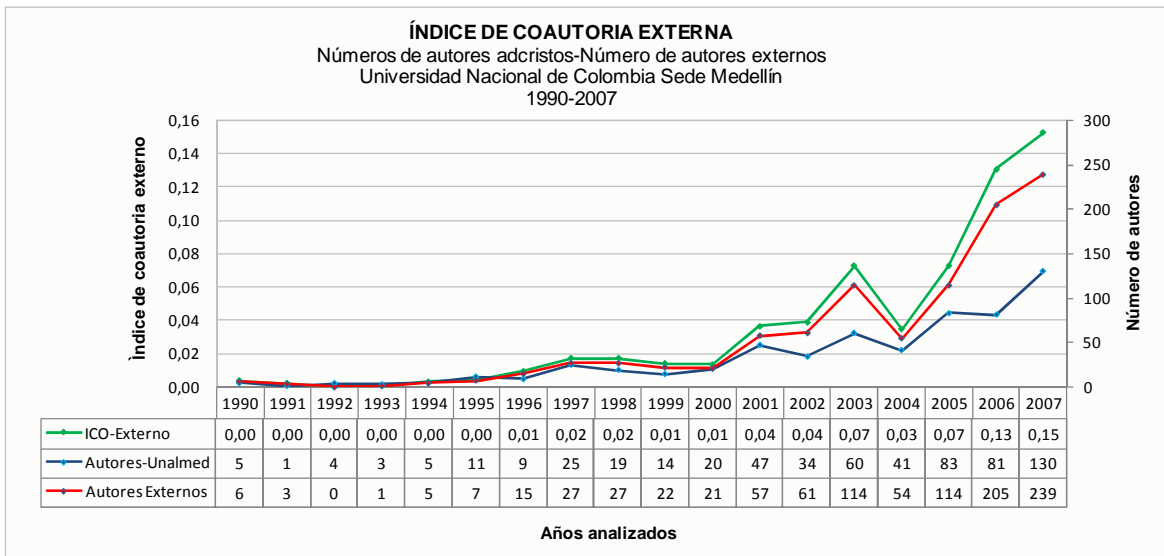


Figura 22. Índice de coautoría externa

En la Figura 23 se pueden observar los Índices de Coautoría General e Índice de Coautoría Interna para la UNALMED. El *Índice de Coautoría UNALMED -ICO-UNALMED* es de 1,4, que representa el promedio de autores de la UNALMED que suelen firmar los trabajos. Este índice ha sido bastante estable sin pasar a dos autores por trabajo, sólo en 1992 llega a este número.

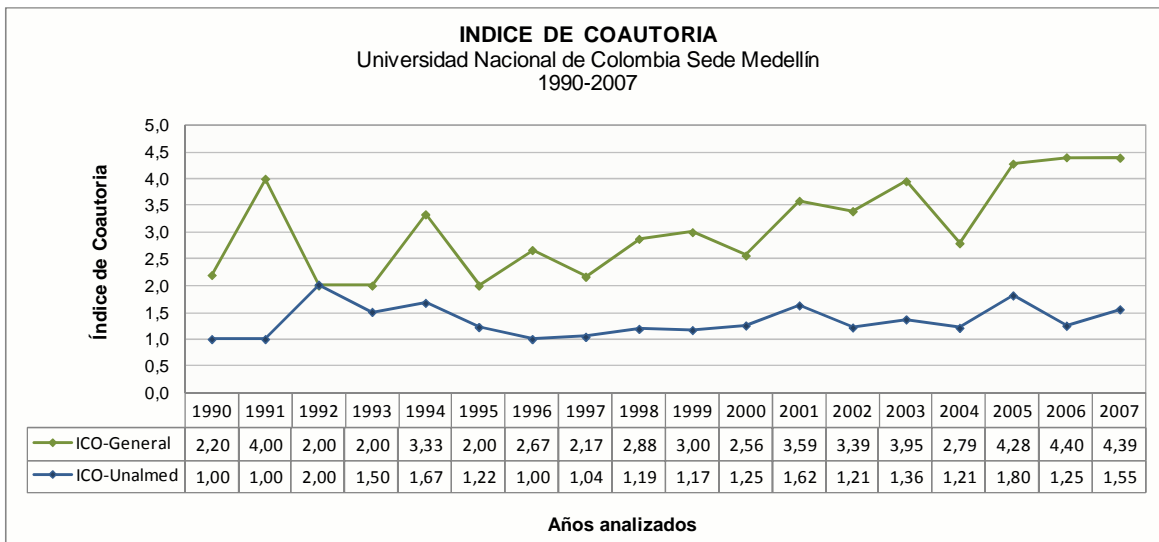


Figura 23. Evolución anual general de los Índices de Coautoría General y de Coautoría UNALMED

El *Índice de Coautoría General -ICO-General* presenta un crecimiento del 50% durante el periodo de este estudio, pasando de 2,2 autores del año 1990 a 4,4 autores en el 2007 (figura 23), el total para el periodo estudiado es de 3,7 autores por artículo. El *ICO-General* ha sido muy variable durante todo el periodo y a partir del 2005, comienza a sobrepasar los cuatro autores por trabajo.

En la Figura 24 se presenta el Índice de Coautoría para las unidades académicas estudiadas. Las facultades de Minas y Ciencias no tienen las series anuales completas, a ambas les faltan años a la *FM* dos y a la *FC* uno. *ICO-General* para la *FC* ha sido muy estable y ha estado casi siempre entre uno y dos autores (Figura 24), mientras que el *ICO-General* para la *FM* siempre ha sido alto y durante el periodo de estudio ha pasado de un autor por artículo en 1990 a nueve en el 2007. El *ICO-General* para todo el periodo ha sido de cuatro autores por trabajo. Para la escuela de Física, perteneciente a la Facultad de Ciencias, que tampoco tiene las series anuales completas, su *ICO-General*, 1,52, es muy similar al de la Facultad de Ciencias, es decir casi dos autores por trabajo

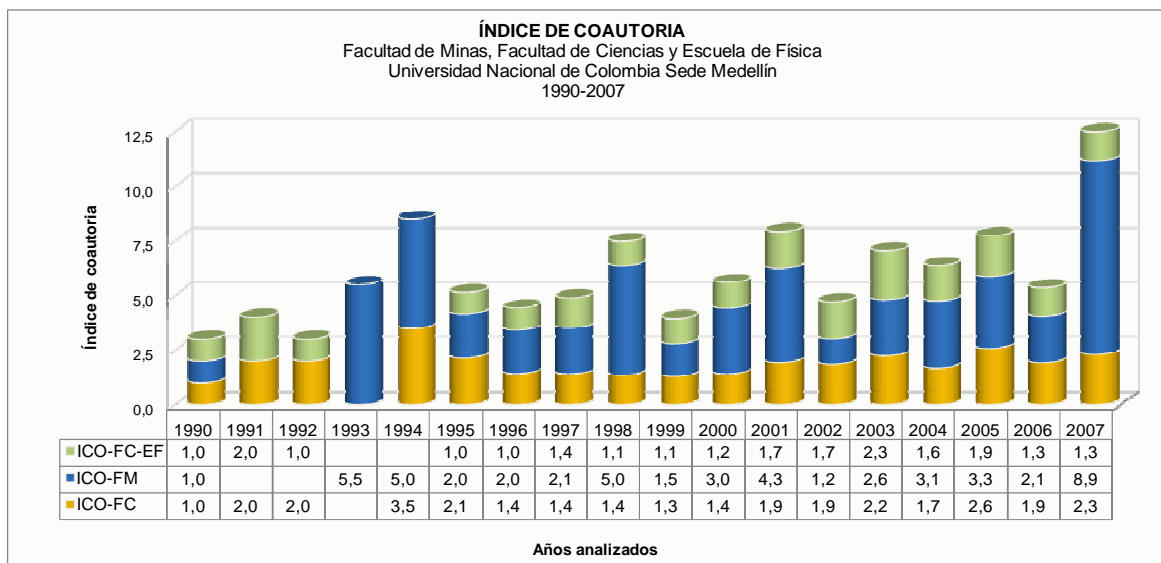


Figura 24. Índice de Coautoría General para la FC, FM y FC-EF. Evolución anual 1990 2007

Para las clases temáticas ANEP el indicador de coautoría (*ICO-Aut-Tem*) es bastante variable siendo el más alto para *HIS* con ocho autores por artículo (8,4) y el más bajo para *ELE* de un autor por artículo (figura 25) se debe tener en cuenta que muchas clases no tienen series completas. Para *FIS* que tiene casi la serie completa, solo le faltan dos años,

el ICO es de 3,81, para *MAT* el ICO es de 2,9 autores por artículo. *El ICO Temático* para el periodo de estudio es de 4.8.

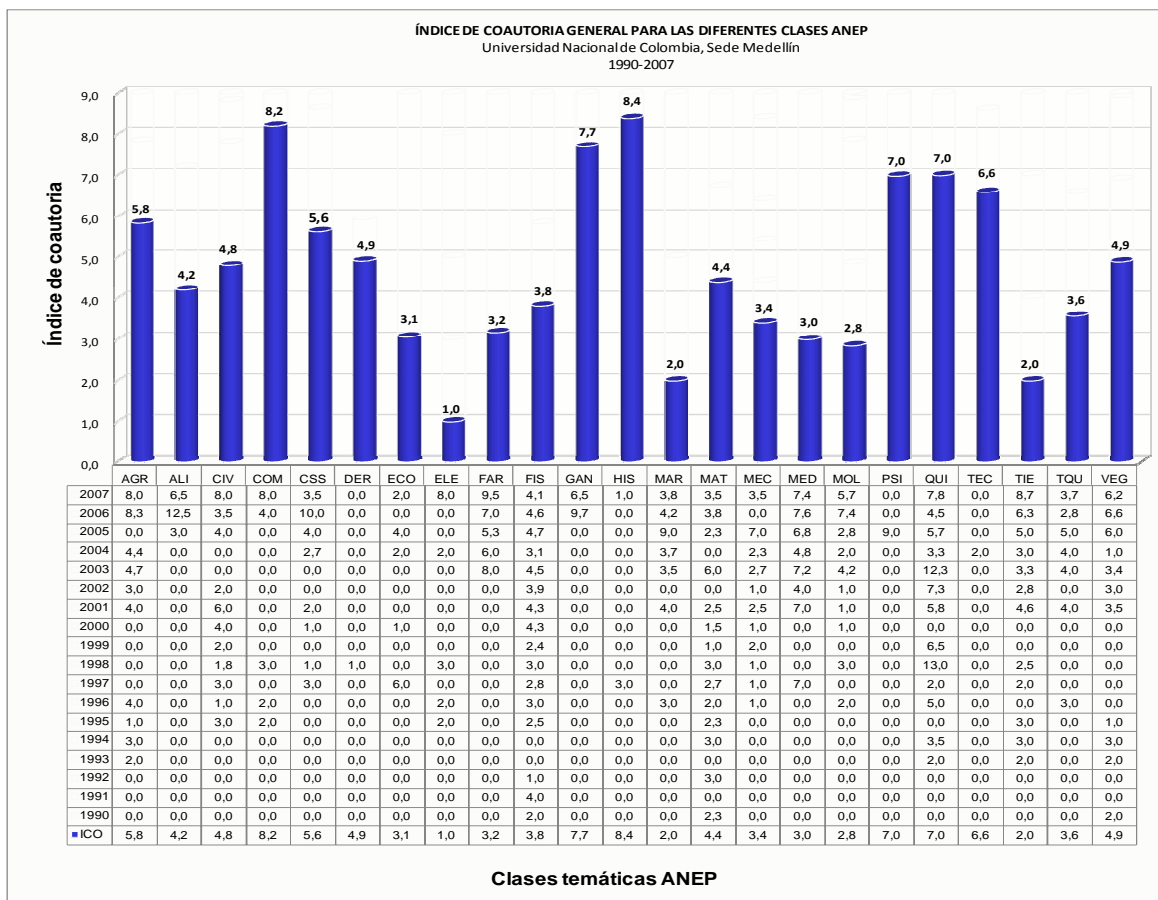


Figura 25. Índice de Coautoria General para las clases temáticas ANEP. Evolución anual 1990-2007

4.1.4.2 Caracterización de los patrones de colaboración

Al analizar los patrones de colaboración de los documentos en la *WoS* para la UNALMED, Figura 26, predominan aquellos con colaboración internacional que suman 225 trabajos y que suponen el 46%; le siguen los documentos con colaboración a nivel nacional que reúnen 149 documentos, es decir el 30,6%. Los documentos sin colaboración (114), es decir escritos sólo entre autores de la misma institución, suman un 23 %.

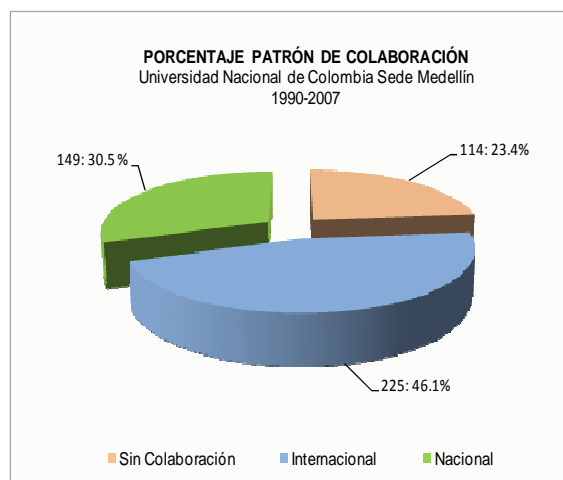


Figura 26. Porcentaje de patrones de colaboración

En la Figura 27 se observa una tendencia a producir mayor número de documentos en colaboración internacional, pasando de cuatro documentos en 1990 (0,8%) a 46 en el 2007 (9,4%). De igual forma la colaboración nacional pasa de no producir ningún documento en 1990 a producir 28 (5,7). El patrón sin colaboración produce un documento en 1990 (0,2%) y 21 en el 2007 (4,3%). La producción de documentos sin colaboración, Figura 27, en el 2006 (1,0%) tendió hacia la baja con respecto al 2005 (2,3); el patrón que más gana con este descenso es el nacional, el cual pasó en el 2005 de 5, 3% a 8,2% en el 2006.

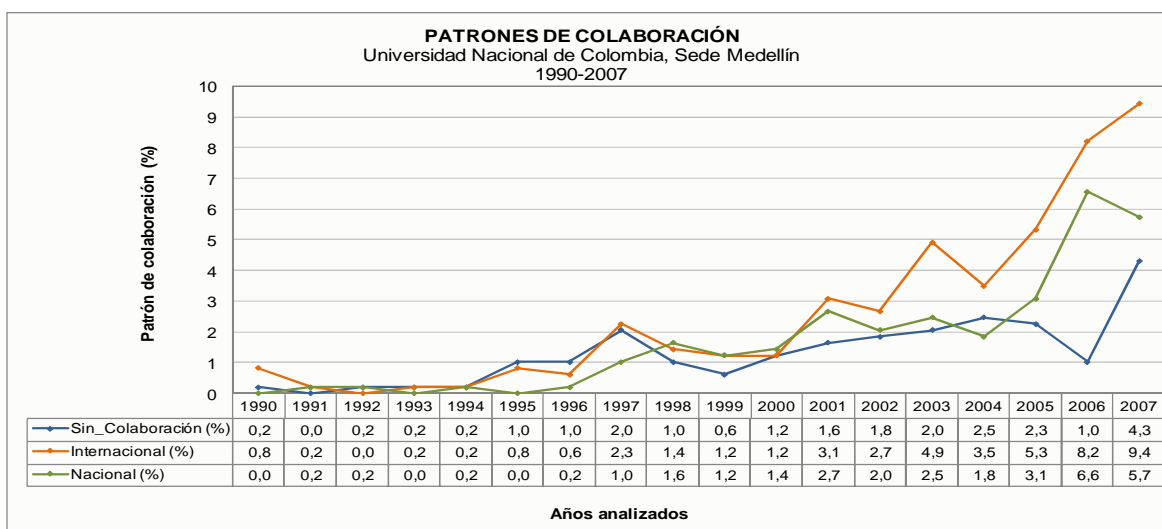


Figura 27. Evolución anual del porcentaje de patrones de colaboración 1990-2007

En el caso de la citación, Figura 28, el mejor promedio de citas fue logrado en 1994, con el patrón de colaboración internacional, ya que en un solo documento obtuvo 74 citas; de igual forma, el patrón de colaboración nacional obtuvo en 1997 por un sólo documento 18 citaciones. El mejor promedio de citas sin colaboración fue en 1993, 17 citas por un solo documento (Figura 28).

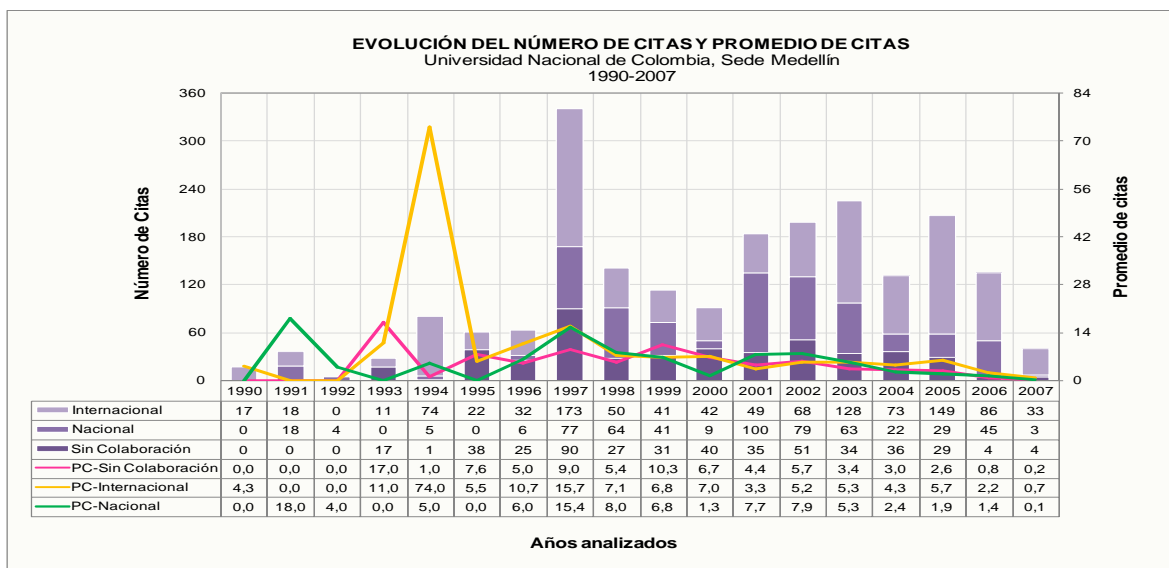


Figura 28. Evolución del número y promedio de citas de los documentos por cada patrón de colaboración para la UNALMED 1990 2007

Para todo el periodo analizado Figura 29 la colaboración internacional presenta una mayor visibilidad, que supone el 46,10% de la producción de la UNALMED en la WoS. Este patrón de colaboración logra sumar 1066, citas un 51% de las 2093 citas de la UNALMED para todos los patrones de colaboración. En consecuencia su promedio de citas se eleva hasta 4,7 el más alto de las tres tipologías. La producción sin colaboración es el segundo mejor promedio, con 4,1 cita por documento, superando a la colaboración nacional que, con el 30,5% de la producción, logra un promedio de 3,8 citas por documento.

