



**EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO COMO HERRAMIENTA PARA  
EL SEGUIMIENTO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, TESIS  
Y TRABAJOS DE GRADO**

TATIANA ALEXANDRA ESCORCIA OTALORA

TRABAJO DE GRADO  
Presentado como requisito parcial  
Para optar al título de

Microbióloga Industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL  
Bogotá, D.C. 2008

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Sólo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

**EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO COMO HERRAMIENTA PARA  
EL SEGUIMIENTO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, TESIS  
Y TRABAJOS DE GRADO**

TATIANA ALEXANDRA ESCORCIA OTALORA

APROBADO

---

Raúl A. Poutou Piñales **BQ, M.Sc., Ph.D.**  
Director

**EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO COMO HERRAMIENTA PARA  
EL SEGUIMIENTO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, TESIS  
Y TRABAJOS DE GRADO**

TATIANA ALEXANDRA ESCORCIA OTALORA

APROBADO

---

JURADO 1

---

JURADO 2

**EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO COMO HERRAMIENTA PARA  
EL SEGUIMIENTO DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, TESIS  
Y TRABAJOS DE GRADO**

TATIANA ALEXANDRA ESCORCIA OTALORA

APROBADO

---

Dra. Ingrid Schuler **Ph.D.**  
Decana Académica

---

Dra. Janeth A. Palacios **M.Sc.**  
Dir. Carrera de Microbiología Industrial

Facultad Ciencias Pontificia Universidad

## DEDICATORIA

*A la vida por permitirnos conocer algo de ella.*

*A mi familia por su entrega sin límites y condiciones.*

*A mi novio que durante varios años me apoyo y ánimo en la búsqueda de mis sueños a pesar de las adversidades.*

*A mi Alma Mater, por apoyar la construcción de mis proyectos de vida social y profesional.*

*A los docentes, por ser forjadores del ser profesional y fieles testigos de mi crecimiento personal y laboral.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Este documento se gestó con base en el trabajo sistemático y reflexivo que desarrolló el docente Raúl Poutou.

Es producto de un juicioso trabajo de reflexión conjunta y debate conceptual a la luz de la experiencia y el conocimiento, los lineamientos y el aporte conceptual y metodológico del docente Poutou. La participación de cada uno de tales actores fue fundamental para esta producción, y es por tanto, una muestra ejemplar de cómo pueden dialogar y trabajar en equipo la experiencia académica y pedagógica, el conocimiento intelectual y el deseo de aportar a la comunidad profesional soluciones concretas que orienten y dinamicen las futuras investigaciones.

Esperamos que, además de los valiosos aportes que presenta esta tesis, particularmente para la Microbiología Industrial de la ciudad y del país, este estilo de trabajo sea también un avance hacia la consolidación de un diálogo productivo y permanente entre los diferentes actores, a favor del mejoramiento continuo del quehacer científico y el conocimiento sobre el mismo.

## Tabla de Contenido

<b>Índice de Tablas</b>	<b>10</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>15</b>
i. Ley del crecimiento exponencial de la información científica	16
ii. Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica.	17
iii. Ley de la dispersión de la literatura científica.	18
<b>Indicadores bibliométricos</b>	<b>19</b>
a) Indicadores personales:	21
b) Indicadores de Productividad:	21
i. Índice de productividad personal	22
ii. Índice de transitoriedad	22
iii. Índice de colaboración	23
iv. Índice de multiautoría:	24
v. Índice de institucionalidad:	24
c) Indicadores de Citación o de consumo:	25
i. Índice de obsolescencia:	25
i.i. Indicador de la Vida Media o Semiperíodo (half-life):	25
i.ii. Índice de Price:	26
ii. Factor de impacto de las revistas:	27
iii. Índice de inmediatez:	28
iv. Índice de actualidad temática:	29
v. Índice de aislamiento:	29
d) Indicadores de Contenido:	30
i. Índice de contenido temático:	30
e) Indicadores Metodológicos:	31
i. Limitaciones de las citas	31
i.i. Problemas conceptuales	31
i.ii. Problemas técnicos	32
i.iii. Diferencias entre tipos documentales	32
i.iv. Diferencias entre áreas	32
ii. Limitaciones del factor de impacto.	33
iii. Limitación indicadores de actividad científica.	35
<b>OBJETIVOS</b>	<b>39</b>
Objetivo General	39
Objetivos específicos	39
<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>40</b>
Tipo de Análisis	40
Análisis de la publicación científica <i>Universitas Scientiarum</i>	40
Material de análisis y origen	40
Recopilación y manejo de datos	41
Indicadores bibliométricos	41
Análisis de datos	43
Análisis de la Tesis Doctoral y los Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría	43
<b>RESULTADOS</b>	<b>44</b>
Análisis de la publicación científica <i>Universitas Scientiarum</i>	44
Análisis de la Tesis Doctoral y los Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría	49
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
Análisis Bibliométrico de la Revista <i>Universitas Scientiarum</i>	50
Índice de Colaboración	50
Índice de Productividad	51
Índice de Autocitación	51
Índice de Aislamiento	52
Análisis de Obsolescencia	53
Análisis de la Tesis y Trabajos de Grado	54
Análisis de la Tesis Doctoral	55
Análisis del Trabajo de Grado (Pregrado)	56

