

GERARDO LUÍS ANGULO-CUENTAS, ERNESTO AMARÚ GALVIS-LISTA,  
MAYDA PATRICIA GONZÁLEZ-ZABALA Y JAIRO ALBERTO BARRIOS VÁSQUEZ

# Ambiente y Sostenibilidad:

una mirada desde la  
producción científica



**Editorial**  
•UNIMAGDALENA•

Ambiente y sostenibilidad : una mirada desde la producción científica / Gerardo Luis Angulo Cuentas ... [et al.]. – 1a. ed. -- Santa Marta : Universidad del Magdalena, 2018.

Recurso en línea

Incluye bibliografía.

ISBN 978-958-746-162-6 (digital)

1. Desarrollo sostenible – Investigaciones 2. Investigación científica 3. Productividad científica I. Angulo Cuentas, Gerardo Luis

CDD: 333.707 ed. 23

CO-BoBN– a1036606

Primera edición, noviembre de 2018

© UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Editorial Unimagdalena  
Carrera 32 No. 22 - 08 / bloque 8 - segundo piso  
(57 - 5) 4217940 Ext. 1888  
Santa Marta D.T.C.H. - Colombia  
editorial@unimagdalena.edu.co  
<https://editorial.unimagdalena.edu.co>

Rector: Pablo Vera Salazar  
Vicerrector de Investigación: Ernesto Amarú Galvis Lista  
Coordinador de Publicaciones y Fomento Editorial: Jorge Enrique Elías-Caro

Diseño editorial: Luis Felipe Márquez Lora  
Diagramación: Jorge Mario Cabana Juvinao  
Diseño de portada: Andrés Felipe Moreno Toro  
Editor literario: Clinton Ramírez C.  
Corrección de estilo: Gran Caribe, Pensamiento, Cultura, Literatura

Santa Marta, Colombia, 2018

ISBN: 978-958-746-162-6 (pdf)

Impreso y hecho en Colombia - Printed and made in Colombia  
Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres (Bogotá)

El contenido de esta obra está protegido por las leyes y tratados internacionales en materia de Derecho de Autor. Queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio impreso o digital conocido o por conocer. Queda prohibida la comunicación pública por cualquier medio, inclusive a través de redes digitales, sin contar con la previa y expresa autorización de la Universidad del Magdalena.

Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad del autor y no compromete al pensamiento institucional de la Universidad del Magdalena, ni genera responsabilidad frente a terceros.

## DATOS AUTORES

**Gerardo Luis Angulo Cuentas:** Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial, PhD en Ingeniería, Gestión y Desarrollo Tecnológico. Profesor titular de la Universidad del Magdalena. Estructurador de Proyectos CTI validado por COLCIENCIAS e investigador asociado reconocido por la misma institución. Ha dirigido varios proyectos de investigación en la industria y ha sido ponente en congresos internacionales sobre Gestión de la Innovación. Posee diversas publicaciones en revistas especializadas en gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, enfocadas en los últimos años a la Gestión y Transferencia de Conocimiento y Tecnología. Ha sido asesor en prospectiva en diversas instituciones. Fue decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Magdalena. Cofundador del Centro de Innovación y Emprendimiento de la Unimagdalena el cual dirige en la actualidad.

**Ernesto Amarú Galvis-Lista:** Ingeniero de Sistemas, Magíster en Informática, PhD en Ingeniería, Sistemas y Computación. Profesor titular de la Universidad del Magdalena. Categorizado por COLCIENCIAS como investigador asociado. Líder del grupo de investigación Desarrollo y Gestión de Tecnologías para las Organizaciones y la Sociedad – DYGTOS reconocido por COLCIENCIAS. Ha dirigido varios proyectos de investigación y desarrollo y ha sido ponente en congresos internacionales sobre Gestión del Conocimiento. Posee diversas publicaciones en revistas especializadas en gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, enfocadas en los últimos años a la Gestión y Transferencia de Conocimiento y Ciencias de la Información. Fue decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Magdalena. Actualmente se desempeña como Vicerrector de Investigación de la Universidad del Magdalena y miembro de los Consejos Académico y Superior de la misma institución.