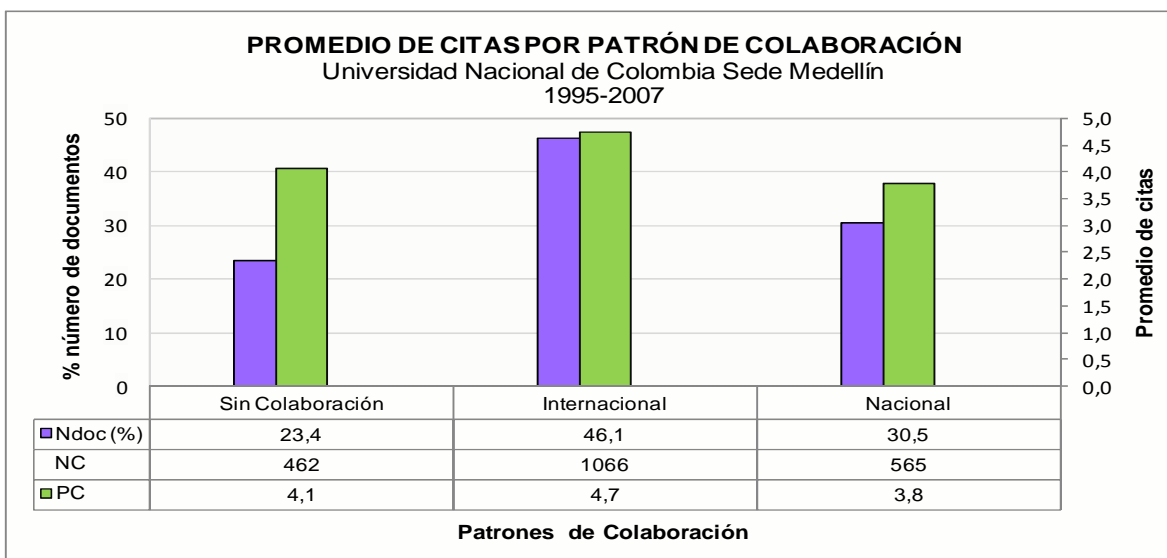


Figura 29. Porcentaje de documentos y promedio de citas por patrón de colaboración UNALMED

Con respecto a la colaboración de los documentos pertenecientes a las unidades académicas analizadas, *FM*, *FC* y la *EF* se tiene que el 77,81% de la producción ha sido escrita en colaboración, en especial internacional (56,38%). Como ocurre a nivel general con la UNALMED, los documentos colaborados internacionalmente logran atraer los mejores promedios de citas (figura 30) *FM* (5,68), *FC* (4,89).

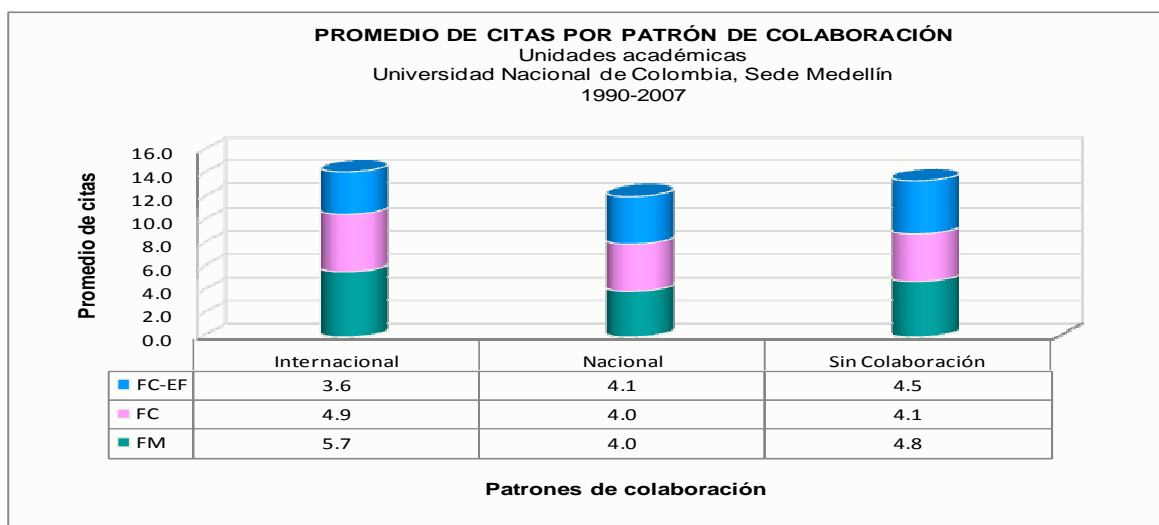


Figura 30. Promedio de citas por patrón de colaboración para las unidades académicas. 1990-2007

Esta situación no se produce en la *EF*, donde el mejor promedio de citas (4,53) se lo lleva el patrón sin colaboración. Es importante anotar que es una práctica muy común entre los autores el usar la autocita, es decir el mismo autor se cita o es citado por algún miembro de la misma institución. El más alto promedio de citas para el periodo estudiado en los tres patrones de colaboración se lo lleva la *FM*, con un 4,94 cita por documento, en segundo lugar la *FC* (4,46) y, por último la *EF* con un 4,01.

La Figura 31 muestra el promedio de citas por cada patrón de colaboración por clase temática. Dentro de las clases ANEP con mejor promedio de citas para los tres patrones de colaboración, se encuentra la clase temática *TIE*, donde el promedio más alto de citas es de 9,6, seguido de *QUI* (6,7), *FIS* con 7,7 y *AGR* (6,9). Es de resaltar que la mayoría de la producción científica de la Facultad de Minas se apunta al área temática con mejor promedio de citas.

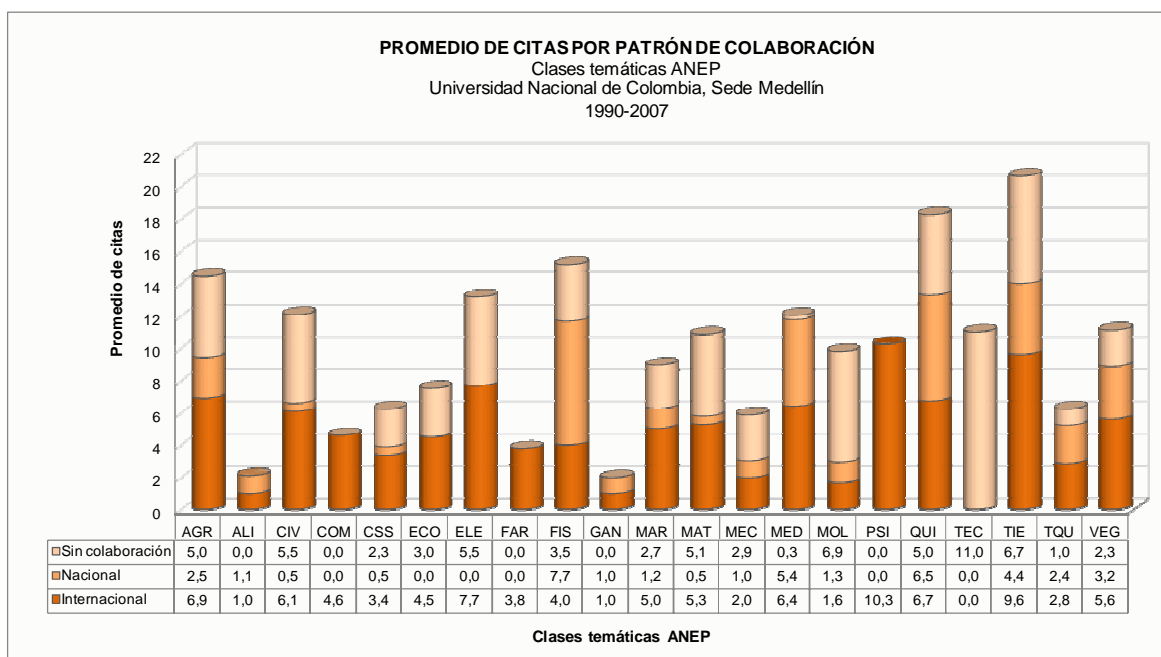


Figura 31. Promedio de citas por patrón de colaboración para las clases temáticas ANEP. 1990-2007

4.1.4.3 Colaboración por países

El país con el que existe una mayor colaboración, (Tabla 14) es *USA*, que aparece como firmante en 142 trabajos y obtiene 790 citas, para un promedio de 5,6 citas por

documento. España es el segundo país que más colabora en la producción científica de la UNALMED, con 70 documentos, que han sido citados 294 veces, para un promedio de 4,2. Con el país a nivel latinoamericano que más se producen documentos en colaboración es Brasil (25 documentos), que han sido citados 74 veces, para un promedio de tres citas por documento; mas, sin embargo; a pesar de que la producción es menor con Uruguay (1) y Venezuela (8), es con estos países que se logra más visibilidad (19 y 6 citas por documento respectivamente).

Tabla 14. N° de documentos colaborados distribuidos por país con el número y promedio de citas alcanzadas con cada uno de ellos

| País | Ndoc | Citas | Pcit. | País | Ndoc | Citas | Pcit. |
|------------|-----------|-------|------------|--------------|------------|-------------|------------|
| ARGENTINA | 19 | 58 | 3,1 | KUWAIT | 1 | 0 | 0 |
| AUSTRIA | 1 | 1 | 1,0 | MEXICO | 7 | 29 | 4,1 |
| BELGIUM | 4 | 9 | 2,3 | NETHERLANDS | 10 | 70 | 7,0 |
| BRAZIL | 25 | 74 | 3,0 | NICARAGUA | 1 | 0 | 0,0 |
| CANADA | 15 | 39 | 2,6 | PERU | 2 | 11 | 5,5 |
| CHILE | 10 | 24 | 2,4 | POLAND | 8 | 10 | 1,3 |
| COSTA RICA | 5 | 5 | 1,0 | PORTUGAL | 2 | 0 | 0,0 |
| CUBA | 9 | 38 | 4,2 | SCOTLAND | 1 | 0 | 0,0 |
| DENMARK | 2 | 9 | 4,5 | SOUTH AFRICA | 1 | 1 | 1,0 |
| ECUADOR | 1 | 0 | 0,0 | SPAIN | 70 | 294 | 4,2 |
| ENGLAND | 17 | 116 | 6,8 | SWEDEN | 3 | 0 | 0,0 |
| FINLANDIA | 1 | 0 | 0,0 | SWITZERLAND | 2 | 11 | 5,5 |
| FRANCE | 9 | 43 | 4,8 | UKRAINE | 1 | 0 | 0,0 |
| GERMANY | 10 | 16 | 1,6 | URUGUAY | 1 | 19 | 19 |
| ISRAEL | 1 | 9 | 9,0 | USA | 142 | 790 | 5,6 |
| ITALY | 19 | 77 | 4,1 | VENEZUELA | 8 | 48 | 6,0 |
| JAPAN | 1 | 1 | 1,0 | TOTAL | 409 | 1802 | 4,4 |

Con Israel, Netherlands e England la producción es menor, pero el impacto es mayor, se obtienen 9,0, 7,0 y 6,8 citas por documento respectivamente. En la representación de la red egocéntrica para la estructura de colaboración por países Figura 32 se evidencia, por el tamaño de los nodos, que es con USA y España con los que más documentos se colabora. A su vez es con estos mismos países, además de England, con los que se obtiene el mayor número de citas según la intensidad de la línea que los conecta. Con Uruguay e Israel, por el color rojo, es con los que se ha obtenido el mejor promedio de citas.

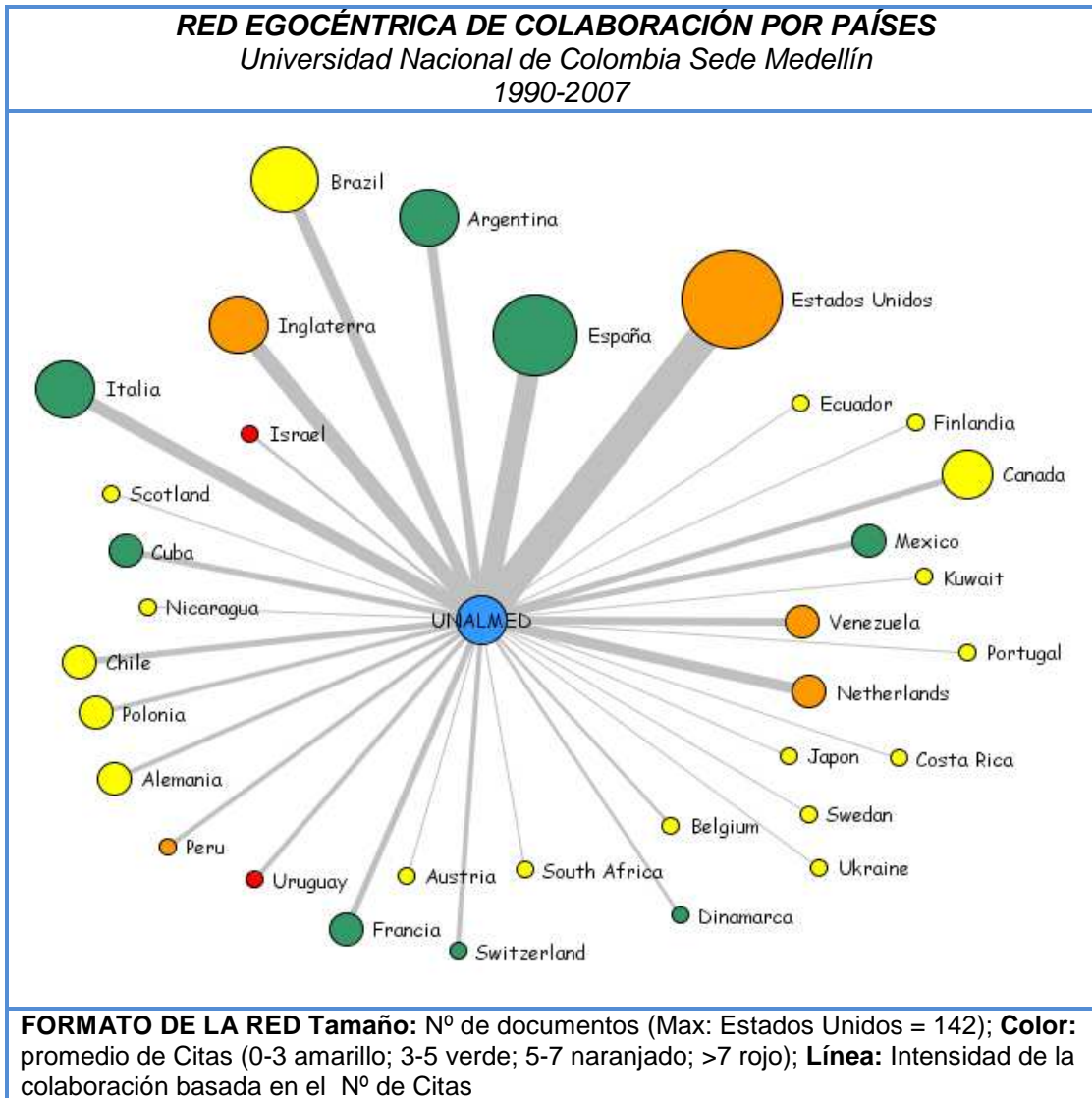


Figura 32. Red egocéntrica de colaboración por países para la UNALMED 1990-2007

En cuanto a la colaboración a nivel nacional el 87% se realiza con instituciones ubicadas en las ciudades de Medellín, Bogotá y Bucaramanga (Tabla 15), con las cuales se ha firmado un total de 162 documentos con promedios de 3,8 y 3.7 citas para los documentos firmados con Medellín, y Bogotá respectivamente, y de 2,2 para los documentos firmados con Bucaramanga.

Tabla 15. Número de documentos colaborados distribuidos por ciudades con el número y promedio de citas

| CIUDAD | Ndoc | Citas | Pcit. | CIUDAD | Ndoc | Citas | Pcit. |
|-------------|------|-------|-------|-----------|------|-------|-------|
| BOGOTA | 20 | 74 | 3,7 | MONTERIA | 2 | 16 | 8,0 |
| BUCARAMANGA | 14 | 31 | 2,2 | PALMIRA | 1 | 0 | 0,0 |
| CALDAS | 4 | 16 | 4,0 | PAMPLONA | 2 | 7 | 3,5 |
| CALI | 10 | 86 | 8,6 | PASTO | 1 | 28 | 28,0 |
| IBAGUE | 1 | 4 | 4,0 | POPAYAN | 1 | 0 | 0,0 |
| MANIZALES | 1 | 0 | 0,0 | SINCELEJO | 1 | 1 | 1,0 |
| MEDELLIN | 128 | 482 | 3,8 | TOTAL | 186 | 745 | 4,01 |

4.1.4.4 Colaboración institucional

La UNALMED ha colaborado con un total de 258 instituciones (Tabla 16) que suman 595 colaboraciones diferentes. La mayor parte de las instituciones son de Estados Unidos (55, 21,3%) y España (34, 13,2%).

Tabla 16. Número de instituciones colaboradoras distribuidas por países para la UNALMED. 1990-2007

| País | Nº INST. | % | País | Nº INST. | % |
|------------|----------|------|--------------|----------|-------|
| ARGENTINA | 9 | 3,5 | JAPAN | 1 | 0,4 |
| AUSTRIA | 1 | 0,4 | KUWAIT | 1 | 0,4 |
| BELGIUM | 4 | 1,6 | MÉXICO | 5 | 1,9 |
| BRAZIL | 16 | 6,2 | NETHERLANDS | 7 | 2,7 |
| CANADA | 4 | 1,6 | NICARAGUA | 1 | 0,4 |
| CHILE | 7 | 2,7 | PERÚ | 2 | 0,8 |
| COLOMBIA | 47 | 18,2 | POLAND | 3 | 1,2 |
| COSTA RICA | 3 | 1,2 | PORTUGAL | 2 | 0,8 |
| CUBA | 3 | 1,2 | SCOTLAND | 1 | 0,4 |
| DENMARK | 1 | 0,4 | SOUTH AFRICA | 1 | 0,4 |
| ECUADOR | 1 | 0,4 | SPAIN | 34 | 13,2 |
| ENGLAND | 13 | 5,0 | SWEDEN | 3 | 1,2 |
| FINLANDIA | 1 | 0,4 | SWITZERLAND | 2 | 0,8 |
| FRANCE | 7 | 2,7 | UKRAINE | 1 | 0,4 |
| GERMANY | 7 | 2,7 | URUGUAY | 1 | 0,4 |
| ISRAEL | 1 | 0,4 | USA | 55 | 21,3 |
| ITALY | 10 | 3,9 | VENEZUELA | 3 | 1,2 |
| | | | TOTAL | 258 | 100,0 |

En la tabla 17 y figuras 33 y 34 se pueden observar aquellas instituciones tanto a nivel internacional como nacional con las que se ha colaborado más de tres veces y el promedio de citas logrados con las mismas. A nivel internacional figuran en primer lugar dos instituciones de USA: *Eastern State Hospital* y la *University Kentucky*, que firman 20 y

19 documentos, sin embargo el mayor impacto se ha obtenido con instituciones con las que se han firmado un menor número de documentos, como es tres con la *University N Texas* y cinco con la *University Colorado* para una citación de 20,7 y 16,4 por documento, respectivamente. La colaboración con la totalidad de instituciones de USA (94) es la que mayor impacto ha generado de la colaboración internacional, con un promedio de seis citas por documento, seguido de Italia (6) con un promedio de 4,8 citas. Con España, a pesar de que la colaboración ha sido más alta (36 veces), sólo se ha obtenido un promedio de citas de 3,8.