Análisis del Trabajo de Grado (Maestría)	56
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO</b>	<b>61</b>
Artículo enviado a <i>Universitas Scientiarum</i>	61

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Clasificación de los indicadores bibliométricos</i> .....	21
<i>Tabla 2. Diferencias entre citas y factores de impacto</i> .....	35
<i>Tabla 3. Codificación de los Trabajos de Grado y la Tesis que fueron analizados en este estudio. ....</i>	43
<i>Tabla 4. Distribución numérica y porcentual de los artículos, autores y referencias por categorías, años y volúmenes de la revista Universitas Scientiarum (1987-2007)</i> .....	45
<i>Tabla 5. Vida media (h) de los diferentes volúmenes de la revista Universitas Scientiarum (1987-2007); calculada según el semiperíodo de Burton-Kebler (6)</i> .....	47
<i>Tabla 6. Resultados del análisis bibliométrico de los trabajos de grado y la tesis doctoral</i> .....	49

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Superficie de interacción entre los índices de colaboración y de productividad a través del análisis de los artículos publicados. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2. Superficie de interacción entre los índices IO, SCR y IA, a través del análisis de la actualidad de los artículos referenciados, la citación de artículos del mismo país y de artículos de los propios autores .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3. Superficie de pérdida de actualidad para el período 1987-2007 de la revista Universitas Scientiarum. ....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 4. La superficie roja muestra la distribución de las referencias según la antigüedad con respecto al original en que fueron citadas (revista Universitas Scientiarum 1987-2007); la imagen especular muestra la distribución o número de referencias por año. ....</i>	<i>48</i>

## RESUMEN

Se realizó el análisis y seguimiento de las publicaciones científicas de la revista *Universitas Scientiarum*, al igual que las tesis y trabajos de grado de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana utilizando los indicadores bibliométricos con el fin de establecer la actualidad de los documentos.

El material analizado fueron los artículos originales publicados en la revista *Universitas Scientiarum* en el período de 1987 a 2007 volúmenes 1 al 12, al igual que una Tesis Doctoral y Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría. De este material se registro el número total de artículos/volumen-año-categoría, el número de autores/volumen-año, el total de referencias/volumen-año clasificadas como artículos de revistas científicas, libros y otros., los indicadores calculados fueron el tipo de documento, idioma, año de publicación, número de artículos, índice de productividad, índice de colaboración, índice de aislamiento, índice de autocitación e índice de obsolescencia.

Se encontraron 593 documentos publicados en la revista a partir del año 1987 hasta el 2007, con un total de 1099 autores de los cuales 548 participaron en los 186 artículos originales. De las 5494 referencias bibliográficas 61.75% son procedentes de revistas. El índice CI para el período fue de 2.95, el índice IP de 2.27 y el índice de Price fue de 13.88, de otro lado los índices IA y SCR reportaron 26.6 y 8.15% respectivamente y la pérdida de actualidad osciló entre 4.73% y 8.58%. En cuanto a la Tesis Doctoral y los Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría, en ese orden tuvieron 232, 52 y 686 citas bibliográficas, con IO de 12.61, 42.31 y 29.59 un IA de 9.2, 38.5 y 4.4, el SCR reportado es 5.04, 0 y 0.15, la vida media 10.4, 5.0 y 8.91, finalmente la perdida de actualidad es de 6.45, 12.94 y 7.48 respectivamente.