**Mayda Patricia González-Zabala:** Ingeniera de Sistemas, Magíster en Informática, PhD en Ingeniería, Sistemas y Computación. Profesora titular de la Universidad del Magdalena. Categorizada por COLCIENCIAS como Investigadora Junior. Integrante del grupo de investigación Desarrollo y Gestión de Tecnologías para las Organizaciones y la Sociedad – DYGTOS de la Universidad del Magdalena. Ha dirigido varios proyectos de investigación y desarrollo. Ha sido jurado en comités

de evaluación de trabajos de grado relativos a perfiles de la actividad científica. Ha sido ponente en congresos internacionales sobre indicadores de Ciencia y Tecnología y de Gestión Tecnológica. Posee diversas publicaciones en revistas especializadas en gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Actualmente es miembro del Consejo de Programa de Ingeniería de Sistema.

**Jairo Barrios-Vásquez:** Ingeniero Industrial, estudiante de la Especialización en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de la Universidad del Magdalena. Estructurador de proyectos de CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) validado por Colciencias. Se ha desempeñado como Joven Investigador e Innovador en la Universidad del Magdalena, y como líder de investigación en la Construcción del Plan Prospectivo para el desarrollo de la CTI de la misma institución. Se encuentra vinculado como investigador al Grupo de Investigación de Nuevos Materiales de la Universidad del Magdalena, y ha realizado ponencias a nivel internacional y nacional de análisis bibliométricos y patentométricos.

# CONTENIDO

<b>1. Presentación</b> .....	5
<b>2. Metodología</b> .....	7
2.1. Selección de los referentes.....	8
2.2. Definición de las variables de búsqueda.....	8
2.3. Descarga y procesamiento de datos.....	10
2.4. Definición de los indicadores bibliométricos.....	11
2.5. Cálculo de los indicadores.....	13
2.6. Análisis y síntesis de los resultados.....	15
<b>3. Tendencias científicas</b> .....	16
3.1. Agricultura y ciencias biológicas.....	17
3.2. Bioquímica, genética y biología molecular.....	43
3.3. Ciencias de la tierra y del planeta.....	64
3.4. Ciencias medioambientales.....	86
<b>4. Conclusiones</b> .....	113
<b>Agradecimientos</b> .....	117
<b>Bibliografía</b> .....	118
<b>Listado de tablas</b> .....	128
<b>Listado de gráficas</b> .....	130

# 1. PRESENTACIÓN

El crecimiento de la producción científica en las últimas décadas, así como su recopilación en bases de datos bibliográficas automatizadas, han potenciado el uso de la bibliometría y la generación de indicadores para medir los resultados de la actividad científica y tecnológica. De ahí que el reconocimiento de la utilidad de la bibliometría para el estudio de la actividad investigadora y tecnológica haya experimentado un gran desarrollo. Los estudios bibliométricos han sido cada vez más requeridos y utilizados no solo para la cuantificación de la producción, sino para otros fines como identificar grupos y áreas de excelencia, asociaciones temáticas, interdisciplinariedad, disciplinas emergentes, redes de colaboración temática, prioridades, etc. (Filipo y Fernández, 2002, p.1).

El presente análisis bibliométrico está dirigido a los actores de Ciencia, Tecnología e Innovación y tiene como propósito brindar información de la actividad científica para apoyar el diseño, seguimiento y evaluación de estrategias, programas, instrumentos y acciones específicas en la formulación y ejecución de proyectos relacionados con el ambiente y la sostenibilidad.