Tabla 17. Número de documentos colaborados distribuidos por instituciones internacionales y nacionales con el número y promedio de citas con cada una de ellas.

| Instituciones Internacionales | Doc. >3 | Citas | Pcit. | Instituciones Internacionales | Doc. >3 | Citas | Pcit. |
|----------------------------------|-----------|-------|------------|-------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Arthur P Noyes Res Fdn | 7 | 28 | 4,0 | Univ Colorado | 5 | 82 | <u>16,4</u> |
| CNRS | 3 | 0 | 0,0 | Univ Costa Rica | 3 | 3 | 1,0 |
| CSIC, Inst Quim Fis Rocasolano | <u>13</u> | 55 | 4,2 | Univ Estadual Paulista | 3 | 5 | 1,7 |
| CSIC, Inst Ceram & Vidrio | 5 | 33 | 6,6 | Univ Granada | 9 | 42 | 4,7 |
| Ctr Invest Opt | 3 | 2 | 0,7 | Univ Hawaii Manoa | 5 | 10 | 2,0 |
| Dalhousie Univ | 11 | 36 | 3,3 | Univ Kentucky | <u>19</u> | 83 | 4,4 |
| Eastern State Hosp | <u>20</u> | 150 | <u>7,5</u> | Univ Leon | 3 | 2 | 0,7 |
| Inst Appl Opt | 3 | 3 | 1,0 | Univ N Texas | 3 | 62 | <u>20,7</u> |
| Inst Cibernet Matemat & Fis | 7 | 38 | 5,4 | Univ Nacl La Plata | 5 | 12 | 2,4 |
| Inst Venezolano Invest Cient | 5 | 32 | 6,4 | Univ Nacl Mar del Plata | 4 | 40 | <u>10,0</u> |
| Nathan S Kline Inst Psychiat Res | 5 | 27 | 5,4 | Univ Penn | 7 | 28 | 4,0 |
| NYU | 5 | 27 | 5,4 | Univ Sao Paulo | 7 | 46 | 6,6 |
| Oregon State Univ | 4 | 7 | 1,8 | Univ So Calif | 6 | 28 | 4,7 |
| Univ Bologna | 6 | 29 | 4,8 | Univ Texas | 3 | 2 | 0,7 |
| Univ Chile | 4 | 18 | 4,5 | Univ Valencia | 3 | 4 | 1,3 |
| Univ Cincinnati | 5 | 32 | 6,4 | Warsaw Univ Technol | 3 | 4 | 1,3 |
| | | | | Total Internacional | 194 | 970 | 5,0 |
| Instituciones Nacionales | Doc. >3 | Citas | Pcit. | Instituciones Nacionales | Doc. >3 | Citas | Pcit. |
| CES Univ | 5 | 2 | 0,4 | Univ Ind Santander | 13 | 28 | 2,2 |
| Corp Invest Biol | <u>17</u> | 93 | <u>5,5</u> | Univ Pontificia Bolivariana | 8 | 17 | 2,1 |
| Escuela Ingn Antioquia | 4 | 13 | 3,3 | Univ Pamplona | 3 | 2 | 0,7 |
| Univ Antioquia | <u>68</u> | 336 | 4,9 | Univ Valle | 8 | 86 | <u>10,8</u> |
| Univ EAFIT | 6 | 7 | 1,2 | Total Nacional | 132 | 584 | 4,4 |
| | | | | Total | 326 | 1554 | 4,8 |

A nivel de Latinoamérica, las tabla 17 y figura 33 con la institución que se ha logrado mayor impacto es con *Universidad Nacional Mar del Plata* con la que se ha colaborado en

cuatro oportunidades para un promedio de citas de 10 por documento. A nivel de país, con las instituciones con las que mayor impacto se obtiene son las venezolanas (6,4), cubanas (5.4) y brasileñas (5,1) citas por documento.

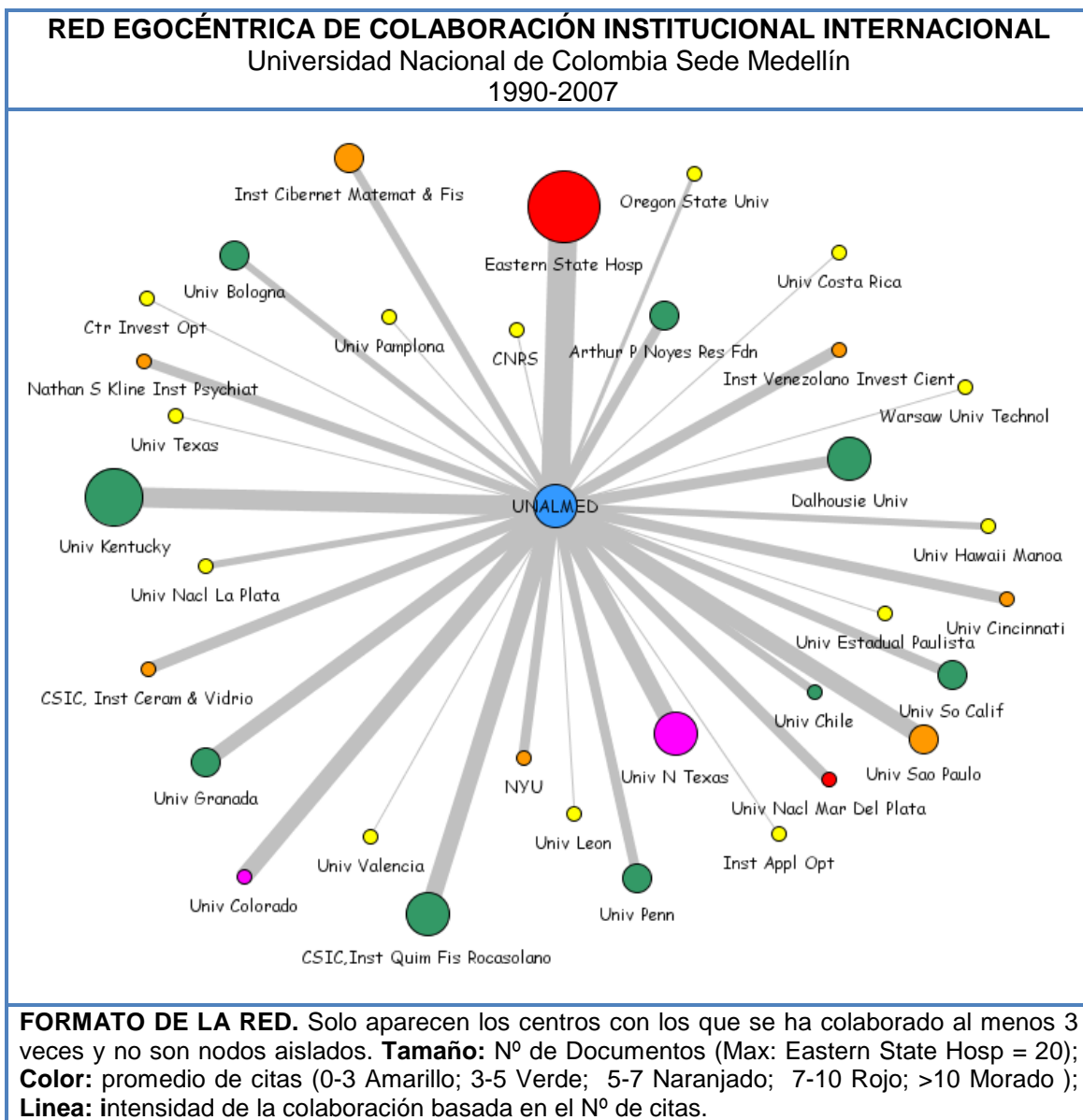


Figura 33. Red egocéntrica de colaboración institucional internacional para la UNALMED 1990-2007

La institución a nivel nacional con las que se ha firmado el mayor número de documentos (Tabla 17 y Figura 34), es la *Universidad de Antioquia*, con la que se han firmado 68 documentos y en segundo lugar aparece la *Corporación Investigaciones Biológicas*, calificada por COLCIENCIAS como un Centro de Excelencia. Con esta institución se han

firmado 17 documentos con un promedio de citas de 5,5 por documento. El segundo a nivel nacional, ya que el mayor impacto se ha generado con documentos firmados con la Universidad del Valle que, con ocho documentos, tiene un promedio de citas de 10,8. Los documentos firmados por todas las instituciones colombianas, con la colaboración de más de tres veces, suman 132, para un promedio de citas de 4,4 por documento.

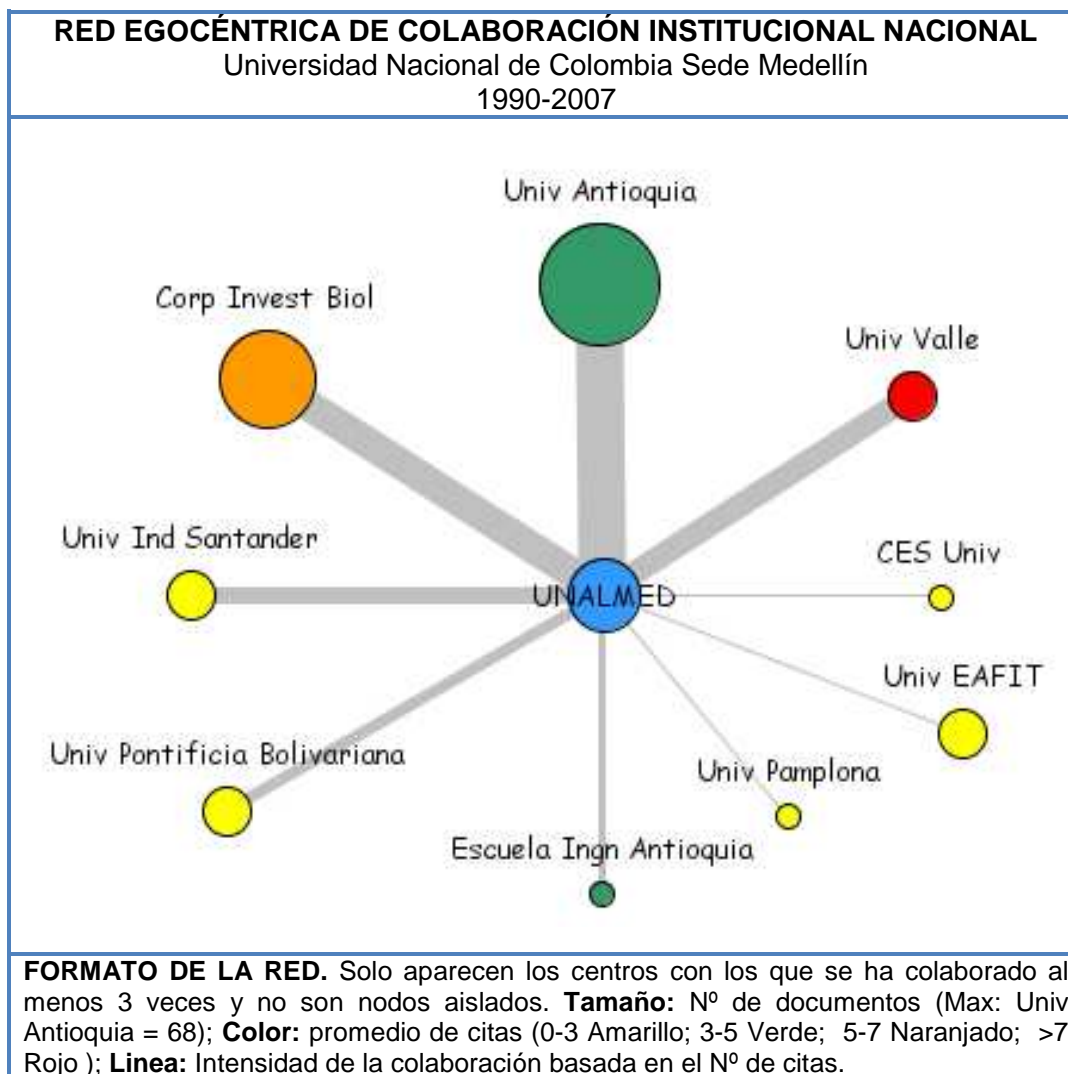


Figura 34. Red egocéntrica de colaboración institucional nacional para la UNALMED 1990-2007

Las dos redes egocéntricas principales de colaboración institucional, red internacional y nacional, en las que participa la UNALMED son mostradas en las figuras 33 y 34. La red de carácter internacional (Figura 33) está conformada por 33 instituciones; con todas ellas se han firmado un mínimo de tres documentos y donde se destaca, por el tamaño del

nodo, que el mayor número de documentos y de citas (intensidad de la línea) se han firmado con el *Eastern State Hospital*; mas, sin embargo, es con la *University de Texas* y de *Colorado*, por el color fucsia, con las que mejor promedio de citas se obtiene, (>10). La red institucional nacional (Figura 34) está conformada por nueve instituciones con las que se han firmado más de tres documentos. Con las que mayor colaboración se ha tenido es con la Universidad de Antioquia y la Corporación de Investigaciones Biológicas, pero el mayor número de citas se ha obtenido con la Universidad del Valle (> 7)

4.2 ASPECTOS CUALITATIVOS SOBRE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA: INDICADORES BASADOS EN EL FACTOR DE IMPACTO (FI)

La visibilidad e impacto de la producción científica de la UNALMED se ha medido en este estudio desde dos perspectivas: por un lado se analizó la visibilidad de la producción, entendiendo visibilidad como citas recibidas por los documentos y atendiendo fundamentalmente a las citas registradas en las bases de datos *ISI* para cada uno de ellos, las que se analizaron conjuntamente con los indicadores de colaboración en el ítem anterior. En este apartado se analiza el impacto de la producción científica de la UNALMED, se estudiará el impacto de las publicaciones donde escriben los docentes, utilizando para ello el *Factor de Impacto FI*, dado por la base de datos *ISI Journal Citation Report* y la metodología propuesta por el *Grupo SCImago*, complementando esta información con la distribución por cuartiles.

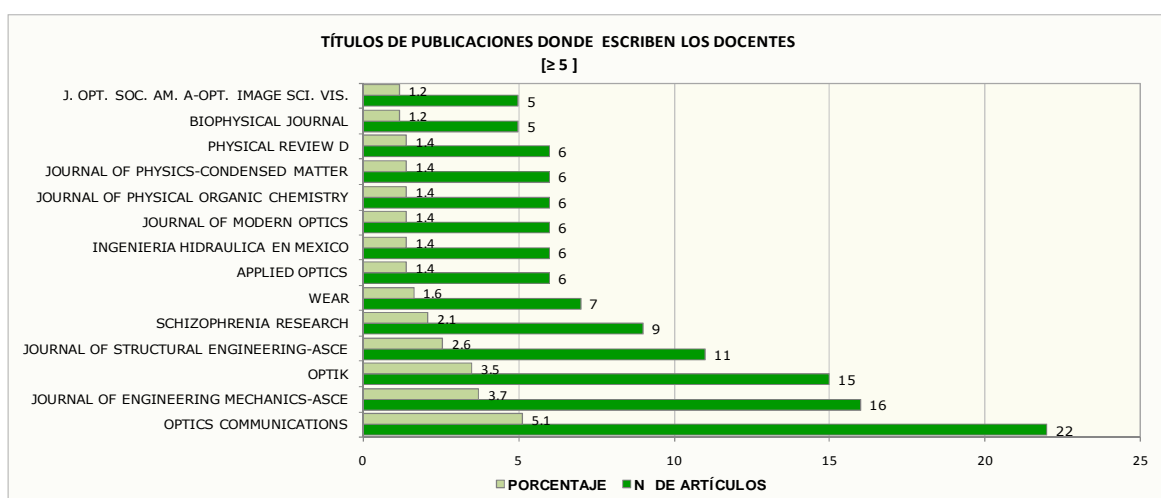


Figura 35. Número de documentos publicados (≥ 5) en los diferente títulos de revista

La Figura 35 muestra los títulos de las revistas donde publican los docentes. El 13.8% de la producción de la FC se publica en revistas del área temática de óptica: *Optics Communication* (22) y *Optick* (15). La FM publica sus artículos en *Journal of Engineering Mechanics ASCE* (16) y *Journal of Engineering of Structural* (11) que equivale al 22,13% de su producción total.

4.2.1 Indicadores para el Factor de Impacto Normalizado – FIN para la UNALMED y unidades académicas analizadas (FM, FC, FC-EF)

Para comprobar si la producción de la UNALMED se publica en revistas con un factor de impacto alto, se calcula el *Factor de Impacto Normalizado FIN* promedio de las revistas para cada año analizado, obteniendo así un *FIN* promedio anual. Los datos obtenidos se muestran en la Figura 36, donde se ha marcado el valor de la media (1) para observar con más claridad si los valores de la UNALMED se sitúan por encima o por debajo de ésta.

Como se puede observar en la Figura 36, promediando el *FIN* de todas las revistas donde ha publicado la UNALMED por años, se puede decir que la producción en los años 2003-2007 ha sido difundida en revistas con un FI superior a la media, pudiéndose llegar a deducir que, en general, en los últimos años los docentes de la UNALMED publican en revistas con un alto impacto.

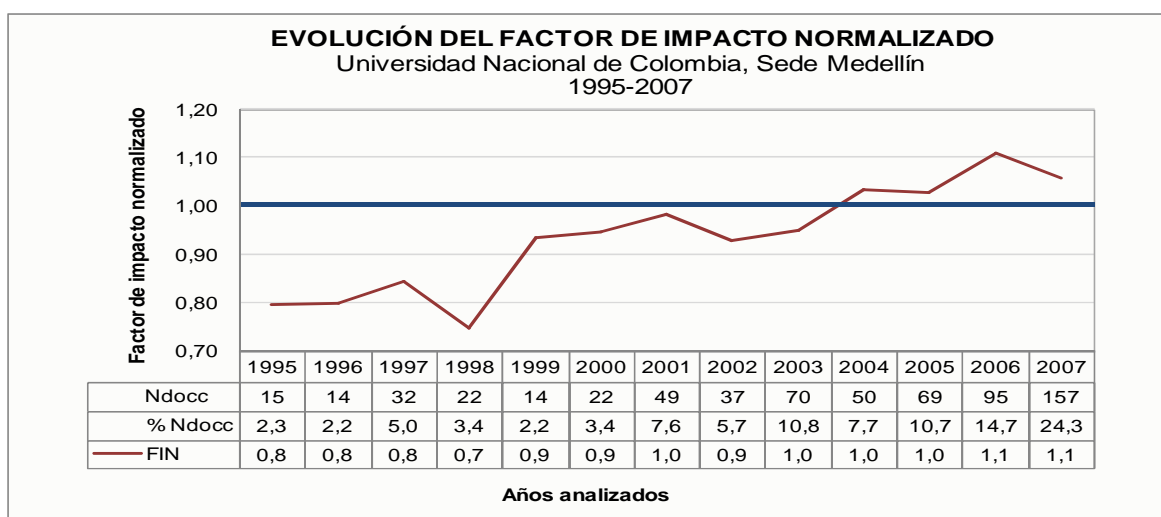


Figura 36. Evolución del Factor de Impacto Normalizado 1995-2007 para la UNALMED

Hay que resaltar que en los años 1999 al 2002 la producción científica se ha publicado en revistas con un factor de impacto muy cercano a la media. En general, a través de los años, la publicación en revistas de alto impacto ha ido en ascenso y ha pasado a tener un *FIN* de 0,8 en 1995 a un *FIN* de 1,1 en 2007. Sin embargo en este último año se nota un descenso con respecto al 2006

El *FIN* para las clases temáticas de la UNALMED se muestra en la Figura 37. Dentro de las clases temáticas con un *FIN* superior a 1 y con un 5% aproximado de la producción se encuentran las clases temáticas *VEG* (1,072), *TIE* (1,052), *MED* (1,049) y *CIV* (1,030) respectivamente, lo que significa que los docentes que escriben en revistas adscritas a estas categorías alcanzan un mayor impacto. Es de resaltar que la mayor producción de la UNALMED está adscrita a la categoría *FIS* (0,98). Sin embargo esta categoría no alcanza un *FIN* > 1. Existen clases temáticas como *PIS* (1,71), *HIS* (1,25) y *TEC* (1,56) que tienen muy poca producción científica (*PSI* (4), *HIS* y *TEC* un documento) pero han publicado en revistas que tiene un *FIN* > 1.

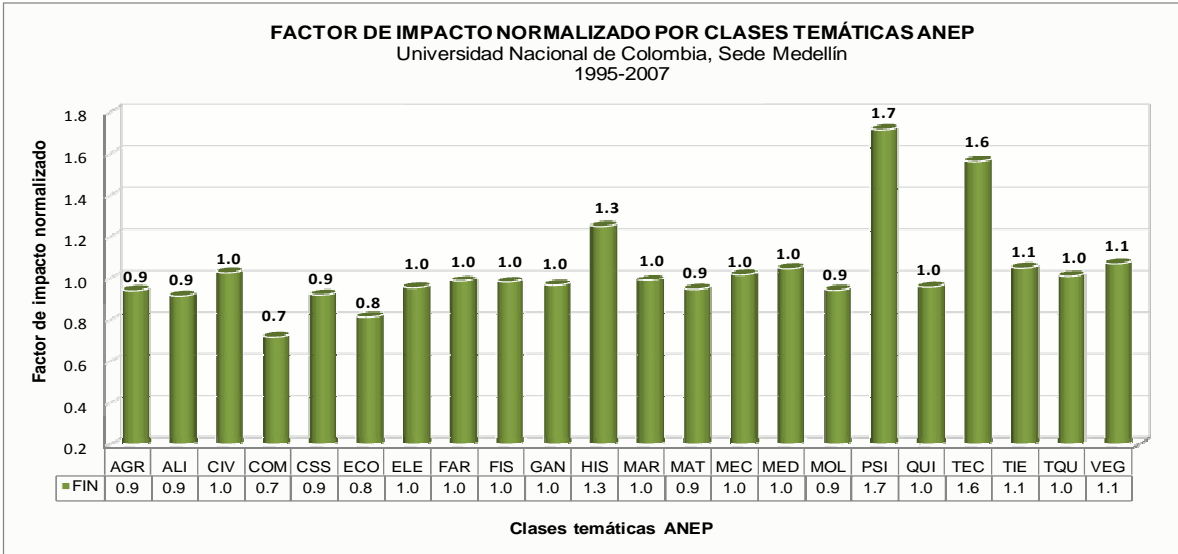


Figura 37. Factor Impacto Normalizado de los documentos por clase ANEP para la UNALMED

La evolución del *FIN* para la *FC* se puede observar en Figura 38, el cual ha pasado en 1995 de 0,79 a 1,03 en el 2007, manteniendo en los últimos años (2004 a 2007) un *FIN*

superior a la media. Aproximadamente el 58% de la publicación científica de la FC es publicada en revista con $FIN > 1$.