Debido a que la revista *Universitas Scientiarum* es multitemática al contener artículos sobre diferentes áreas de la ciencia no es conveniente realizar comparaciones entre ella, debido a que los hábitos de productividad y publicación de los autores difieren según el área, además los Indicadores bibliométricos en este tipo de revista varían drásticamente. Sin embargo, la obsolescencia es adecuado evaluarla ya que la literatura científica envejece rápidamente y depende del tipo de literatura, disciplina y campo, por ello pérdida de actualidad en el período del estudio fue baja debido a que el campo no es muy dinámico es decir de crecimiento lento., igualmente ocurre en la tesis de grado y la variación en la cantidad de citas en cada documento es causada por el área de trabajo.

Por lo anterior se recomienda clasificar en áreas específicas de la ciencias y categorías los documentos de la revista con el fin de obtener datos más reales en cada una de las áreas temáticas y establecer políticas en la revista para obtener publicaciones más actuales., además este trabajo también sugiere el análisis bibliométrico de las tesis y trabajos de grado con el fin de brinda información sobre las tendencias de investigación, innovación y actualidad de las áreas de las ciencias.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de las publicaciones científicas constituye un eslabón fundamental dentro del proceso de investigación y por tanto se ha convertido en una herramienta que permite calificar la calidad del proceso generador de conocimiento y el impacto de este proceso en el entorno (1). La bibliometría es una subdisciplina de la cienciometría y proporciona información sobre los resultados del proceso investigador, su volumen, evolución, visibilidad y estructura. Así permiten valorar la actividad científica, y el impacto tanto de la investigación como de las fuentes. De acuerdo con esto los indicadores bibliométricos se pueden clasificar en dos grandes grupos, los indicadores de actividad y los de impacto. Los indicadores de actividad visualizan el estado real de la ciencia y dentro de estos se encuentran número y distribución de publicaciones, productividad, dispersión de las publicaciones, colaboración en las publicaciones, vida media de la citación o envejecimiento, conexiones entre autores, entre otros. Entre los indicadores de impacto se encuentran la evaluación de documentos muy citados “Hot papers” y el factor de impacto (FIN); siendo este último el más conocido (2). La evaluación de la producción científica latinoamericana ha pasado por varias etapas, siendo el FIN el método más publicitado en la actualidad; desafortunadamente el FIN no permite hacer una medición adecuada pues según León et al (2007) no se basa en el prestigio científico de las revistas sino que es una manera de evaluar la popularidad (el FIN es el resultado del cociente del número de veces que es citada la revista y el número de artículos que han sido publicados en un período de dos años) y por lo tanto presenta sesgos idiomáticos, matemáticos y científicos en general que hacen que el FIN no sea la medida bibliométrica latinoamericana (3, 4); siendo esta una de las razones fundamentales que han permitido que los indicadores bibliométricos adquieran cada vez más importancia.

Entre los indicadores bibliométricos más frecuentes se encuentra el *semiperíodo* de Burton y Kebler (envejecimiento u obsolescencia), definido como la mediana de la distribución de las referencias ordenadas por antigüedad (diferencia entre el año de

publicación del artículo o publicación analizado y las referencias); de esta manera se calcula el número de años que van desde la actualidad hasta que se publicaron la mitad de las referencias emitidas por la revista en ese año. Como medida de obsolescencia también se emplea Índice de Price o porcentaje de referencias con menos de 5 años de antigüedad. El índice de aislamiento (*insularity*) o porcentaje de referencias, corresponde a publicaciones del mismo país de la publicación. El índice de autocitación tiene dos variantes o formas, el índice de autocitas de la revista en análisis (porcentaje de referencias propias publicadas) y el índice de autocitas de los autores (porcentaje de referencias publicadas por los mismos autores del artículo fuente), (5). Algunos autores manejan distribuciones como el número de referencias vs., la edad de las mismas; lo que muestra picos cuya posición está directamente relacionados con el grado de actualización de los artículos publicados.

Las publicaciones relacionadas con aspectos bibliométricos de publicaciones científicas nacionales son escasas y más si se trata de revistas universitarias multitemáticas. En el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento bibliométrico de la revista *Universitas Scientiarum* para tener elementos que permitan definir acciones para mejorar de la calidad de la misma.

## MARCO TEORICO

... “La Bibliometría es la ciencia que permite el análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura, estudiando la naturaleza y el curso de una disciplina científica” ...<sup>(6)</sup>.

La bibliometría es una parte de la cienciometría y según Pritchard (1969) es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos para analizar el curso de la comunicación escrita o literatura de carácter científico, así como a los autores que la producen <sup>(2)</sup>. La Bibliometría pretende cuantificar la actividad científica por medio de la aplicación de tratamientos cuantitativos a las propiedades del discurso escrito y los comportamientos típicos de este; para ello se ayuda de leyes bibliométricas, basadas en el comportamiento estadístico regular que a lo largo del tiempo han mostrado los diferentes elementos que forman parte de la Ciencia. Los instrumentos utilizados para medir los aspectos de este fenómeno social son los indicadores bibliométricos; medidas que proporcionan información sobre los resultados de la actividad científica en cualquiera de sus manifestaciones <sup>(2)</sup>.