Este libro es un resultado del análisis de tendencias de la producción científica mundial de cuatro áreas temáticas de la base de datos Scopus relacionadas con el ambiente y la sostenibilidad. La selección de estas áreas objetos de estudio se hizo con relación a las áreas temáticas que reporta Scopus para las publicaciones de la Universidad del Magdalena. En relación al panorama de la productividad científica de la Universidad del Magdalena en Scopus, durante el período 1986-2016<sup>1</sup>, registró un total de

---

1. Fecha de consulta 06/10/2016

455 documentos, clasificados en 24 áreas temáticas: (i) Agricultura y ciencias biológicas, (ii) Arte y humanidades, (iii) Bioquímica, genética y biología molecular, (iv) Ciencias de la decisión, (v) Ciencias de la computación, (vi) Ciencias de la tierra y del planeta, (vii) Ciencias de los materiales, (viii) Ciencias medioambientales, (ix) Ciencias sociales, (x) Economía, econometría y finanzas, (xi) Energía, (xii) Enfermería, (xiii) Farmacología, toxicología y farmacéutica, (xiv) Física y astronomía, (xv) Ingeniería, (xvi) Ingeniería química, (xvii) Inmunología y microbiología, (xviii) Matemáticas, (xix) Medicina, (xx) Negocios, administración y contabilidad, (xxi) Neurociencia, (xxii) Odontología, (xxiii) Psicología y (xxiv) Química. De esta forma, el estudio incluye una revisión de un total de 954.973 registros distribuidos en las siguientes cuatro áreas: i) Agricultura y ciencias biológicas, ii) Bioquímica, genética y biología molecular, iii) Ciencias de la tierra y del planeta, iv) Ciencias medioambientales.

El documento se estructura de la siguiente manera: primero, se presenta la metodología de búsqueda, descargue y procesamiento de datos. Luego se presentan las tendencias científicas en cada área Scopus. También se muestra el cálculo de indicadores bibliométricos con el objetivo de identificar el comportamiento de las cuatro áreas de estudio en el periodo comprendido del año 2014 al 2016. Por último, se presentan las conclusiones de interés general. Cada área temática es abordada de forma independiente, y en el capítulo de conclusiones se muestra un breve recuento e implicaciones de los resultados globales.

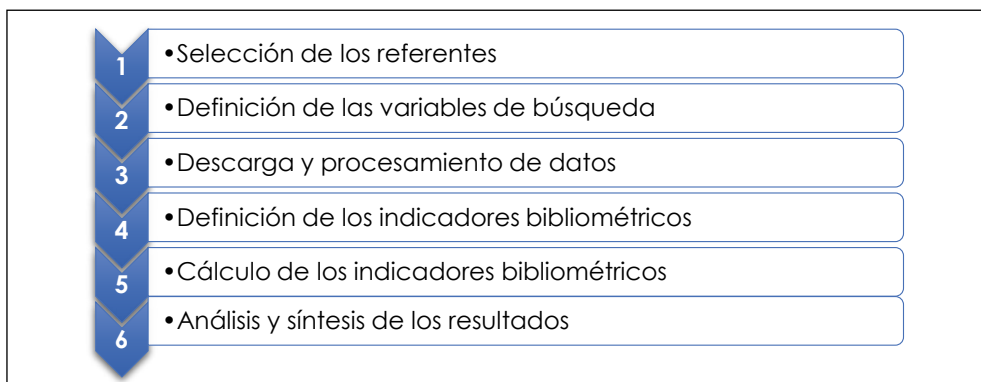
Se espera que este libro se constituya en un documento de referencia para los actores de Ciencia, Tecnología e Innovación interesados en temas relacionados con el Ambiente y sostenibilidad, aportando información sobre la situación científica de un país o tema de investigación, y permitiendo evaluar el rendimiento de la actividad científica y su impacto en la comunidad.

## 2. METODOLOGÍA

La bibliometría es definida por Norton (2000) como la medida de textos e información. Históricamente, los métodos bibliométricos se han utilizado para rastrear citas de revistas académicas. Sin embargo, hoy la bibliometría se puede utilizar para comprender el pasado e incluso para prospectar el futuro. La bibliometría ayuda a explorar, organizar y analizar grandes cantidades de datos que pueden ayudar a los investigadores en el proceso de toma de decisiones (Daim, Rueda, Martin y Gerdstri, 2006, p. 841).