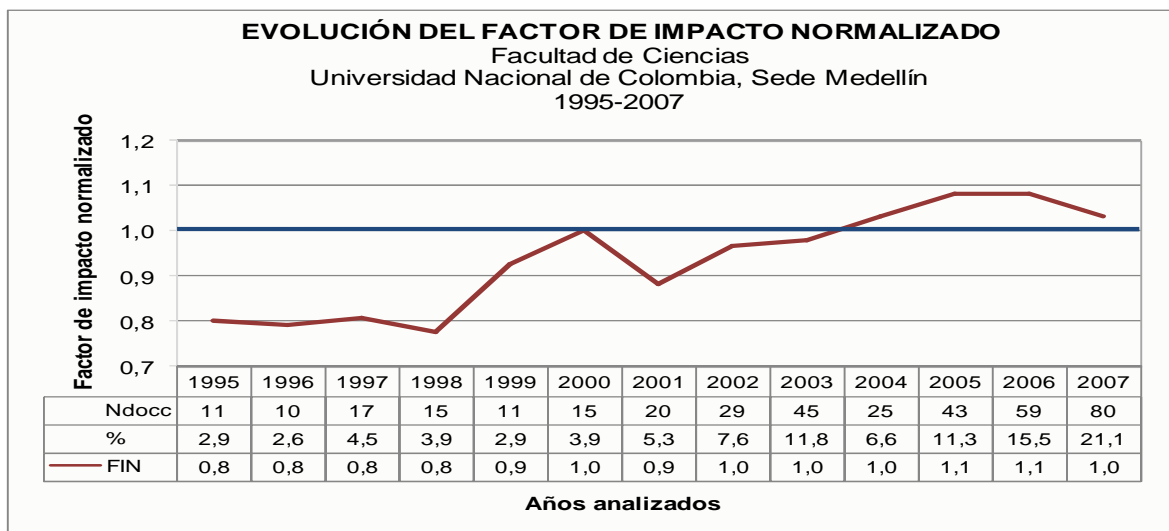


Figura 38. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la FC (1995-2007)

La EF (Figura 39) logró publicar en revistas con un $FIN > 1$ el 46,9% de su producción científica. En los años 2004 al 2006 logró mantener un FIN superior a la media, obteniendo el mayor FIN en el 2006 (1,10). Es de resaltar la caída en el 2007 a un valor inferior a 1 (0,92), lo que significa que sus publicaciones en el último año fueron publicadas en revistas con un factor de impacto menor.

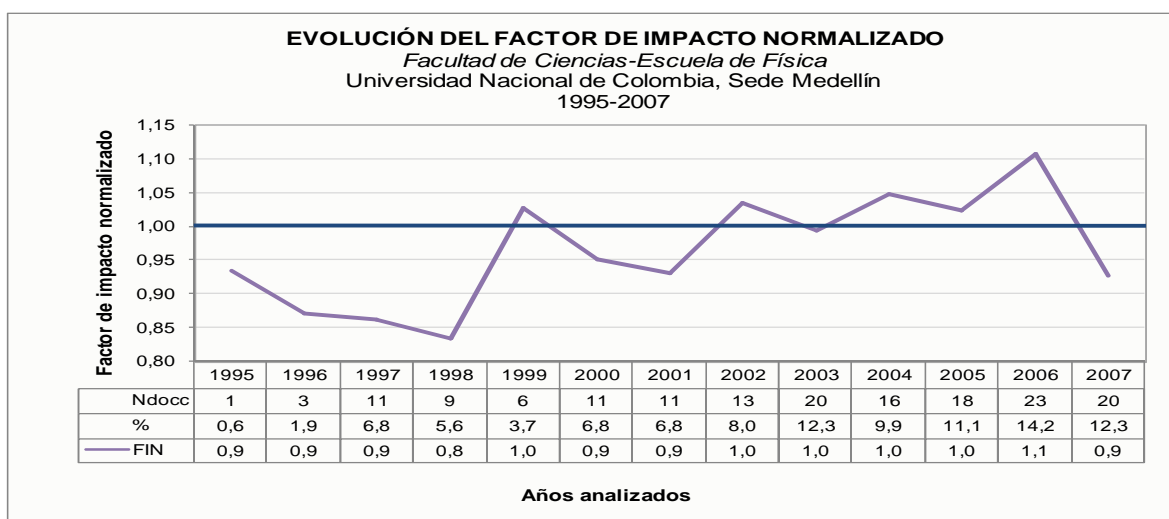


Figura 39. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la EF (1995-2007)

Al analizar las publicaciones de la *FM* (Figura 40) promediando el *FIN* de todas las revistas donde ha publicado la *FM* por años, se puede decir que más del 68,20 % de la producción ha sido difundida en revistas con un factor de impacto superior a la media. Se resalta que del 2003 al 2007, exceptuando el 2005, ha mantenido un *FIN* superior a la media (1) y, en general, su *FIN* en los años estudiados ha sido muy estable (entre 0,80 y uno) sólo en 1998 su *FIN* llegó a ser el más bajo (0,63).

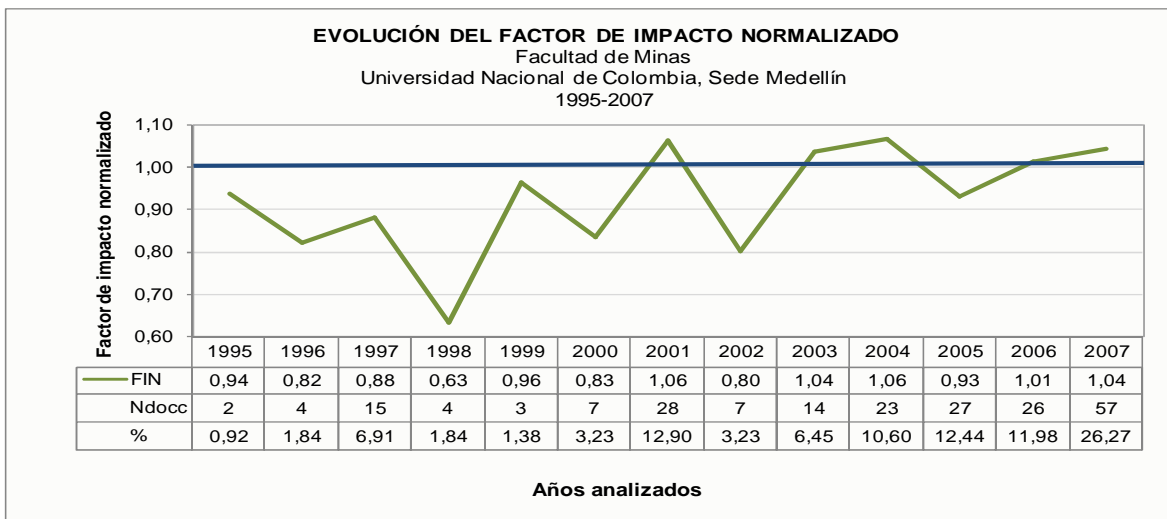


Figura 40. Evolución del Factor Impacto Normalizado de la FM (1995-2007)

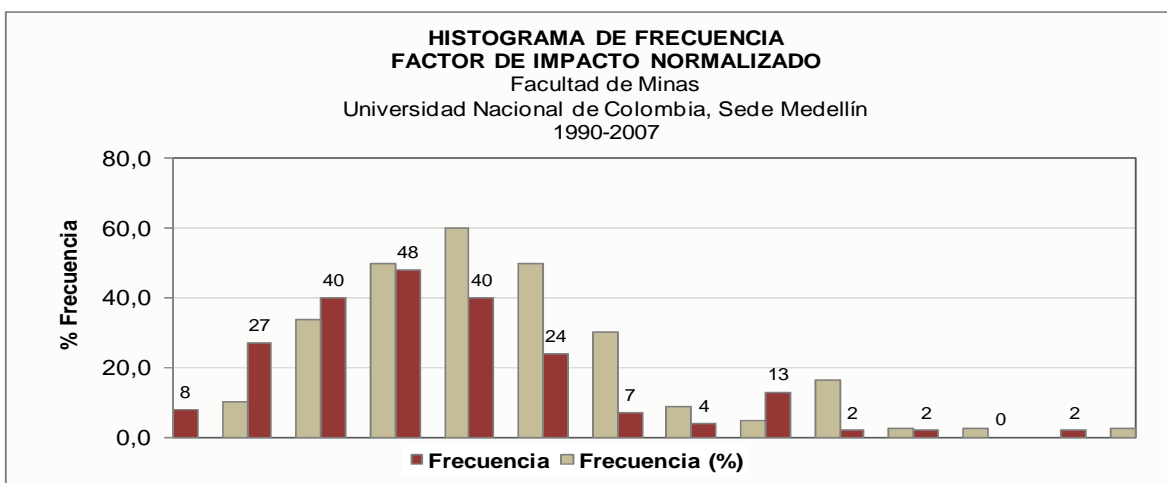


Figura 41. Histograma de frecuencia del Factor Impacto Normalizado de la FM

Sin embargo, si se presenta en un histograma de frecuencias agrupadas (Figura 41) los valores del *FIN* de todos los años, se observa que más de la mitad de los trabajos (56,68%) han sido publicados en revistas con un *FIN* inferior a la media. Los valores obtenidos en la Figura 40 del *FIN* promedio se justifican debido a que hay un trabajo publicado en la revista *Nature* en el 2006. Esta revista tiene un *FI* de 26,68, hecho que eleva el valor del promedio anual.

El *FIN* de documentos por Clase ANEP para unidades académicas analizadas (*FC*, *FM* y *FC-EF*) se muestra en la Figura 42

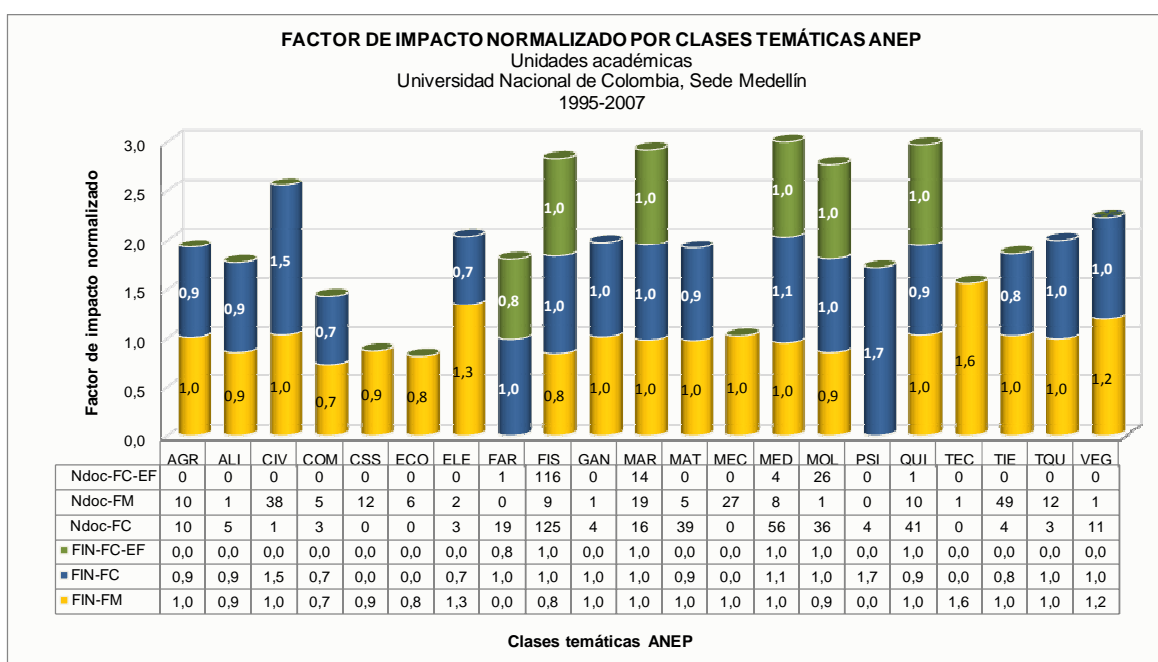


Figura 42. Factor Impacto Normalizado de los documentos por clase ANEP para la FC, FM y FC-EF

La *FC*, aparte de publicar con muchas áreas temáticas diferentes a su especialidad, con estas áreas obtiene sus más altos *FIN*, en especial en las de la salud como *MED* (1,07) y *PSI* (1,71). Con *CIV* (1,5) publicó sólo un documento pero en una revista con un *FI* alto. La *EF* presenta esta misma característica al difundir sus publicaciones en revistas con un factor de impacto alto en el área de la salud *MED* (1,01) e igualmente en al área de *QUI* (1,02).

La *FM* pública en áreas muy consecuentes con sus especialidades temáticas, como las ingenierías, y en la mayoría de ellas, en las que tiene una producción de más del 10%, obtiene un *FIN* > 1: *CIV* y *QUI* (1,03), *TIE* y *MEC* (1,02). En otras clases temáticas, como *ELE* (1,34), *VEG* (1,19), no ha publicado mucho, pero si lo ha hecho en revistas con *FI* alto.

4.2.2 Distribución de la producción de la UNALMED por cuartiles

Para complementar el análisis del *FIN* se han jerarquizado las revistas donde publican los docentes por cuartiles, en función del lugar que ocupe de acuerdo con el *Factor de Impacto (FI)* dado en la base de datos *JCR*, dividiendo los *FI* en cuatro partes iguales. Se hablará del “1er Cuartil” cuando la revista esté entre el 25% de revistas con mayor *FI*, de “2do Cuartil” cuando se encuentre entre el 25 y el 50%, y así sucesivamente.

La distribución de la producción anual de la UNALMED en función de los cuartiles a los que pertenece, según el *FI* de la revista en que se publica, se presenta en la Figura 43..

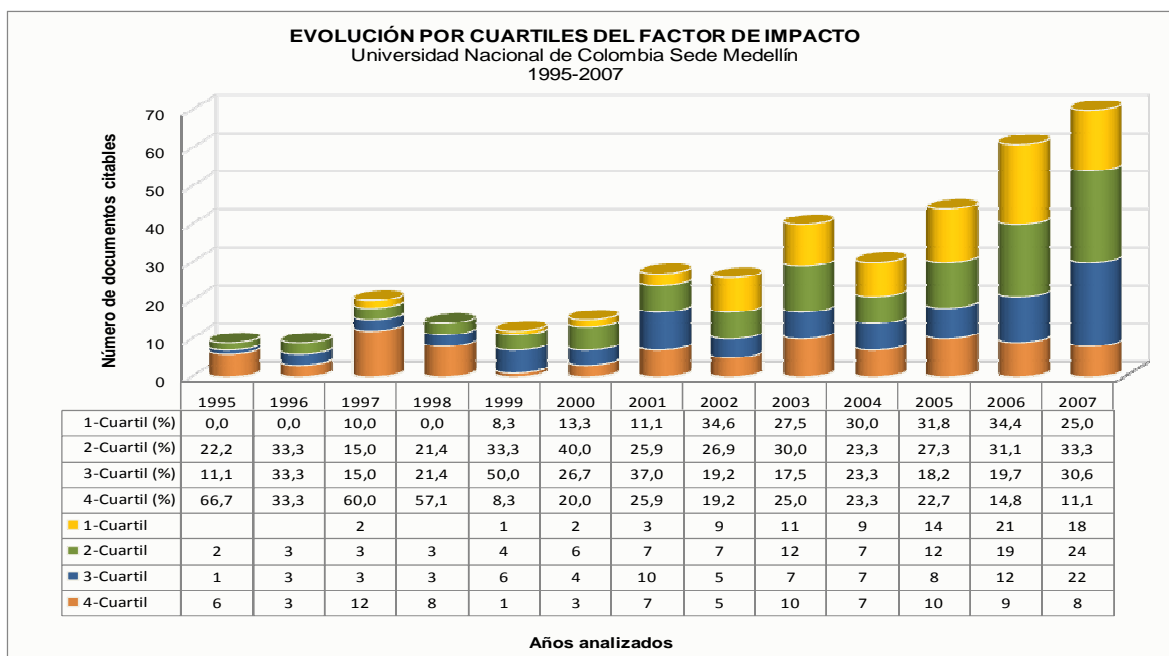


Figura 43. Número de documentos citables por cuartil para la UNALMED. Evolución anual

Se puede observar que la producción de documentos en revistas indexadas internacionalmente a través de los años ha ido en aumento, pasando de nueve (2,4%) documentos en 1995 a 72 (19,0 %) en el 2007. Paralelamente se ha publicado en revistas con un mayor *FI*, pasando de no publicar ningún documento en 1995 en el *1er cuartil* a publicar 21 en el 2006 y 18 en el 2007. Se puede concluir que la cantidad y la calidad (medida por el *FI*) han evolucionado en la UNALMED en el periodo analizado. Cabe resaltar, como se puede observar en la Figura 43, que en el 2007 se ve un leve descenso de artículos publicados en revistas del *1er cuartil*

La Figura 44 muestra el porcentaje de documentos que la UNALMED publica en cada uno de los cuartiles durante el periodo análisis. Se observa que la mayor proporción de documentos publicados por la UNALMED (28,76%) se publica en el 2nd cuartil; es decir, en revistas que se encuentran entre el 50% de mayor *FI*. El porcentaje de los otros cuartiles es muy similar (1er cuartil: 23,74%, 3er cuartil: 24,01% y 4to cuartil: 23,48).

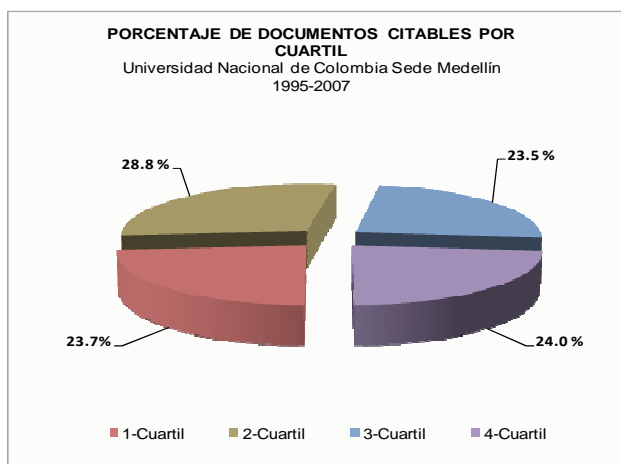


Figura 44. Porcentaje de número de documentos citables por cuartil para la UNALMED

En las Figuras 45, 46 y 47 se muestra la evolución, en el periodo analizado, del número de documentos citables distribuidos por cuartil para las *FC*, *FM* y *FC-EF* respectivamente.

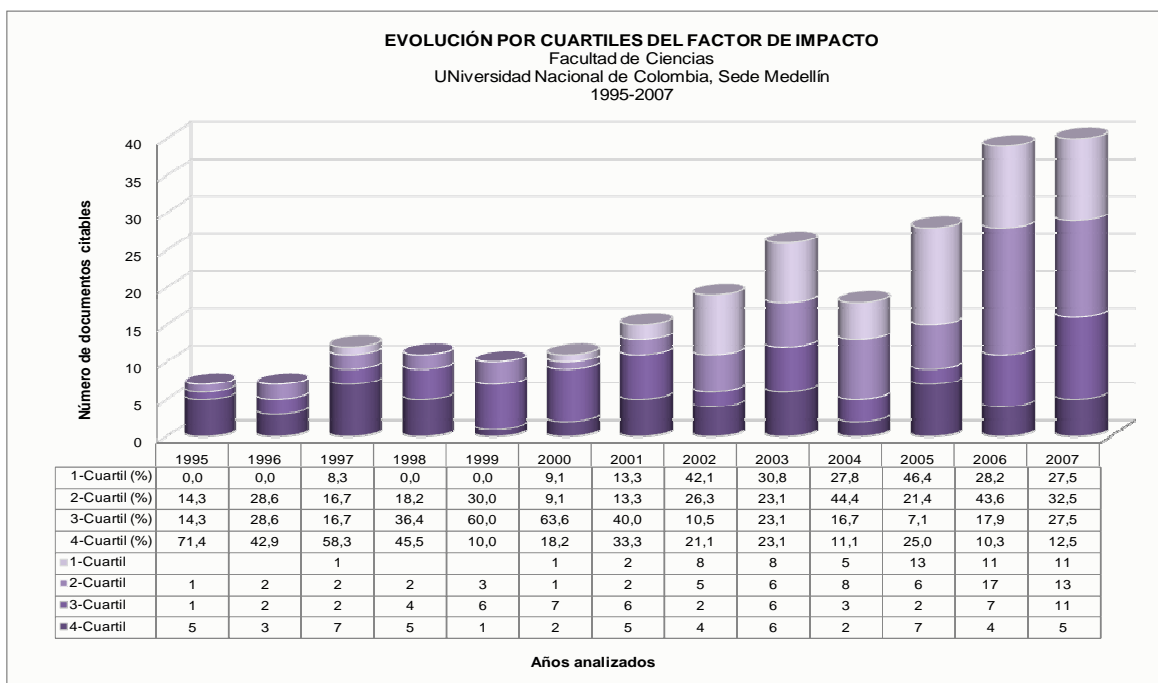


Figura 45. Número de documentos citables por cuartíl para la FC. Evolución anual

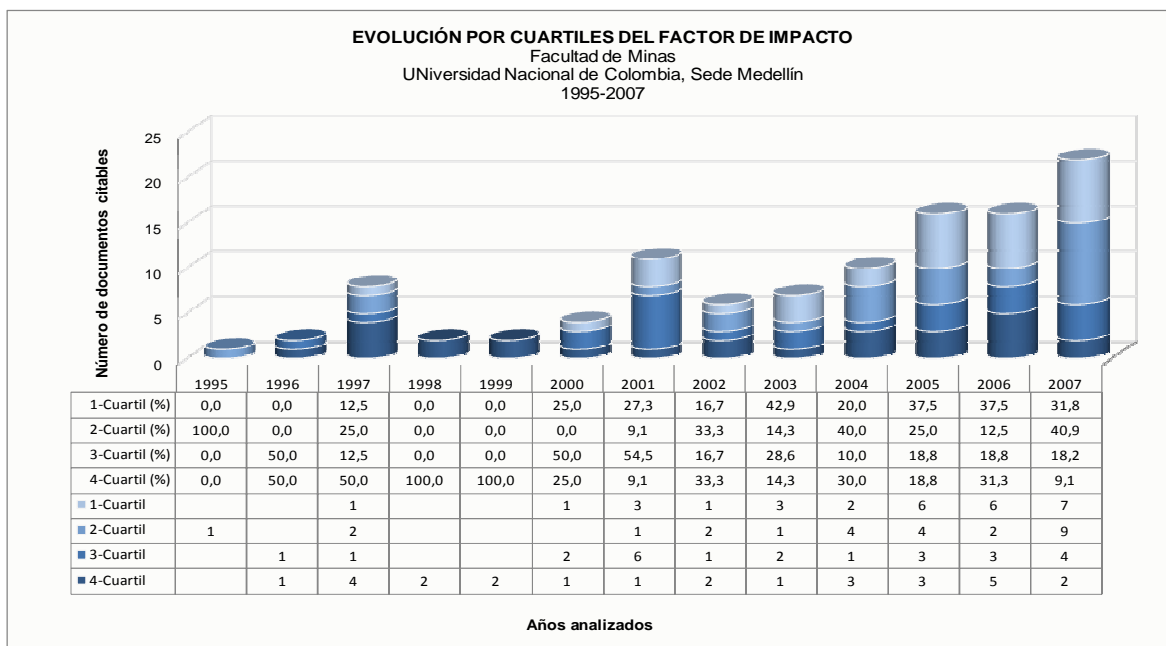


Figura 46. Número de documentos citables por cuartíl para la FM. Evolución anual

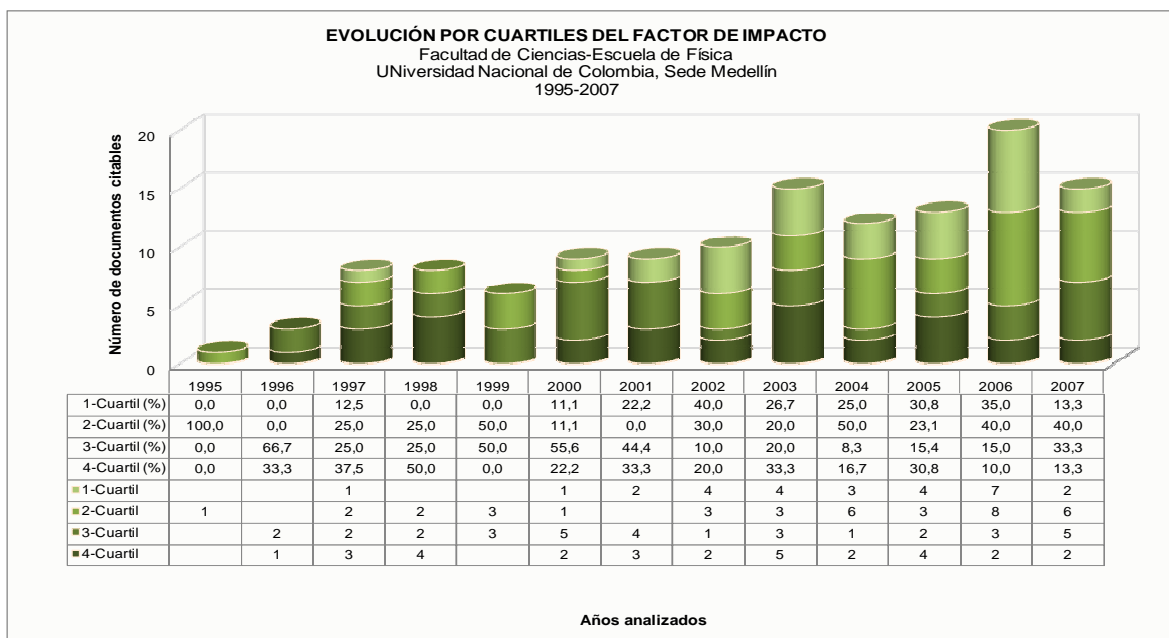


Figura 47. Número de documentos citables por cuartíl para la FC-EF. Evolución anual

El patrón mostrado por las diferentes unidades académicas analizadas es muy similar al de la UNALMED. En 2007 la FM aumenta su producción en el 1er cuartil y pasa de seis documentos en el 2006 a siete en el 2007, la FC se mantiene estable con 11 documentos, mientras que la EF disminuye su producción, en el 1er cuartil, de siete en el 2006 a dos en el 2007. Tanto la FC (33,83%) como la EF (29,45%) tienen el mayor porcentaje de su producción científica en revistas del 2nd cuartíl. La FM tiene su producción entre el 1er (34,09%) y cuarto cuartiles (30,68)

4.2.3 El Potencial Investigador (PI) para la UNALMED y unidades académicas analizadas (FM, FC, FC-EF)

Este indicador representa la capacidad demostrada por la UNALMED y las unidades académicas analizadas, durante un periodo, para hacer visibles internacionalmente los resultados de su investigación. Se calcula a partir de la acumulación de los valores ponderados de los trabajos publicados, teniendo en cuenta el *FIN*. La evolución del potencial investigador para la UNALMED se presenta en la Figura 48, donde es evidente como se ha detectado en este estudio, que la capacidad de la UNALMED para hacer

visible sus publicaciones científicas ha evolucionado positivamente a través de los años y ha pasado de 15,79 en 1995 a 158,05 en el 2007.

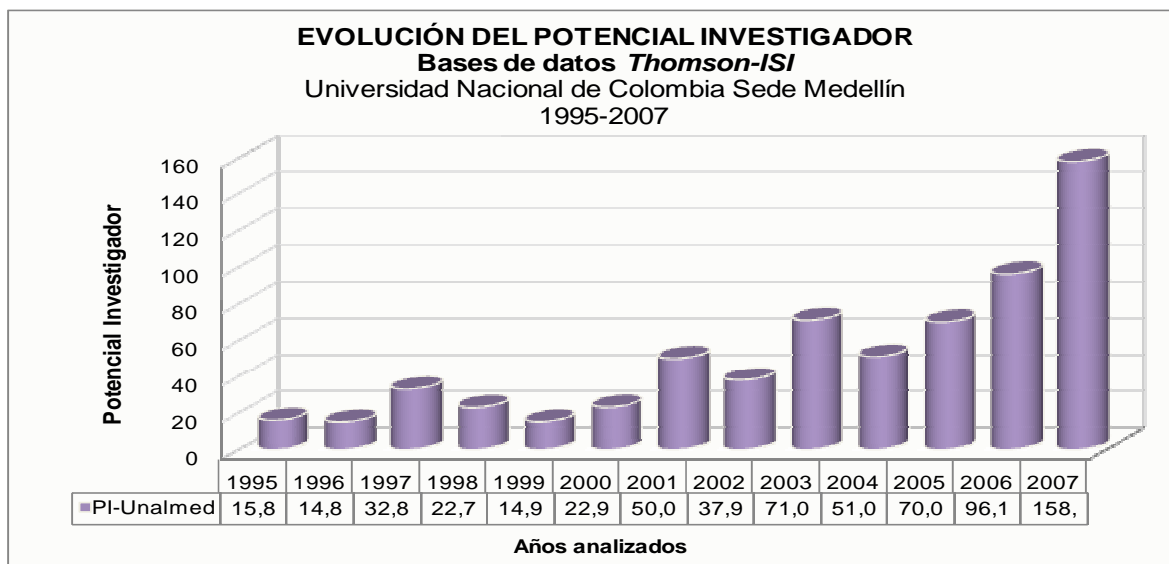


Figura 48. Evolución (1995-2007) del Potencial Investigador de la UNALMED

Con respecto al potencial investigador en las clases temáticas (figura 49) la clase *FIS* (134,98), *MED* (68,04) y *TIE* (59,1) son las que representan un mejor potencial investigador.

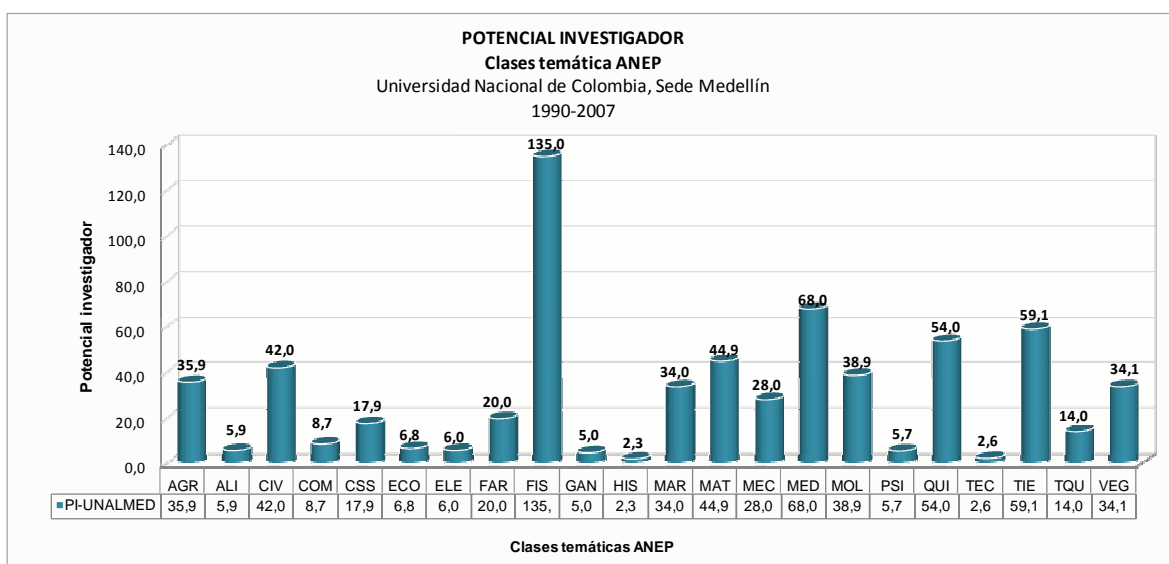


Figura 49. Potencial Investigador de los documentos por clase ANEP para la UNALMED

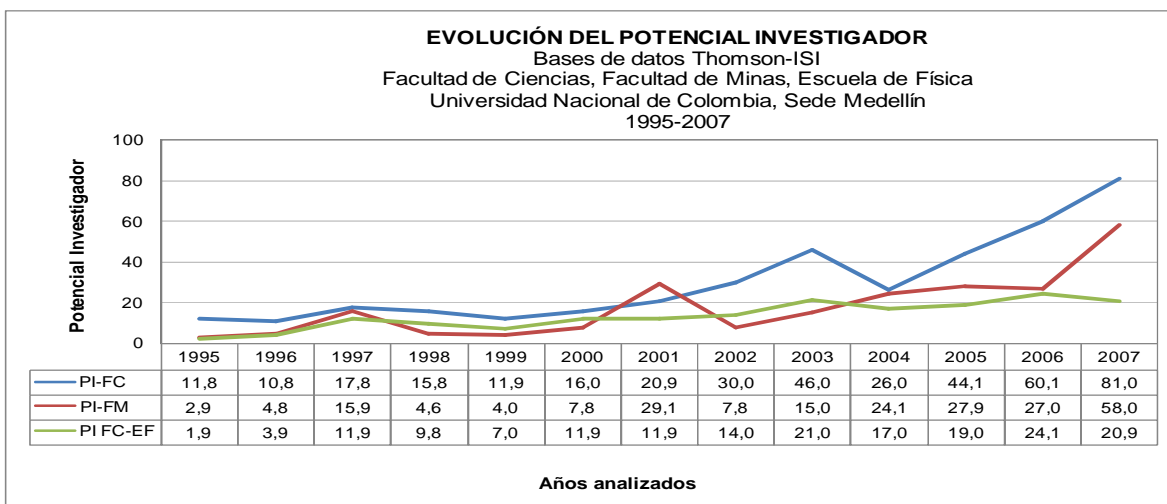


Figura 50. Evolución 1995-2007 del Potencial Investigador de la FC, FM y FC-EF

La evolución del PI para la FC, FM y la FC-EF se muestra en la Figura 50, donde se destaca la FC, que en los últimos años (2005-2007) ha mantenido un PI en ascenso. Cabe destacar el descenso que tuvo en el 2004. La situación para la FM no es diferente. Su PI se ha mantenido estable en los últimos años (2004-2006), se destaca el descenso en el 2002 y el ascenso en el 2007. La FC-EF ha mantenido un PI relativamente estable durante todo el periodo de análisis

El PI de los documentos por clase temática ANEP se presenta en la Figura 51.

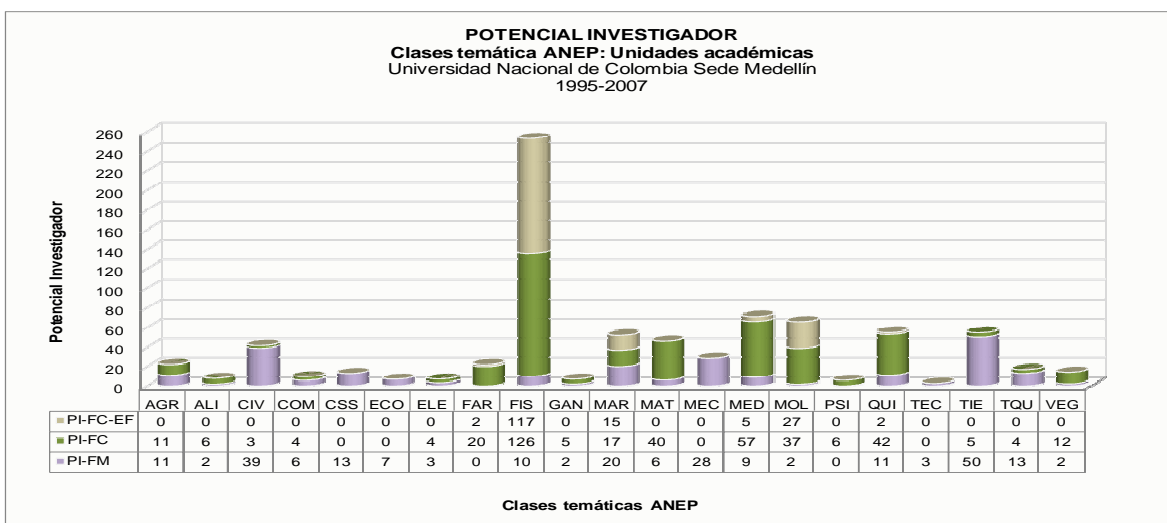


Figura 51. Potencial Investigador de los documentos por clase ANEP para la FC, FM y FC-EF.

Las clases *FIS* (125,99), *MED* (57, 07) y *QUI* (41,91) son las que más se destacan para la *FC*. En la *FM* son las clases *TIE* (50,02), *CIV* (39,03) y *MEC* (28,02) con mayor *PI*, esto es consecuente con la producción de las dos escuelas de la *FM* que tienen mayor número de documentos en las bases de datos *ISI*, como son la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente y la de Ingeniería Civil . Para la *FC-EF* como era de esperarse, el mayor *PI* se lo llevan las clases *FIS* (116,99) y *MOL* (26,96).

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se ha podido efectuar una primera aproximación a la identificación de la producción científica de la UNALMED en las bases de datos ISI para el periodo (1990-2007), que de alguna manera muestran la visibilidad e impacto de ésta dentro de la comunidad científica. La tendencia observada en la UNALMED es que cada vez mayor proporción de su investigación se transmite en revistas *ISI* porque, al contar con unos criterios de calidad, es más valorado posteriormente, y además, los trabajos cuentan con una visibilidad, sólo por el hecho de estar recogidos en estas bases de datos, difícil de alcanzar en otras muchas bases.

Los resultados alcanzados y estudios futuros de cienciometría, pueden convertirse en un referente para los gestores de la política de ciencia y tecnología de la UNALMED, al permitirles de algún modo evaluar sus decisiones en este aspecto, o tenerlas en cuenta para futuras mejoras de la política de ciencia y tecnología de la Sede.

5.1 Sobre la actividad científica

1. Tanto la producción científica de la UNALMED como el publicar en revistas de alto impacto han ido creciendo a lo largo de los años. La producción ha experimentado un crecimiento promedio de 37% (entre 1990 al 2007) período de análisis y el publicar en revistas con un *Factor de Impacto Normalizado - FIN* ha pasado en 1995 de 0,79 a 1,03, superando la media del *FIN* (1).

2. La unidad académica con mayor producción científica en las bases de datos *ISI* (1990-2007) es la Facultad de Ciencias, con 268 documentos (15,76 documentos/año de media), seguido de la Escuela de Física, perteneciente a dicha Facultad, con 143 documentos (8,41 documentos/año) y en tercer lugar la Facultad de Minas, con 122 documentos (7,17 documentos/año). Las Unidades académicas con menor producción son la Facultad de Ciencias Agropecuarias con 34 trabajos, la Facultad de Ciencias Humanas con cinco documentos y la Facultad de Arquitectura con dos.

3 La producción *ISI* de la UNALMED se compone predominantemente de la categoría documental “*articles*” (91%) y “*meeting abstract*” (3%) sobre el total. Respecto al idioma el inglés prevalece con un 81% como lengua de publicación de los trabajos científicos, seguido del idioma español con un 19%.

4. La contribución que la UNALMED ha realizado al conjunto de la producción científica de la UNAL en las bases de datos *ISI*, durante el periodo de 1990 a 2005, fue del 14,35%, destacándose el aporte hecho en los años 2003 con 22,7% y 1997 con 21,4%. Entre los años 2001 a 2005 la contribución ha sido muy estable, con un promedio de 17,9% de contribución al año.