La construcción del perfil bibliométrico en la producción científica en ambiente y sostenibilidad se basó en la metodología propuesta por Bidosola *et al.* (2017, pp. 27-28). Este método define una secuencia de fases presentadas en la Gráfica 1, y descritas en mayor detalle en esta sección, que comprenden desde la selección de referentes hasta el análisis y síntesis de los resultados:

**Gráfica 1.** Fases metodológicas para el análisis de la producción científica



Fuente: Elaboración propia basada en Bidosola *et al.* (2017, pp. 27-28).



## 2.1. Selección de los referentes

La determinación de referentes constituye el punto de partida para la realización de los análisis bibliométricos presentados en este documento. De esta forma, el campo de búsqueda *subject area* (áreas temáticas) de Scopus representa la base de análisis y de búsqueda para los ejercicios de bibliometría.

La clasificación de las áreas temáticas en Scopus es realizada por un equipo de expertos de Elsevier (2017b), teniendo en cuenta los objetivos, alcance del título y el contenido de la publicación. Esta clasificación se realiza utilizando el esquema ASJC (All Science Journal Classification) para poder estandarizar las publicaciones y utilizar filtros de búsqueda por el campo *subject area*. En total existen 30 *subject area* clasificadas y agrupadas en cuatro grandes categorías: ciencias físicas, ciencias de la salud, ciencias sociales y ciencias de la vida.

Las áreas seleccionadas para la realización de los análisis bibliométricos de este libro se determinaron a partir de las áreas temáticas que registra Scopus para las publicaciones de la Universidad del Magdalena. En este libro, como se describió en la presentación, se muestran los resultados obtenidos para cuatro de las 24 áreas seleccionadas; todas relacionadas con la temática Ambiente y sostenibilidad. Estas cuatro áreas Scopus seleccionadas para los análisis del presente libro se basaron en las áreas de conocimiento abordadas por las unidades académicas de la facultad de Ciencias Básicas, los programas de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Ingeniería Pesquera e Ingeniería Agronómica, la maestría en Pesquerías Tropicales y la maestría en Acuicultura de la Universidad del Magdalena.

## 2.2. Definición de las variables de búsqueda

La estrategia de búsqueda se fundamenta en dos elementos principales: la determinación de la fuente a consultar y las expresiones de búsqueda utilizadas en la fuente seleccionada, es decir, la ecuación de búsqueda (Galvis-Lista y Sánchez-Torres, 2014). La base de datos Scopus se utilizó como fuente para el análisis bibliométrico por ser la mayor base de datos

de citas y referencias bibliográficas revisadas por pares: revistas científicas, libros y actas de congresos (Elsevier, 2017a), que recoge la mayoría de la producción científica a nivel mundial.

La ecuación de búsqueda se elaboró a partir de un proceso iterativo para refinar los resultados, en el que se fueron incorporando y limitando campos de búsqueda como tipo de documento, año, área Scopus, palabras clave, entre otros. Para su construcción se hizo una primera revisión bibliográfica en el área temática de interés, para compilar todos los documentos publicados. Es así como para cada área se utilizaron los siguientes códigos: Agricultura y ciencias biológicas ("AGRI"), Bioquímica, genética y biología molecular ("BIOC"), Ciencias de la tierra y del planeta ("EART") y Ciencias medioambientales ("ENVI"). Cabe resaltar que un documento publicado puede estar asignado en una o varias *subject area*. Posteriormente, a partir de los resultados iniciales se depuró la búsqueda, incorporando campos específicos como el tipo de documento (*Conference paper, Article, Article in press y Review*), el año de publicación (2014 al 2016) y palabras clave.