5. Respecto a las clases temáticas donde publica la UNALMED, física es la que tiene una mayor presencia, ya que un 18,6% de la producción total versa sobre ese tema. También es destacable el peso de otras clases temáticas, como medicina (10,2%), ciencias de la tierra (9.4%), química (8,2%) y matemáticas (7.6%).

6. Las clases temáticas donde publica la UNAL (información tomada del *Ranking Iberoamericano de Instituciones de Investigación RI³*) son muy similares a las observadas en la UNALMED, donde medicina con un 16,6% es la de mayor presencia, física (14,8%), biología molecular, celular y genética, (12,4%), biología vegetal y animal, ecología, (11,3%).

7. En las unidades académicas analizadas física (34%) y medicina (14%) son las clases temáticas ANEP donde más publica la *FC*, mientras que la *FM* se caracteriza por colocar sus producciones en clases temáticas como ciencias de la tierra (20,7%), ingeniería mecánica naval y aeronáutica (14,8 %) y ingeniería civil y arquitectura (13,5). La *EF*, como era de esperarse, escribe más en el área de física (74,4%).

8. En cuanto a la distribución de las clases temáticas donde publican las unidades académicas analizadas se detecta que están muy relacionadas con las áreas académicas de cada unidad. Llama la atención el hecho de que la Facultad de Ciencias coloque un gran porcentaje de sus publicaciones (13,7%) en las áreas de la salud, debido fundamentalmente a la colaboración de las escuelas de Matemática y Estadística con otras instituciones, especializadas en este campo del conocimiento.

9. En los primeros años del estudio (1995, 1997, 1999, 2002) el esfuerzo temático de la UNALMED se enfoca en áreas básicas, como matemáticas y química. En los últimos años (2004, 2005 y 2006) se observa una mayor especialización en temáticas relacionadas con las ciencias aplicadas: ciencia y tecnología de materiales y tecnología química. En el 2007 todas las áreas tuvieron un esfuerzo temático muy similar destacándose biología vegetal y animal, ecología, área temática que se podría calificar de emergente.

10. Los valores obtenidos con los índices de actividad y especialización relativo muestran que la evolución temática de la investigación en la UNALMED ha pasado de ser muy básica en los primeros años de estudio a tener un carácter más aplicado al final del mismo.

5.2 Sobre la colaboración científica

11. El 76,6% de la producción científica de la UNALMED se ha realizado en colaboración con otras instituciones. El 23,4% ha sido escrita por un solo autor o con colaboración de autores de la misma institución.

12. Los trabajos de la UNALMED fueron escritos por 1570 autores. El Índice de Coautoría Externa para la UNALMED muestra que 592 autores, es decir el 37,8% son autores pertenecientes a la UNALMED y 978 (62,2%) son autores externos, lo que representa que los trabajos han sido firmados por pocos autores de la UNALMED y, por tanto, existe una alta colaboración externa.

13. Los trabajos firmados por dos, tres y cuatro autores (263) abarca el 61,3%. Los documentos con un solo autor (61) alcanzan el 14,2%. Conforme aumenta el número de autores va descendiendo también el de documentos producidos.

14. El Índice de Coautoría (ICO-UNALMED) es de 1,4 autores por trabajo. *El Índice de Coautoría General -ICO-General* presenta un crecimiento del 50% durante el periodo de este estudio, pasando de 2,2 autores del año 1990 a 4,4 autores en el 2007, el total para el periodo estudiado es de 3,7 autores por artículo. *El ICO-General* ha sido muy variable

durante todo el periodo y a partir del 2005, comienza a sobrepasar los cuatro autores por trabajo.

15 Para las unidades académicas estudiadas el Índice de Coautoría (*ICO-General*) para la *FC* (1, 98) ha sido muy estable y ha estado casi siempre entre uno y dos autores por trabajo. El *ICO* para la *FM* (4, 11) siempre ha sido alto y durante el periodo de estudio ha pasado de un autor por artículo en 1990 a nueve en el 2007. Para la escuela de Física (1,52), su *ICO* es muy similar al de la Facultad de Ciencias.

16. El Índice de Coautoría Temático (*ICO-Aut-Tem*) es bastante variable siendo el más alto para la clase temática historia del arte (8,4 autores por documento) y el más bajo para ingeniería eléctrica, electrónica y automática, un autor por artículo. Para física el *ICO* temático es de 3,81, para matemáticas (2,9 autores por artículo). El *ICO Temático* para el periodo de estudio es de 4,8.

17. Al analizar los patrones de colaboración de los documentos para la UNALMED predominan aquellos con colaboración internacional (225) que suponen el 46,1%; le siguen los documentos con colaboración a nivel nacional (149) con el 30,6%. Los documentos sin colaboración (114), es decir escritos sólo entre autores de la misma institución, suman un 23 %.

18. Para todo el periodo analizado la colaboración internacional presenta una mayor visibilidad ya que obtiene 1066 citas, un 51% de las 2093 citas de la UNALMED para todos los patrones de colaboración. En consecuencia su promedio de citas se eleva hasta 4,7 el más alto de las tres tipologías. La producción sin colaboración logra obtener 4,1 cita por documento, superando a la colaboración nacional que, con el 30,5% de la producción, alcanza un promedio de 3,8.

19. Con respecto a la colaboración de los documentos pertenecientes a las unidades académicas analizadas se tiene que el 77,81% de la producción ha sido escrita en colaboración, en especial internacional (56,38%). Como ocurre a nivel general con la UNALMED, los documentos colaborados internacionalmente logran atraer los mejores promedios de citas *FM* (5,68), *FC* (4,89). Esta situación no se produce en la *EF*, donde el mejor promedio de citas (4,53) fue para el patrón sin colaboración. El más alto

promedio de citas para el periodo estudiado en los tres patrones de colaboración es para la FM, con un 4,94 cita por documento, la FC (4,46) y la EF con un 4,01.

20. Dentro de las clases temáticas que obtienen mejor promedio de citas en todo el periodo y para los tres patrones de colaboración se encuentran: ciencias de la tierra, química, física y agricultura respectivamente. La mayoría de la producción científica de la Facultad de Minas se apunta al área temática con mejor promedio de citas, es decir, ciencias de la tierra.

21. El país con el cual se escribe el mayor número de documentos en colaboración es USA (142 trabajos) con los cuales se obtienen 790 citas, para un promedio de 5,6 citas por documento. Con España (70) citados 294 veces, para un promedio de 4,2. Con Israel, Netherlands e England la producción es menor, pero el impacto es mayor, se obtienen 9,0, 7,0 y 6,8 citas por documento respectivamente.

22. A nivel latinoamericano con el país que más se producen documentos en colaboración es Brasil (25), que han sido citados 74 veces, para un promedio de tres citas por documento; mas, sin embargo, a pesar de que la producción es menor con Uruguay (1) y Venezuela (8), es con estos países que se logra más visibilidad (19 y 6 citas por documento respectivamente).

23. En cuanto a la colaboración a nivel nacional el 87% se realiza con instituciones ubicadas en las ciudades de Medellín, Bogotá y Bucaramanga, con las cuales se ha firmado un total de 162 documentos con promedios de 3,8 y 3,7 citas para los documentos firmados con Medellín, y Bogotá respectivamente, y de 2,2 para los documentos firmados con Bucaramanga.

24. Únicamente siete trabajos del total de los analizados se ha realizado en colaboración interfacultad dentro de la UNALMED.

5.3 Sobre el impacto de la actividad científica

25. Según los títulos de las revistas donde publican los docentes. El 13,8% de la producción de la FC se publica en revistas del área temática de óptica: *Optics*

Communication (22) y *Optick* (15). La FM publica sus artículos en *Journal of Engineering Mechanics ASCE* (16) y *Journal of Engineering of Structural* (11) que equivale al 22,13% de su producción total.

26. Analizando la producción de la UNALMED por años se puede concluir que publicar en revistas con Factor de Impacto (FI) superior a la media, es decir, a un Factor de Impacto Medio Normalizado (FIN) superior a 1, ha crecido durante el periodo de estudio, ya que se ha pasado de tener un FIN de 0,79 en 1995 a uno de 1,05 FIN en el 2007.

27 El FIN para las unidades académicas analizadas es muy similar a la de UNALMED los cuales han crecido de 1995 a 2007 así: la Facultad de Ciencias ha pasado de 0,8 a 1,0, el FIN de Minas ha evolucionado de 0,92 a 1,04, la escuela de Física ha mantenido su FIN en 0,9.

28. Dentro de las clases temáticas con un *FIN* superior a 1 y con un 5% aproximado de la producción se encuentran biología vegetal y animal, ecología (1,072), ciencias de la tierra (1,052), medicina (1,049) y ingeniería civil y arquitectura (1,030) respectivamente, lo que significa que los docentes que escriben en revistas adscritas a estas categorías alcanzan un mayor impacto.

29. Con respecto al *FIN* de documentos por Clase ANEP para unidades académicas analizadas. La *FC*, aparte de publicar con muchas áreas temáticas diferentes a su especialidad, con estas áreas obtiene sus más altos *FIN*, en especial en las de la salud como medicina (1,07) y psicología (1,71). Con civil (1,5) publicó sólo un documento pero en una revista con un *FI* alto. La *EF* presenta esta misma característica al difundir sus publicaciones en revistas con un factor de impacto alto en el área de la salud como medicina (1,01) e igualmente en química (1,02). La *FM* publica en áreas muy consecuentes con sus especialidades temáticas, como las ingenierías, y en la mayoría de ellas, en las que tiene una producción de más del 10%, obtiene un *FIN* > 1: civil y química (1,03), ciencias de la tierra (1,02).

30. La producción de documentos en revistas indexadas internacionalmente y con un > FI a través de los años ha ido en aumento, pasando de no publicar ningún documento

en 1995 en el *1er cuartíl* a publicar 21 en el 2006 y 18 en el 2007. Se puede concluir que la cantidad y la calidad (medida por el FI) han evolucionado en la UNALMED en el periodo analizado. Cabe resaltar, que en el 2007 se ve un leve descenso de artículos publicados en revistas del *1er cuartíl*.

31. El 28,76% de la producción analizada para la UNALMED se publica en revistas situadas en el segundo cuartil es decir, en revistas que se encuentran entre el 50% de > *FI* de sus respectivos Factores de Impacto en el *Journal Citation Reports*. El porcentaje de los otros cuartiles es muy similar (1er cuartíl: 23,74%, 3er cuartíl: 24,01% y 4to cuartíl: 23,48).

32. Analizando la distribución de la producción por cuartiles para las unidades académicas analizadas esta es muy similar al de la UNALMED, tanto la FC (33,83%) como la EF (29,45%) tienen el mayor porcentaje de su producción científica en revistas del 2nd cuartíl. La FM tiene su producción entre el 1er (34,09%) y cuarto cuartil (30,68).

33. Se ha detectado en este estudio que la capacidad de la UNALMED para hacer visible sus publicaciones científicas ha evolucionado positivamente a través de los años y ha pasado de tener un Potencial Investigador (PI) de 15,79 en 1995 a 158,05 en el 2007. Se observa, además, un mayor potencial investigador para áreas temáticas como física (134,98), medicina (68,04) y ciencias de la tierra (50,05).

34. De las unidades académicas analizadas, la Facultad de Ciencias es la que mejor Potencial Investigador presenta y en los últimos tres años ha ido creciendo sustancialmente. La FM ha mantenido su PI estable en los últimos años (2004-2006), se destaca el descenso en el 2002 y el ascenso en el 2007. La FC-EF ha mantenido un PI relativamente estable durante todo el periodo de análisis.

35. Con respecto al PI por clase temática para las unidades de análisis tenemos que física (125,99), medicina (57,07) y química (41,91) son las que más se destacan para la FC. En la FM ciencias de la tierra (50,02), ingeniería civil y arquitectura (39,03) y Ingeniería mecánica naval y aeronáutica (28,02) con mayor *PI*, esto es consecuente con la producción de las dos escuelas de la FM que tienen mayor número de documentos en las bases de datos *ISI*, como son la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente y la de

Ingeniería Civil. Para la *FC-EF* como era de esperarse, el mayor *PI* fue para física (116,99).

5.4 Sobre indicadores relacionales usando *Análisis de Redes Sociales (ARS)*

36. El uso de representaciones gráficas, a partir de programas de *ARS*, permitió representar la bibliografía citada por los docentes en sus documentos, de esta manera, identificar y recoger el sesgo temático de la UNALMED. Sobresalen cinco grandes dominios temáticos. Medicina, agricultura, biología vegetal y animal, ecología, ciencias de la tierra y química los cuales se encuentran claramente separados uno del otro, pero relacionados entre si y con muchas más clases temáticas a la vez. Cada dominio, por su parte, es susceptible de ser discriminado, otras clases temáticas como economía y ingeniería mecánica naval y aeronáutica son poco cocitadas por lo tanto aparecen totalmente aisladas en el mapa.

37. Establecer una relación entre la representación de la bibliografía citada y las diferentes unidades académicas analizadas es difícil y puede estar sujeto al juicio de los especialistas. Sin embargo, es posible reconocer la clase temática que le corresponde a la Facultad de Ciencias (medicina, química) y la que le corresponde a la Facultad de Minas (agricultura, biología vegetal y animal, ecología y ciencias de la tierra), que son las dos unidades académicas con mayor producción en la UNALMED.

38. En la representación de la red egocéntrica para la estructura de colaboración por países se evidencia, por el tamaño de los nodos, que es con USA y España con los que más documentos se colabora. A su vez es con estos mismos países, además de Inglaterra, con los que se obtiene el mayor número de citas según la intensidad de la línea que los conecta. Con Uruguay e Israel se ha obtenido el mejor promedio de citas.

39. Las redes de colaboración institucional mostraron a nivel internacional las instituciones con las que se ha colaborado más de tres veces, además, del número y el promedio de citas logrados. En el ranking figuran en primer lugar dos instituciones de USA *Eastern State Hospital* y la *University Kentucky*, que firman 20 y 19 documentos. Sin

embargo el mayor impacto se ha obtenido con instituciones con las que se firmado un menor número de documentos tres con la *Univiversity N Texas* y cinco con la *University Colorado*, para una citación de 20,7 y 16,4 citas por documento respectivamente.

40. A nivel de Latinoamérica, según la red egocéntrica de colaboración internacional con la institución que se ha logrado mayor impacto es con *Universidad Nacional Mar del Plata* (en cuatro oportunidades) para un promedio de citas de 10 por documento.

41. La red institucional nacional esta conformada por nueve instituciones con las que se han firmado mas de tres documentos, Con las que mayor colaboración se ha tenido es con la Universidad de Antioquia y la Corporación de Investigaciones Biológicas, pero el mayor número de citas se ha obtenido con la Universidad del Valle (> de 7 citas por documento).

6. RECOMENDACIONES

Tras esta visión general del estudio y considerando las limitaciones metodológicas, se sugieren algunas recomendaciones de cara a la mejora de la visibilidad de la actividad investigadora de la UNALMED, así como para agilizar y mejorar la realización de estudios métricos sobre la misma.

1. Propiciar el incremento de la visibilidad internacional de la producción científica de los docentes de la UNALMED. Es muy posible que los docentes coloquen sus productos de investigación en una revista, sin considerar la importancia de la publicación para efectos de difusión y visibilidad internacional.
2. Entre las medidas para potenciar la visibilidad de la UNALMED se debería asumir la normalización, tanto de los datos del autor, como de la institución, de cara a una completa recuperación de los documentos firmados por la institución.
3. Realizar de forma sistemática y regular estudios cuantitativos sobre la actividad investigadora de la UNALMED, que permitan apreciar las evoluciones y tendencias en la misma, pudiendo establecer de este modo un observatorio permanente sobre estos aspectos.
4. Para superar las limitaciones metodológicas en cualquier tipo de evaluación se pueden utilizar medidas que permitan comparar las diferentes áreas temáticas, como el *Factor de Impacto Normalizado*.
5. Considerar, como medida complementaria de calidad de la investigación, la visibilidad de las publicaciones citantes, debido a que el prestigio alcanzado por la actividad investigadora es un valor añadido.
6. Dotar al sistema de Información de la investigación de la UNAL de indicadores cualitativos como los de visibilidad e impacto con el propósito de facilitar al organismo competente la información completa y normalizada sobre la actividad investigadora desarrollada.

7. REFERENCIAS

- KSNES DW. (2003). *A macro study of self-citation*. *Scientometrics*. Vol. 56, no.2, p. 235-246.
- ALVIS-GUZMAN N, DE LA HOZ-RESTREPO F. (2006). *Producción científica en ciencias de la salud en Colombia, 1993-2003*. En: *Rev. Salud Pública*. Vol. 8, no. 1. p.: 25-37.
- BAILÓN-MORENO R, JURADO-ALAMEDA E, RUIZ-BAÑOS R. (2006). *The scientific networks of surfactants: structural analysis*. *J Am. Soc. Inf. Scie. Technol*. Vol. 57, no. 7, p. 847-850.
- BAYER A, SMART JC, McLAUGHLIN G. (1990). *Mapping intellectual structure of a scientific subfield through authors cocitaciones*. *J. Am. Soc. Inf. Sci*. Vol.41, no. 6, p. 444-452.
- BERGHE HV, HOUVEN J, BRUIN R, MOED HF, KINT A, LUWEL M, SPRUYT EHJ. (1998). *Bibliometric indicators of university research performance in Flanders*. *J Am. Soc Inf Sci.* Vol. 49, no. 1, p. 59-67.
- BORDONS M, MORILLO F, FERNÁNDEZ MT, GÓMEZ I, LEÓN M, DIEGO DM (2005). *La investigación matemática española de difusión internacional. Estudio bibliométrico (1996-2001)*. Madrid: CSIC.
- BORDONS M, FERNÁNDEZ MT, GÓMEZ I. (2002). *Advantages and limitations in the use of impact factor measures for the assessment of research performance in a peripheral country*. *Scientometrics*. Vol. 53, no. 2, p. 195-206.
- BORDONS M, 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, p. 197-209.
- BORDONS M, ZULETA MA. (1999). *Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos*. *Rev. Esp. Cardiol*. No. 52, p.790-800.
- BORDONS M, GÓMEZ I, FERNÁNDEZ MT, ZULETA MA, MÉNDEZ A. (1996). *Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research*. *Scientometrics*.. Vol. 37, no. 2, p. 279-295.
- BRAUN T, GLANZEL W, SHUBERT A. (1985). *Scientometrics indicators. A 32-country comparative evaluation of publishing performance and citation impact*. Singapur-Filadelfia : World Scientific Publ.
- BRAUN T. (1999). *Bibliometric indicators for the evaluation of universities - intelligence from the quantitation of the scientific literature*. *Scientometrics*, vol. 45, nº. 3, p. 425-32.
- BRAUN T, SHUBERT A. (1997). *Dimensions of Scientometrics indicador datafiles world science in 1990-1994*. Vol. 38, no. 1, p. 175-204.

-
- BRIJALDO M, CAMPOS, D.(200?). *Cifras y análisis construcción de conciencia y visibilidad*. En: Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: UNAL, 29 p.
- BRIJALDO M, CAMPOS, D. (2000). *Investigación en la Universidad Nacional, 1990-1999: Una década de aciertos, inciertos y desconciertos*, Universidad Nacional de Colombia, Dirección Nacional de Investigación, Bogotá, 2000, 424 p.
- BROOKES BC. (1990). *Biblio-sciento-informetrics?*. *Informetrics* 89/90, p. 31-43.
- BUCHHOLZ K. (1995). *Criteria for the analysis of scientific quality*. *Scientometrics*. Vol. 32, no. 2, p. 195-218.
- CALLON M, COURTIAL J-P, PENAN H. (1995). *Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón: Ediciones Trea. 110 p.
- CALLON M. (1993) *Is science a public good ?*. (Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 de marzo de 1993). *Science technology and human value*, Vol. 19 no. 4, 2004 p. 395-424.
- CAMPANARIO JM, GONZÁLEZ L. (2006). *Journal self-citations that contribute to the impact factor. Documents labeled "editorial material" in Journal covered by the citation Index*. *Scientometrics*. Vol. 69, no. 2, p. 365-386.
- CAMI J, SUÑÉN-PIÑOL E, MÉNDEZ-VÁSQUEZ R. (2005). *Mapa bibliométrico de España 1994-2002: Bi omedicina y Ciencias de la Salud. Medicina Clínica (Barcelona)*, nº. 124, p. 93-101.
- CAMI J. (2001). *Evaluación de la investigación biomédica*. *Med. Cli. (Barc)*. Vol. 117, p. 510-513.
- CAMI J. (1997). *Impactología : diagnóstico y tratamiento*. *Med. Clin (Barc)*. Vol. 109, no. 13, p. 515-524.
- CAMI J, ZULETA MA, FERNÁNDEZ MT, BORDONS M, GÓMEZ I. (1997). *Producción científica española en Biomedicina y Ciencias de la Salud durante el período 1990-1993 (Science Citation Index y Social Science Citation Index) y comparación con el período 1986-1989*. *Med. Clin (Barc)*. Vol. 109, p. 481-496.
- CAMPS D, RECUERO Y, AVILA RE, SAMAR ME. (2006) *Estudio bibliométrico de un volumen de la revista Archivos de Medicina. (sede Web)*. Oviedo, España. *Arch Med* 2: 3.
- CANALES-BECERRA H, MESA-FLEITAS M. (2002) *Bibliometría, Informetría, ciencia: su etimología y alcance conceptual*. En: Congreso Internacional de Información INFO´ 2002 (Ciudad de La Habana 22-26 de abril del 2002) 13 p.
- CHINCHILLA-RODRIGUEZ, Z (2006). *Análisis de dominio científico español : 1995-2001 (ISI, Web of Science)* . Tesis doctoral. Granada : Universidad de Granada. 705 p.

-
- COLCIENCIAS. Sistema Nacional de Ciencia y tecnología. (1992) *Convocatoria a la creatividad*. Bogotá: Tercer Mundo Editores, 329 p.
- COLOMBIA. Presidencia de la República-Departamento Nacional de Planeación (2005) *Visión Colombia .II Centenario: propuesta para discusión*, Bogotá, Planeta.
- CORREA AHUMADO A, DIAZ GUERRA J. (2007). *Análisis de la producción de los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*. Medellín: [s.n], 2007. Trabajo de grado Ingeniero Administrativo. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- CRONIN B, OVERFELT K. (1994). *Citation based auditing of academia performance*. J Am. Soc. Inf. Sci. Vol. 45, no. 2, p. 61-72.
- DAVIDSE RJ, VAN RAAN AFJ. (1997). *Out of particles: impact of CERN, DESY and SLAC research to fields other than physics*. Scientometrics. Vol. 40, no. 2, p. 171-193.
- DELGADO-LÓPEZ-COZAR E, JIMÉNEZ-CONTRERAS E, RUIZ-PEREZ R, LÓPEZ-HERRERA, AG, GACTO-COLORADO, MJ, TORRES-SALINAS D, MONEDA-CORROCHANO M, RUIZ-BAÑOS R, PÉREZ-ORTEGA JM, BAILÓN-MORENO R, POYATOS-HUERTAS E, RODRÍGUEZ MJ. (2005). *Índice de impacto de las revistas españolas de ciencias sociales*. Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y ciencias Sociales. [revista on line] 574. Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-574.html>.
- DICKERSIN K, SCHERER R, TYAS SUCI E S, GIL-MONTERO M (2002). *Problems with indexing and citation of articles with grout authorship*. JAMA, vol. 287, nº. 21, p. 2772-74.
- EGGHE L, ROUSSEAU R. (1990) *Introduction to informetrics : quantitative methods* . Library, Documentation and Information Science. Amsterdam : Elsevier.
- FECYT. (2005) *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española: ISI Web of Science, 2004*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- FERNÁNDEZ-CANO A, BUENO A. (2002). *Multivariate evaluation of spanish educational research journals*. Scientometrics. Vol. 55, no. 1, p. 87-102.
- FRAME JD. (1977). *Mainstream research in Latin America and Caribbean*. En: *Interciencia*, vol. 2, p. 143-48.
- GLÁNZEL W, DEBACKERE K, THIJS B, SHUBERT A. (2006). *A concise review of the role of author self-citation in Information Science, Bibliometrics and Science Policy*. Scientometrics. Vol. 67, no. 2, p. 263-277.
- GLÁNZEL W, SHUBERT A. (2004) *Analysing scientific networks through co-authorship*. En: Moed H, Glanzel W., Schmorch U, editors. *Handbook of quantitative science and technology research: the use of publication and patents statistics in studies os S & T systems*. Dordecht: Kluwer, p. 257-276.
- GLÁNZEL W, MOED HF. (2002). *A Journal impact measures in bibliometric research*. Scientometrics. Vol. 53, no. 2, p. 171-193.
-

-
- GLÁNZEL W. (2001). *National characteristics in international scientific co-authorship relations*. *Scientometrics*. Vol. 51, no. 1 P. 69-115.
- GÓMEZ- CARIDAD I , BORDONS-GANGAS, M. (1996). *Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica*. *Política Científica*, vol. 46, p. 21-26.
- GUZMÁN MV, SANZ E & SOTOLONGO G. (1998). *Bibliometric study on bacines (1990-1995) Part I: Scientific production in Iberian-American countries*. En: *Scientometrics*, vol. 43, nº. 2, p. 189-205.
- HIRSCH J. (2005) *An Index to quantify and individual's scientific research output*. Disponible en <http://xxx.arxiv.org/abs/physics/0598025> [Consultada el 13 de Enero de 2008].
- INGWERSEN P, WOMELL I. (1999). *Publication behaviour and internacional impact: scandinavian Clinical and Social Medicine*. *Scientometrics*. Vol. 46, no. 3, p. 487-499.
- JIMENEZ-CONTRERAS E, DELGADO-LÓPEZ-CÓZAR E, RUIZ-PÉREZ R, MONEDA-CORROCHANO M, RUIZ-BAÑOS R, BAILON-MORENO R. (2005). *Co-Network analysis*. En: Ingwersen P., Larsen B. editors. *Proceedings of ISSI 2005: 10th Internacional Conference of the Internacional Society for Scientometrics and Informetrics*. Vol. II Stockholm: Karolinska University Press, p. 417-425.
- KATZ SJ, MARTIN BR. (1997). *What is research collaboration?*. *Res. Policy*. No. 26, p. 1-18.
- KLAVANS R, BOYACK KW. (2005) *Mapping worl-wide sciences at the paper level*. En: Ingwersen P. Larsen B, editors. *Proceedings of ISSI 2005: 10th International Conference of the International Society for Scientometrics and Information Vol. II*. Stockholm: Karolinska University Press, p. 426-433.
- KOSTOFF RN, MARTINEZ WL. (2005). *Is citation normalization realistic?*. *J Inf. Sci*. Vol 31, no. 1, p. 57-61.
- KOSTOFF RN. (1998). *The use and misuse of citatcion 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 p. 257-281.
- LEEUWEN T, MOED HF, REEDIJK. (1999). *Critical comments on Institute for Scientific Information Impact factor: a sample of inorganic molecular chemistry journals*. *J Inf. Sci*. Vol. 25, no. 6, p. 489-498.
- LEON-SARMIENTO F, BAYONA-PRIETO J , LEON SM (2007) *Concepciones, confusiones y contradicciones del factor de impacto en Colombia*. *Rev esp Salud Pública*. Vol. 81, p. 147-154.
- LEWISON G. (1998). *Bibliometric techniques for the evaluation of medical schools*. *Scientometrics*. Vol. 41, no. 1-2, p. 5-16.

-
- LEWISON G, DAWSON G. (1998). *The effect of funding on the outputs of biomedical research*. *Scientometrics*. Vol. 41, no. 1-2, p. 17-27.
- LEYDESDORFF L. (2005). *Mapping interdisciplinary at the interfaces between the Science Citation Index and the Social Science Citation Index*. Disponible en: http://user.fmg.uva.nl/lleydesdorff/sci_sosci/index.htm. (consultada el 13 de enero 2008).
- LEYDESDORFF L, BIHUI J. (2005) *Mapping the chinese citation database in terms of aggregated journal-journal citation relations*. *J Am Soc Inf Sci Tech*. Vol. 56, no. 14, p. 1469-1479.
- LEYDESDORFF L. (2004). *Cluster and maps of science journals based on bi-connected graphs in Journal Citation Repts*. *J. Doc*. Vol. 60, no. 4, p. 371-427.
- LÓPEZ-PIÑERO JM, TERRADA ML. (1994). *El consumo de información científica nacional y extranjera en las revistas médicas españolas: un nuevo repertorio destinado a su estudio*. *Med. Clin. (Barc)* No. 102, p. 104-112.
- LÓPEZ-PIÑERO JM, TERRADA ML. (1992). *Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (III) Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión*. *Med Clin. Barcelona*. Vol. 98 p. 142-148.
- LÓPEZ-PIÑERO JM, TERRADA ML. (1992b). *Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (II). La comunicación científica en las distintas áreas de la ciencias médicas*. *Med Clin. Barcelona*. Vol. 98 p. 101-106.
- LUULKONEN T, TIJSSSEN RJ, PERSSON O, SIVERTSEN G. *The measurement of international scientific collaboration*. *Scientometrics* Vol. 28, no. 1, p. 15-36.
- McCAIN KW. (1990). *Mapping authors in intellectual space: a technical overview*. *J Am Soc Inf Sci*. Vol. 41, no6, p. 433-443.
- McROBERTS MH, McROBERTS BR. (1996). *Problems of citation analysis*. *Scientometrics*. Vol. 36, no. 3, p. 435-444.
- MALTRAS BARBA B. (2003). *Los indicadores bibliométricos: fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia*. Gijón: Ediciones Trea. 287 p.
- MARTIN BR, IRVINE J. (1983). *Assessing basis research: some partial indicators of scientific progress in radio-astronomy*. *Re. Policy*. Vol. 12, no. 2, p. 61-90.
- MARTINEZ E, ALBORNOZ M (1998). *Indicadores de ciencia y tecnología: balance y perspectivas. En E. MARTINEZ Y M. ALBORNOZ (Ed.): indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*. Caracas: Nueva sociedad, p. 9-21.
- MELIN G. (1999). *Impact of national size on research collaboration: a comparison between northern european and american universities*. *Scientometrics*. Vol. 46, no. 1, p. 161-170.

-
- 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, p. 435-447.
- MERTON R. (1977). *La sociología de la ciencia* 2. Madrid: Alianza Editorial, p.
- MERTON R (1968). *Las pautas de conducta de los científicos* En: R.K Merton (1977): *La sociología de la ciencia*, vol. 2, Madrid: Alianza, 1977. p. 423-443.
- MOED HF, DE BRUIN T, 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, p. 381-422.
- MOLINA JL, DOMÉNECH M. (2002). *Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías*. *Redes*. Vol. 1, no. 3.
- MORAVCSIK, MJ (1977). *A progress report on the quantification of science*. *Journal of the Scientific and Industrial research*. Vol. 36, p. 195.
- MOYA-ANÉGON F, VARGAS-QUESADA B, CHINCHILLA-RODRIGUEZ Z, CORERA-ÁLVAREZ E, GONZÁLEZ-MOLINA A, MUÑOZ FERNÁNDEZ FJ, HERRERO-SOLANA, V. (2006). *Visualización y análisis de la estructura científica española: ISI Web of science 1990-2005*. *El profesional De La Información*. Vol. 15, no. 4, p. 258-269.
- MOYA-ANEGÓN F, CARRETERO-GUERRA R, SÁNCHEZ-MALO F, SOLIS-CABRERA F (2005a). *Indicadores científicos de la producción andaluza en biomedicina y ciencias de la salud (ISI Web of Science, 2003-2004)*. Sevilla: Consejería de la Salud.
- MOYA-ANEGÓN F, CHINCHILLA-RODRIGUEZ Z, CORERA-ÁLVAREZ E, VARGAS-QUESADA B, MUÑOZ-FERNÁNDEZ F, HERRERO-SOLANA V. (2005b). *Análisis de dominio institucional: La producción científica de la Universidad de Granada (SCI 1991-99)*. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 28, nº. 2, p. 170-195.
- MOYA-ANEGÓN F, VARGAS-QUESADA B, HERRERO-SOLANA V, CHINCHILLA-RODRIGUEZ Z, CORERA-ÁLVAREZ E, MUÑOZ-FERNÁNDEZ FJ. (2004a). *A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories*. *Scientometrics*, vol. 61, no. 1 p. 129-145.
- MOYA-ANEGÓN F, CHINCHILLA-RODRÍGUEZ Z, CORERA-ÁLVAREZ E, HERRERO-SOLANA V, MUÑOZ-FERNÁNDEZ F, NAVARRETE-CORTÉS J, VARGAS-QUESADA B. (2004b) *Indicadores Científicos de España (ISI, Web of Science, 1998-2002)*. Madrid: Fundación Española de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- MOYA-ANÉGON F, JIMÉNEZ-CONTRERAS E, MONEDA COCHORRAMO M. (1998). *Research fronts in Library and Information Science in Spain (1985-1994)*. *Scientometrics* Vol. 42, no. 2, p. 229-246.

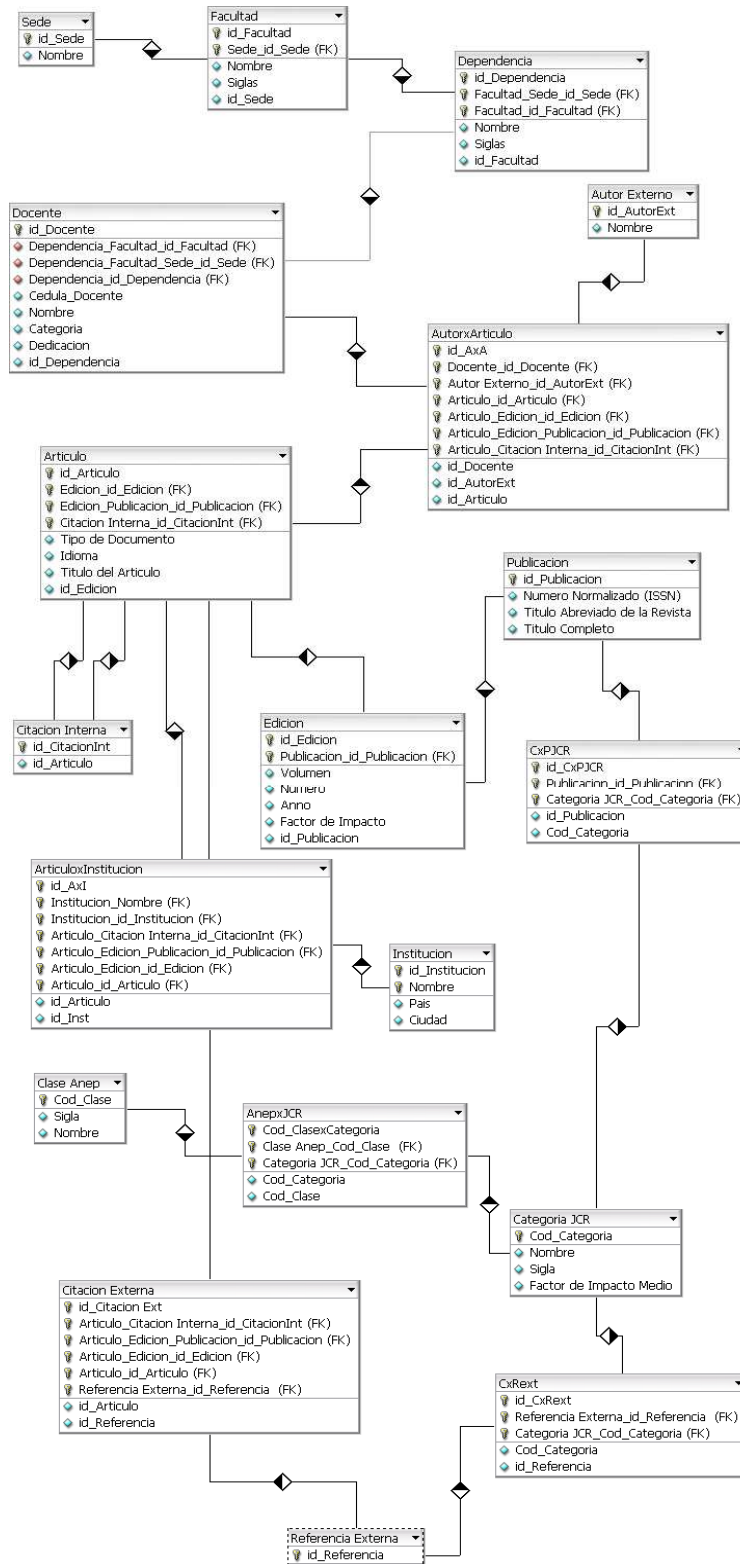
-
- NARIN F, HAMILTON KS, OLIVASTRO D. (2000). *The development of science indicators in the United States. En: Cronin, B. y Atkins, B. (eds). The web of Knowledge. A.festschrift in honor of Eugene Garfield.* New Jersey: Information Today. P. 337-361.
- NOYONS E, MOED HF, VAN RAAN F. (1999^a). *Integrating research performance analysis and science mapping.* Scientometrics. Vol. 46, no.3, p.591-604.
- NOYONS E, MOED HF, LUWEL M. (1999^b). *Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: a bibliometric study.* J.Am. Soc. Inf. Sci. Vol. 50, n. 2, p. 115-131.
- OKUBO, OCDE, (Ed.) (1997) *Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples. OCDE/GD (97) 41,* París: Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- OTTE E, ROUSSEAU. (2002). *Social network analysis: a powerful strategy, also for information sciences.* J Inf. Scie. Vol. 28, no. 6, p. 441-453.
- PÉREZ-MATOS N. (2002).*La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines.* . Ciudad de La Habana, Cuba. *ACIMED.* 2002; Vol. 10, no. : 1-2.
- PERSSON O, MELIN G, DANELL R, KALAOUDIS. (1997). *Research collaboration at nordic universities.* Scientometrics. Vol. 39, no. 2, p. 209-223.
- PERSSON O, MELIN G. (1996). *Studying research collaboration using co-authorships.* Scientometrics. Vol. 36, no. 3, p. 363-376.
- PERSSON O, BECKMANN M. (1995). *Locating the network of interacting authors in scientific specialties.* Scientometrics. Vol. 33, no. 3, p. 351-366.
- PORTER AL, NEWMAN NC (2004) *Patent profiling for competitive advantage* 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.* Dordecht: Kluwer, p. 587-612.
- PRICE DS. (1965). *Networks of scientific papers.* Science. Vol 149, no. 3683. p. 510-515.
- PRINT M, HATTIE J. (1997). *Measuring quality in universities:An approach to weighting research productivity.* Higher Education, vol. 33, p. 453-69.
- RINCÓN, N. (2001). *Actividad investigativa en biodiversidad de Colombia: análisis bibliométrico 1995-1999.* En: Biosíntesis. No. 27 4 p.
- RIVELLINI G, RIZZI E, ZACCARIN S. (2006). *The science networks in Italian population research: an analysis according to the social network perspective.* Scientometrics. Vol. 67, no. 3. P. 407-418.
- ROUSSEAU, R. (2001). *Indicadores bibliométricos y econométricos en la evaluación de instituciones científicas.* Scientometrics, vol. 51, nº. 1, p. 267-92.
-