Para el tipo de documento, Scopus limita la búsqueda a documentos clasificados por diferentes tipologías. Los valores posibles de esta búsqueda corresponden a Artículo-ar / Artículo en Press-ip / Abstract Report-ab / Book-bk / Book Capítulo-ch / Business Article-bz / Conference Paper-cp / Conference Review-cr / Editorial-ed / Erratum-er / Letter-le / Note-no / Press Release-pr / Report-rp / Review-re / Short Survey-sh. En este análisis se incluyen los documentos clasificados como: Article-ar (artículo), Article in Press-ip (artículo en prensa), Conference Paper-cp (documentos en conferencia), Review-re (reseña o artículo en revisión); definidos según Elsevier (2017b) como:

- Artículo: Investigación original, publicada en revista y revisada por pares. Suele tener páginas y estar dividida por secciones: resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, conclusiones, discusiones y referencias.
- Artículo en prensa: artículo aceptado disponible en línea antes de la publicación oficial. No contiene referencias citadas y son desduplicada una vez que la versión final se publique y esté disponible en Scopus.

- Documentos en conferencia: Artículos originales que informan datos presentados en una conferencia o simposio. Son de cualquier longitud y contenido y reportan datos de una conferencia.
- Review: Revisiones significativas de la investigación original. Suelen tener una extensa bibliografía, revisiones específicas dentro de la literatura. Las revisiones carecen de las secciones más típicas de los artículos originales tales como materiales y métodos y resultados (pp, 10-11).

La ventana de observación definida para tres años obedece a la hipótesis planteada por Benson y Magee (2015) quienes afirman que es posible identificar tendencias en campos de conocimiento analizando indicadores de inmediatez (índice de Price, citaciones de documentos de patentes) utilizando la información de 3 años posteriores a la publicación de los documentos para medir el impacto. Al analizar un campo científico, una revisión de todas las publicaciones puede proporcionar una idea objetiva de la diseminación de la teoría, sus principales tendencias y sus vínculos (Small, 1974). De esta forma, la selección de documentos publicados en los años 2014, 2015 y 2016 permitirá distinguir tendencias científicas en rápido desarrollo para años posteriores a su publicación, visualizando el horizonte de investigación para los actores de Ciencia, Tecnología e Innovación.

En lo que respecta a la ecuación de búsqueda final para cada área, se conformó un conjunto de palabras clave, sintagmas, conectores, operadores booleanos y caracteres, que se detallan en cada subcapítulo de las tendencias científicas. En la mayoría de los casos, estas palabras clave fueron escogidas y validadas por expertos académicos del área respectiva. Para algunos casos, los expertos consideraron tomar como ecuación de búsqueda el área completa sin palabras clave, es decir, todas las publicaciones y luego limitar en revistas científicas categorizadas en cuartil Q1 en el Scimago Journal & Country Rank (SJR) del área Scopus. En cada subcapítulo se especifica en mayor detalle la metodología utilizada en la construcción de la ecuación de búsqueda.

### **2.3. Descarga y procesamiento de datos**

Los resultados obtenidos de la ecuación de búsqueda fueron descargados para su posterior procesamiento. Una vez descargados los registros

bibliográficos, se realizó una depuración y evaluación de calidad de los datos, la cual consistió en una revisión de la información, verificación de datos completos, ordenamiento de la estructura de ellos y eliminación de registros que pudieran representar un cuello de botella a la hora de su procesamiento por información incompleta o registro duplicado. El propósito de este proceso fue mejorar la eficacia de los datos existentes y mitigar los efectos generados en los procesos de recopilación, almacenamiento y administración de la información.

El formato de descarga en el que se decidió mantener la información fue en archivos de texto con el fin de garantizar el tamaño mínimo de almacenamiento; además, la información a descargar de cada registro incluyó la información de citación, la información bibliográfica, el resumen y las palabras clave, contenidos en la base de datos Scopus. El proceso de depuración inicial se basó en los trabajos de Angulo-Cuentas *et al.* (2008, 2009, 2010, 2010b) y el proceso de evaluación de calidad de los datos fue realizado de manera similar a (Power Data, 2013 citado por Osorio, 2015, p. 42), desarrollado a través de cuatro pasos: primero, el perfilado de datos en donde se registraron datos que hicieron falta y se eliminaron aquellos que estaban repetidos, segundo, la limpieza de los datos que consistió en un proceso de revisión y estandarización de términos, nomenclaturas, abreviaturas o siglas tercero, la mejora de datos en el cual se reemplazó algún dato erróneo por uno correcto y se adicionaron datos que no se descargaron inicialmente; y por último se realizó un *matching* o relación de datos para la fusión de duplicados. Estos procesos de depuración y evaluación de la calidad de datos se realizaron de forma manual a través de funciones de macros, análisis avanzado de datos y principios de programación en Microsoft Excel®. La información se consolidó en una matriz para su análisis.

## **2.4. Definición de los indicadores bibliométricos**

Como medida de la calidad de la publicación científica, la bibliometría se expresa a través de varios indicadores. Para los investigadores, los indicadores bibliométricos son importantes porque permiten mediciones objetivas de la difusión y el impacto de las publicaciones por una revista dentro la comunidad científica. Para las organizaciones, los indicadores bibliométricos son importantes porque permiten mediciones objetivas de la calidad de una investigación en particular, investigadores individuales o un

grupo de investigadores. Prácticamente, estos indicadores pueden ayudar a las organizaciones a tomar decisiones respecto a citas, promociones, financiación, enfoques de la investigación e impacto científico (Durieux y Gevenois, 2010).

Algunos indicadores comunes que se han usado en bibliometría han sido autores, afiliaciones, organizaciones, países, mapas conceptuales, análisis de clúster, análisis de citas y co-citas por mencionar algunos de ellos (Daim, Rueda, Martín, y Gerdtsri, 2006). En esta fase se definieron un conjunto de indicadores bibliométricos para describir las características de la literatura científica en cada área. Para la selección de los indicadores, los autores se basaron en los trabajos de Porter y Rafols (2009), Durieux y Gevenois (2010) y Garechana *et al.* (2015).

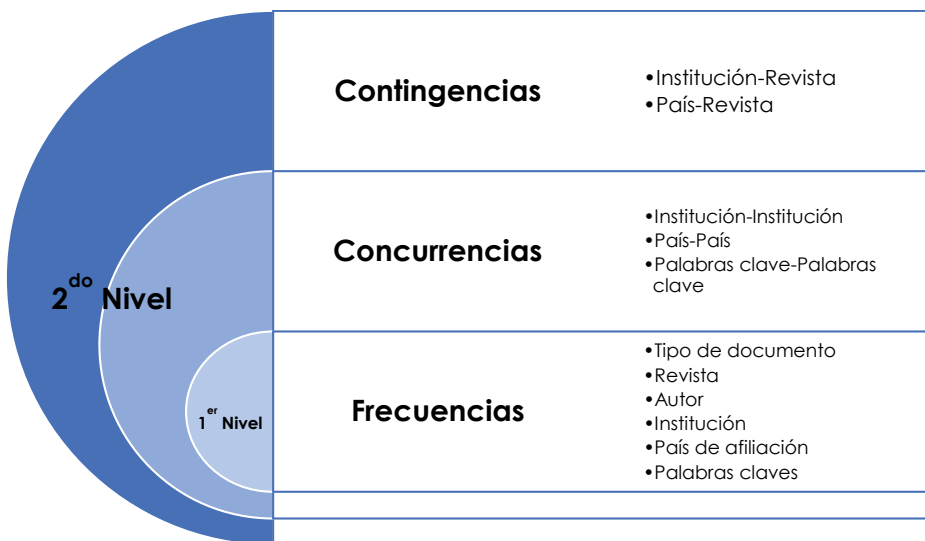
Los indicadores calculados en el presente libro, están estructurados en dos niveles: el primero conformado por aquellos que miden la frecuencia estadística y el segundo nivel por aquellos que evalúan las relaciones que puede haber entre sus variables, estos son los llamados indicadores de concurrencia y contingencia. En total se definieron 11 indicadores: seis de frecuencia, tres de concurrencia y dos de contingencia. Los aspectos analizados en los indicadores de primer nivel incluyeron el tipo de documento, revistas, autores, instituciones, afiliación de los autores y palabras clave. Para los indicadores de segundo nivel se determinaron análisis de concurrencias entre países, instituciones y palabras clave; y análisis de contingencias entre instituciones-revistas y países-revistas.