-
- ROUSSEAU, R. (1998). *Indicadores bibliométricos e econometricos para a avaliacao de instituicoes científicas*. Ciencia da Informacao. Vol. 149, no. 27, pag. 149-158.
- RUIZ-BAÑOS RB-MR. (1999) *El método de las palabras asociadas (I): La estructura de las redes científicas*. Boletín De La Asociación Andaluza De Bibliotecarios. Vol. 53, p.43-60.
- RUIZ-RAMOS CHF, CHAVARRO-BOHORQUEZ DA, OROZCO-CASTRO LA. (2007). *Modelo comparativo de la producción de la Universidad de los Andes con 10 universidades latinoamericanas en el ISI Web of Knowledge*. En: VII Congreso de Indicadores en Ciencia y tecnología (San Pablo, Brasil, 18 p.
- SALTON, BERGMARK D. (1979) *A citation study of computer science literature*. Professional communication, IEEE Transactions, PC-22, p. 146-158.
- SANCHO R. (2001). *Medición de las actividades de Ciencia y Tecnología, estadísticas e indicadores empleados*. Rev. Esp. Doc. Cient. Vol. 24, no. 4, p. 382-404.
- SANCHO R. (1990). *Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica*. Rev. Esp. Doc. Cient. Vol. 13, no. 3-4, p. 842-865.
- SANZ-CASADO E, SUÁREZ-BALSEIRO C, IRIBARREN-MAESTRO I, RAMIREZ-de SANTA PAU M, de PEDRO-CUESTA J. (2007) *Bibliometric mapping of scientific research on prion diseases, 1973-2002*. Inform Process Manage Vol. 43 p. 273-284.
- SANZ-CASADO E, MARTIN-MORENO C. (1997). *Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios*. Rev. Gen. de Inform. y Doc. Vol. 7, no. 2, p. 41-68.
- SHUBERT A, GLÁNDEL W, THIJS B. (2006). *The weight of author self-citations. A fractional approach to self-citation counting*. Scientometrics. Vol. 67, no. 3, p. 503-514.
- SEGLÉN PO. (1997). *Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research*. Br. Med. J. Vol. 314, no. 7079, p. 497.
- SEGLÉN PO. (1992). *The Skewness of science*. J Am. Soc. Inf. Sci. Vol. 43, no. 9, p. 628—638.
- SMALL & E. GARFIELD (1985). *The geography of science : disciplinary and national mapping*. Journal of information Science, No. 11, p. 147-159.
- SMALL HG. (1973). *Co-citation in the scientific literature: a new measure of the relationship between two documents*. J Am Soc Inf Sci. Vol. 24, no. 4, p. 250-259.
- SPINAK E. (1998). *Indicadores cientométricos*. Ci. Inf. Brasilia, vol. 27, no. 2 (maio-ago), p. 141-148.
- SPINAK E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometria, cientometría e infometría*. Caracas: Unesco-CII/II.
- SPINAK E. (1995). *Quantitative analices of scientific literature and their validity for judging Latin American production*. Bulletin of PAHO, vol. 29, no. 4 p. 352-359.
-

-
- TAGUE-SUTCLIFFE J. (1992). *An introduction to infometrics*. En: Information Processing & Management, Vol. 28, no. 1 Gran Bretaña : Pergamon Press. p. 3.
- THACKRAY A, BROCK DC. (2000). *Eugene Garfield: history, scientific information, and chemical endeavour*. En: Cronin B, Barsky H, editors. *The Web of Knowledge: a festschrift in honour of Eugene Garfield*. Medford: Information Today, p. 11-23.
- TIJSSEN RJ, VAN RAAN AFJ. (1994). *Mapping changes in Science and technology. Bibliometric co-occurrence analysis of the R & D literature*. Evaluation Review. Vol. 18, no. 1, p. 98-115.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Vicerrectoría de Investigaciones (2007). Plan de desarrollo 2007-2009 quinta versión para discusión. Bogotá: La Universidad, 22 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Grupo de rectoría. (2006). *Plan Global de Desarrollo 2007 – 2009: por una Universidad moderna, abierta y participativa*: Bogotá. La Universidad, 58 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA .Vicerrectoría de Investigación. Oficina Nacional de Planeación (2006). *Doctorados e investigación: tendencias, perspectivas y lineamientos estratégicos en la Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá: UNAL, 110 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Vicerrectoría Académica. (2002). *La institución: información general*. Bogotá: Ediciones Antropos, 250 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Dirección Nacional de Investigación. (2001). *Construyendo el sistema de información de la investigación de la Universidad Nacional*. Bogotá: Tercer Mundo Editores, 93 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Dirección Nacional de Investigación. (2001). *Investigación de la Universidad Nacional 1990-1999 una década de aciertos, inciertos y desconciertos*. Bogotá: Tercer Mundo Editores, 241 p.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Dirección Nacional de Investigación. (1999). *Investigación en la Universidad Nacional: una mirada desde las sedes*. Bogotá: DINAIN, 239 p.
- URBIZAGASTEGUI ALVARADO R. (1999). *La ley de Lotka y la literatura de bibliometría*. Investigación Bibliotecológica. Vol. 13, no. 27, p. 125-137.
- VAN DEN BERGHE H, HOUBEN J A, BRUIN de RE, MOED H F, KINT A, LUWEL M, SPRUYT EHJ (1998). *Bibliometric indicators of university research erformance in Flanders*. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 49, nº. 1, p. 59-67.
- VANEGAS MAECHA S (2002). *Hacia la construcción de un modelo de indicadores que mida la relación educación-ciencia y tecnología*. Bogotá, D.C.: Universidad Pedagógica Nacional. 116 p.
- VAN LEEUWEN, T. (2004) *Descriptive versus evaluative bibliometrics*. En. Moed H. Glanzel W.Schmorch U editores. *Handbook of quantitative science and technology research: the*
-

-
- use of publication and patents statistics in studies of S & T Systems*. Dordrecht: Kluwer, p. 373-388.
- 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, p. 19-50.
- VAN RAAN A, PETERS H. (1991). *Structuring scientific activities by co-authors analysis*. *Scientometrics*. Vol. 20, no. 1, p. 235-255.
- VILLEGAS-ECHAVARRIA MM, MORENO-MARTINEZ L. (2006). *Producción científica de la Universidad de Antioquia (Medellín Colombia) en base de datos ISI (2000-2004)*. En: Congreso Internacional de Información (La Habana, Cuba). 11 p.
- VINKLER P. (1988). *An attempt in surveying and classifying bibliometrics for scientometrics purpose*. *Scientometrics*. Vol. 13, no. 5-6, p. 239-259.
- WARMER J. (2000). *A critical review of the application of citation studies to the Research Assessment Exercises*. *J Inf Sci*. Vol. 26, no. 6, p. 453-460.

Anexo 1. Modelo relacional



Anexo 2 Correspondencia de categorías JCR a clase ANEP

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|--|---|--|
| AGRICULTURA <u>AGR</u> | AGRICULTURAL ECONOMICS & POLICY AGRICULTURA ENGINEERING AGRICULTURE, DAIRY & ANIMAL SCIENCE AGRICULTURE MULTIDISCIPLINARY AGRICULTURE SOIL SCIENCE AGRONOMY ENVIRONMENTAL SCIENCES FORESTRY HORTICULTURE BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY | AF AE AD AH XE AM JA KA MU DB |
| BIOLOGIA MOLECULAR, CELULAR Y GENETICA <u>MOL</u> | ANATOMY & MORPHOLOGY BIOCHEMICAL RESEARCH METHODS BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY BIOLOGY, MISCELLANEOUS BIOLOGY BIOPHYSICS BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY CELL BIOLOGY EVOLUTIONARY BIOLOGY DEVELOPMENTAL BIOLOGY GENETICS & HEREDITY IMMUNOLOGY MICROBIOLOGY MICROSCOPY TOXICOLOGY VIROLOGY | AY CO CQ CU DA DB DR HT HY KM NI QU RA YO ZE |
| BIOLOGÍA VEGETAL Y ANIMAL, ECOLOGIA <u>VEG</u> | BIODIVERSITY CONSERVATION BIOLOGY ECOLOGY ENTOMOLOGY EVOLUTIONARY BIOLOGY FORESTRY HORTICULTURE LIMNOLOGY MARINE & FRESHWATER BIOLOGY MYCOLOGY ORNITHOLOGY PLANT SCIENCES SOIL SCIENCE VETERINARY SCIENCES ZOOLOGY | BD CU GU IY HT KA MU OU PI RQ TA DE XE ZC ZM |
| CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS <u>ALI</u> | BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY NUTRITION & DIETETICS | DB JY SA |

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|---|--|--|
| CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES <u>MAR</u> | CRYSTALLOGRAPHY MATERIALS SCIENCE, CERAMICS MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY MATERIALS SCIENCE, BIOMATERIALS MATERIALS SCIENCE, CHARACTERIZATION & TESTING MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS MATERIALS SCIENCE, COMPOSITES POLYMER SCIENCE | FI PK PM QE QF QG QH UY |
| CIENCIAS DE LA COMPUTACION Y TECNOLOGIA INFORMATICA <u>COM</u> | AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS COMPUTER SCIENCE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING COMPUTER SCIENCE, THEORY & METHODS ROBOTICS | AC EP ER ES ET EV EW EX RB |
| CIENCIAS DE LA TIERRA <u>TIE</u> | CRYSTALLOGRAPHY ENERGY & FUELS ENGINEERING, ENVIRONMENTAL ENGINEERING, OCEAN ENGINEERING, PETROLEUM ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC ENGINEERING, GEOLOGICAL ENVIRONMENTAL SCIENCES GEOCHEMISTRY & GEOPHYSICS GEOGRAPHY GEOGRAPHY, PHYSICAL GEOLOGY GEOSCIENCES, MULTIDISCIPLINARY IMAGING SCIENCES & PHOTOGRAPHIC METEOROLOGY & ATMOSPHERIC SCIENCES MINERALOGY OCEANOGRAPHY PALEONTOLOGY WATER RESOURCES | FI ID IH IO IP IQ IX JA GC KU KV KY LE UE QQ RE SI TE ZR |
| GANADERIA Y PESCA <u>GAN</u> | AGRICULTURE, DAIRY & ANIMAL SCIENCE BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY FISHERIES VETERINARY SCIENCES | AD DB JU ZC |
| FISICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO <u>FIS</u> | ACOUSTICS ASTRONOMY & ASTROPHYSICS COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY | AA BU EV OA RY SY |

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|---|---|--|
| | OPTICS PHYSICS, APPLIED PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL PHYSICS, CONDENSED MATTER PHYSICS, FLUIDS & PLASMAS PHYSICS, MATHEMATICAL PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY PHYSICS, NUCLEAR PHYSICS, PARTICLES & FIELDS SPECTROSCOPY THERMODYNAMICS | UB UH UK UF UR UI UN UP XQ DT |
| MATEMATICAS <u>MAT</u> | MATHEMATICS MATHEMATICS, APPLIED OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE STATISTICS & PROBABILITY MATHEMATICS, INTERSDISCIPLINARY APLICATIONS AUTOMATION & CONTROL SYSTEM | PQ PN PE XY PO AC |
| QUIMICA <u>QUI</u> | ELECTROCHEMISTRY CHEMISTRY, ANALYTICAL CHEMISTRY, APPLIED CHEMISTRY, INORGANIC & NUCLEAR CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY CHEMISTRY, ORGANIC CHEMISTRY, PHYSICAL ENGINEERING, ENVIRONMENTAL ENVIRONMENTAL SCIENCES TOXICOLOGY | HQ EA DW EC DY EE EI IH JA YO |
| TECNOLOGÍA QUIMICA <u>TQU</u> | ENERGY AND FUELL ENGINEERING, CHEMICAL MATERIALS SCIENCE, PAPER & WOOD MATERIALS SCIENCE, TEXTILES METALLURGY & METALLURGICAL ENGINEERING MINING & MINERAL PROCESSING | ID II PJ QJ PZ ZQ |
| INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA <u>CIV</u> | ENGINEERING COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS CONSTRUCTION & BUILDING TECHNOLOGY ENGINEERING, CIVIL MINING & MINERAL PROCESSING TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY | IF EV FA IM ZQ YR |
| INGENIERÍA MECÁNICA NAVAL Y AERONAUTICA <u>MEC</u> | AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS ENGINEERING ENGINEERING, AEROSPACE ENGINEERING, INDUSTRIAL ENGINEERING, MANUFACTURING ENGINEERING, MARINE ENGINEERING, MECHANICAL MECHANICS | AC IF AI IJ IK IL IU PU |

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|--|---|--|
| INGENIERIA ELECTRICA, ELECTRONICA Y AUTOMATICA <u>ELE</u> | ENGINEERING ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC REMOTE SENSING ROBOTICS COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS | IF IQ SR RB EV |
| TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Y DE LAS COMUNICACIONES <u>TEC</u> | IMAGING SCIENCE & PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY COMPUTER SCIENCE & HARDWARE ARARCHITECTURE ENGINEERING ELECTRICAL & ELECTRONIC TELECOMMUNICATIONS | UE ES IQ YE |
| CIENCIAS SOCIALES <u>CSS</u> | ANTROPOLOGY AREA STUDIES BUSINESS COMUNICACION DEMOGRAPHY ENVIRONMENTAL STUDIES ETHICAL STUDIES FAMILY STUDIES GERIATRICS & GERONTOLOGY GEOGRAPHY HISTORY OF SOCIAL SCIENCES HISTORY & PHILOSOPHY OF SCIENCE INDUSTRIAL RELATION & LABOR INFORMATION SCIENCE & LIBRARY SCIENCE INTERNATIONAL RELATIONS PLANNING & DEVELOPMENT MANAGEMENT POLITICAL SCIENCE PUBLIC ADMINISTRATION SOCIAL ISSUES SOCIAL SCIENCES, INTERDISCIPLINARY SOCIAL SCIENCES, MATHEMATICAL METHODS SOCIAL WORK SOCIOLOGY TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY WOMEN'S STUDIES MANAGEMENT | BF BM BI EU FU JB JM JO LI KU MR MQ NM NU OE UQ UU VN WN WU PS WY XA YR ZK PC |
| ECONOMIA <u>ECO</u> | BUSINESS BUSINESS, FINANCE ECONOMICS MANAGEMENT | DI DK GY PC |
| DERECHO <u>DER</u> | INTERNATIONAL RELATIONS CRIMINOLOGY & PENOLOGY LAW | OE FE OM |
| HISTORIA DEL ARTE | HISTORY & PHILOSOPHY OF SCIENCE URBAN STUDIES | MQ YY |

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|---|--|--|
| <u>HIS</u> | | |
| FILOLOGÍA Y FILOSOFÍA <u>FIL</u> | APPLIED LINGUISTICS ARTS & HUMANITIES, GENERAL ASIAN STUDIES CLASSICS ETHICS HISTORY & PHILOSOPHY OF SCIENCE LANGUAGE & LINGUISTICS, CANADIAN LITERARY REVIEWS LITERARY THEORY & CRITICISM LITERATURE LITERATURE, AFRICAN , AUSTRALIAN | HF MQ |
| PSICOLOGIA Y CIENCIAS DE LA EDUCACION <u>PSI</u> | BEHAVIORAL SCIENCES PSYCHOLOGY PSYCHOLOGY, APPLIED PSYCHOLOGY BIOLOGICAL PSYCHOLOGY CLINICAL PSYCHOLOGY EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, MATHEMATICAL PSYCHOLOGY MULTIDISCIPLINARIE PSYCHOLOGY, PSYCHOANALYSIS PSYCHOLOGY, SOCIAL SOCIAL WORK | CN VI NQ BV EQ HI VS VS VP WQ EQ |
| FISIOLOGIA Y FARMACOLOGIA <u>FAR</u> | BEHAVIORAL SCIENCES CHEMISTRY, MEDICINAL NUTRITION & DIETETICS PHARMACOLOGY & PHARMACY PHYSIOLOGY PSYCHOLOGY BIOLOGICAL PSYCHOLOGY EXPERIMENTAL SUBSTANCE ABUSE | CN DX SA TU UM BV VX GM |
| MEDICINA <u>MED</u> | ALLERGY ANATOMY & MORPHOLOGY ANDROLOGY ANESTHESIOLOGY BIOLOGY CARDIAC & CARDIOVASCULAR SYSTEMS CLINICAL NEUROLOGY CRITICAL CARE MEDICINE DERMATOLOGY & VENEREAL DISEASES DENTISTRY, ORAL SURGERY & MEDICINE EMERGENCY MEDICINE & CRITICAL CARE ENDOCRINOLOGY & METABOLISM ENGINEERING, BIOMEDICAL GASTROENTEROLOGY & HEPATOLOGY | AQ AY AZ BA CU DQ RT DS GA FY FF IA IG KI |

| CLASES ANEP Y CÓDIGO | CATEGORÍAS JCR | CÓD . |
|---------------------------------|--|-----------------|
| | GERIATRICS & GERONTOLOGY | LI |
| | HEMATOLOGY | MA |
| | HEALTH CARE SCIENCES & SERVICES | HL |
| | HEALTH POLICY & SERVICES | LQ |
| | HEMATOLOGY | MA |
| | INFECTIOUS DISEASES | NN |
| | INTEGRATIVE & COMPLEMENTARY MEDICINE | OI |
| | MEDICAL ETHICS | OO |
| | MEDICINE, LEGAL | OP |
| | MEDICAL INFORMATICS | PT |
| | MEDICAL LABORATORY TECHNOLOGY | PW |
| | MEDICINE, GENERAL & INTERNAL | PY |
| | MEDICINE, RESEARCH & EXPERIMENTAL | QA |
| | NEUROSCIENCES | RU |
| | NEUROIMAGING | RX |
| | NURSING | RZ |
| | NUTRITION & DIETETICS | SA |
| | OBSTETRICS & GYNECOLOGY | SD |
| | ONCOLOGY | DM |
| | OPHTHALMOLOGY | SU |
| | ORTHOPEDECS | TC |
| | OTORHINOLARYNGOLOGY | TD |
| | PARASITOLOGY | TI |
| | PATHOLOGY | TM |
| | PEDIATRICS | TQ |
| | PERIPHERAL VASCULAR DISEASE | ZD |
| | PSYCHIATRY | VE |
| | PUBLIC, ENVIRONMENTAL & OCCUPATIONAL HEALTH | NE |
| | RADIOLOGY, NUCLEAR MEDICINE & MEDICAL IMAGING | VY WC |
| | REHABILITATION | WE |
| | RESPIRATORY SYSTEM | WH |
| | RHEUMATOLOGY | XW |
| | SPORT SCIENCES | GM |
| | SUBSTANCE ABUSE | YA |
| | SURGERY | YO |
| | TOXICOLOGY | YP |
| | TRANSPLANTATION | YU |
| | TROPICAL MEDICINE | ZA |
| | UROLOGY & NEPHROLOGY | |

Anexo 3. Resumen

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)

Autor: Diana Nazareth Ospina Rúa
Director: Dr. Jorge Robledo Velásquez
Trabajo de Grado: Maestría en Ingeniería Administrativa
Facultad de Minas
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
2009-I

Palabras clave: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; producción científica; indicadores cientímetricos

Resumen

Se analiza la producción científica de los docentes de la UNALMED entre 1990-2007 a fin de generar información que oriente la política en ciencia y tecnología en la Sede. Se emplearon indicadores cientímetricos de producción, colaboración, visibilidad e impacto aplicados a la producción científica encontrada en la base de datos Web of Science (WoS). Se examinó la variación interanual de la producción científica, las citaciones obtenidas por los artículos de acuerdo al tipo de colaboración (nacional, internacional o sin colaboración), de igual forma se estudio la calidad de las publicaciones donde publican los docentes con base al Factor de Impacto (FI) dado por la base de datos Journal Citation Report (JCR). Se observó que la colaboración internacional conlleva a obtener un mayor y un mejor promedio de citas y que en los primeros años el esfuerzo temático de la UNALMED se orienta a áreas básicas (matemáticas, química) y en los últimos años a áreas más aplicadas (ciencia y tecnología de materiales, tecnología química) y emergentes (biología vegetal y animal, ecología). Tanto la producción científica en revistas registradas en la base de datos WoS como el publicar en revistas de alto impacto ha crecido a lo largo del periodo de análisis.

Key Words: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; scientific production; scientometric indicators

Abstract

The scientific production of Universidad Nacional de Colombia, Medellin city (UNALMED) faculties is analyzed in the period since 1990 to 2007. The objective of obtained information is to address and to support the science and technology policy at UNALMED. It used scientometric indexes in different aspects, such as production, cooperation, visibility and impact. These were applied to scientific production, which is on *Web of Science (WoS)* data base. This job examined interannual variation of the scientific production, UNALMED faculty citations like references in papers written by foreign authors. It was taken into account by collaboration (national, international, non-collaboration). Also, the quality of publishing journals were analyzed through *Impact Factor (IF)*. This was obtained with the *Journal Citation Report* data base (*JCR*). The general results show the international collaboration improves the citation number in both quality and quantity. At the beginning of analysis period the UNALMED thematic effort is on basic areas (mathematics, chemistry). In the last years the applied areas (material science and technology, chemical technology) and emergent

areas (plant and animal biology, ecology) have been more active. The scientific production in WoS data base and number of published papers in indexed journals have risen in the period of time which is considered.