En la Gráfica 2, se ilustra la estructura propuesta para la definición de los indicadores bibliométricos.

La evaluación de las publicaciones en los análisis bibliométricos se puede hacer utilizando un conjunto de herramientas estadísticas y matemáticas, *software* y programas o índices que conllevan al cálculo de los mencionados indicadores bibliométricos. Si bien algunos trabajos como el de Morris *et al.* (2002) que privilegian la utilización de una herramienta de visualización; Daim *et al.* (2006) que integran herramientas de previsión (curvas de crecimiento y analogías); y Porter *et al.* (2003) quienes desarrollaron el *software* Vantagepoint® han hecho uso de herramientas y *software* complejos y licenciados para examinar tendencias y patrones de investigación; los

análisis realizados en este estudio se apoyan en *software* libres, gratuitos y herramientas genéricas de ofimática, para predecir tendencias de investigación en campos específicos del conocimiento. Lo anterior constituye un aporte para aquellos actores que cuentan con bajo presupuesto para adquirir recursos tecnológicos costosos y que enfrentan grandes retos en la planeación de su estrategia y demás actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación.

**Gráfica 2.** Estructura de los indicadores bibliométricos



Fuente: Elaboración propia basada en Porter y Rafols (2009), Durieux y Gevenois (2010) y Garechana *et al.* (2015)

## 2.5. Cálculo de los indicadores

Entrando en detalle se puede precisar lo siguiente, los indicadores de primer nivel se calcularon por conteo de frecuencias utilizando la función de tablas dinámicas y opciones para el análisis avanzado de datos de Microsoft Excel®; y los indicadores de concurrencias se calcularon con el uso del *software* VOSviewer® (*Software* utilizado para la construcción y visualización de redes bibliométricas); por su parte, los indicadores de

contingencia (relación entre instituciones y revista, y países y revistas) al igual que los de frecuencia se calcularon utilizando Microsoft Excel®.

Las redes bibliométricas generadas por el *software* VOSviewer® pueden incluir, por ejemplo, revistas, investigadores o publicaciones individuales, y pueden construirse sobre la base de citas, acoplamiento bibliográfico, cocitaciones o relaciones de coautoría. VOSviewer® también ofrece funcionalidad de minería de textos que se puede usar para construir y visualizar redes de concurrencia de términos importantes extraídos de un corpus de literatura científica.

- En la elaboración de los mapas de colaboración en el programa de VOSviewer® fue necesario establecer los siguientes parámetros con base a criterios estadísticos que garantizan una muestra representativa para el análisis de los campos estudiados.
- Los mapas de redes de palabras clave estuvieron conformados por 1.225 ítems correspondientes a aproximadamente la raíz cuadrada del número total de registros del área temática con mayor producción (1.498.558 documentos del área Medicina).
- Los mapas de redes de países e instituciones estuvieron conformados por 120 ítems correspondiente a aproximadamente el 10 % del tamaño de la muestra de palabras clave y autores.
- Los mapas de redes de palabras clave se construyeron a partir de las palabras definidas por los autores.
- Por defecto, el programa agrupa los ítems por grupos y colores.

Las redes de colaboración entre países, instituciones y palabras clave realizados a través de VOSviewer® se presentan de manera individual para cada área Scopus evaluada. Los elementos o variables visualizados en los mapas están representados por una etiqueta y un círculo. El tamaño de la etiqueta y del círculo indican el peso del ítem (país, palabra clave, institución o autor), es decir, las ocurrencias de este; cuanto mayor sea el peso de un ítem, más grande será la etiqueta y el círculo. El color del círculo está determinado por el grupo o clúster al que pertenece. La distancia entre los