La bibliometría hace parte de la sociología de la ciencia, y con ella se obtienen pautas en cuanto a como se desarrolló el estudio y la conducta de los autores, entre otros. Con la utilización de la bibliometría se calculan una serie de indicadores de acuerdo al tipo o diversidad de documento como es el caso de los artículos publicados en revistas de investigación los cuales pueden analizarse bibliométricamente <sup>(7)</sup>.

### *Leyes bibliométricas*

Existen varias leyes bibliométricas las cuales se nombran según las personas que las enunciaron. Son las llamadas leyes epónimas y no tienen la rigurosidad de las leyes físicas o químicas. Estas leyes son variantes algebraicas o expresiones distintas de un mismo fenómeno desde diferentes puntos de vistas, entre las que se encuentran las siguientes categorías.

- a. Las que afectan la literatura científica; en esta categoría se encuentra la Ley de Bradford que mide la distribución de artículos en un tema dado en revistas científicas (2, 8).
- b. Las que afectan a los autores de las publicaciones; en esta categoría se encuentran la ley de Lotka (9, 10), que demuestra que la relación trabajos/autor sigue un comportamiento constante bajo determinadas circunstancias. Esta ley determina que partiendo de un número de autores con un sólo trabajo sobre un tema determinado, es posible predecir el número de autores con "n" trabajos mediante la siguiente fórmula:

$$A_n = \frac{A^1}{n^2} \quad (1)$$

**Donde:**  $A_n$  es el número de autores con n firmas;  $A^1$  es el número de autores con una firma y  $n^2$  es el número de firmas al cuadrado (9, 10). Es decir, la cantidad de autores que publican «n» trabajos es inversamente proporcional al número de trabajos al cuadrado (11). Sin embargo, no sólo se trata de analizar el número de autores de un período determinado, sino de localizar a los autores más prolíferos.

Las leyes de Price (8), también pertenecen a esta categoría; estas leyes son (i) Ley del crecimiento exponencial de la información científica, (ii) Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica y (iii) Ley de la dispersión de la literatura científica.

*i. Ley del crecimiento exponencial de la información científica*

Price, J.S. (1976) constató que el crecimiento de la información científica ocurre a un ritmo muy superior al de otros procesos sociales, pero similar a otros procesos que se observan en el contexto natural, como por ejemplo los biológicos y el crecimiento de la población; el crecimiento es tal, que la información puede llegar a duplicarse, claro está que esto puede depender en gran medida del área del conocimiento que se trabaje, es decir que se está dando un crecimiento exponencial, que alcanza un límite

y es una progresión geométrica llamada explosión de la información (12), definida por la fórmula.

$$N = N_0 \times e^{b \times t} \quad (2)$$

**Donde:**  $N$  es la magnitud de medida relacionada con el tamaño de la ciencia,  $N_0$  es la magnitud de medida en el tiempo ( $t=0$ ),  $t$  es el tiempo y  $b$  es la constante que relaciona la velocidad de crecimiento con el tamaño ya adquirido de la ciencia.

Price propuso varias etapas: una fase de crecimiento exponencial, en la que la tasa de crecimiento es proporcional al tamaño de la muestra, y una fase de crecimiento lineal, en la que la tasa de crecimiento es constante o independiente del tamaño del sistema. Las etapas son las siguientes:

Fase 1: Precursores

Fase 2: Crecimiento exponencial

Fase 3: Crecimiento lineal

Fase 4: Colapso del campo científico

No sólo la literatura científica crece de forma exponencial, sino también el número de investigadores, por lo que la primera conclusión que obtuvo Price del crecimiento exponencial fue la "contemporaneidad de la ciencia", expresión que refleja el fenómeno que consiste en que el número de científicos en la actualidad constituyen casi el total de todos los que han existido en el pasado más los actuales, siendo el número de científicos del pasado una proporción casi irrelevante frente a este número actual. No obstante, un crecimiento exponencial no puede mantenerse hasta el infinito, es decir, ha de existir un límite llamado techo o límite de saturación. Una vez admitido este límite, Price postuló que el crecimiento de la ciencia tiene forma de curva logística.

ii. *Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica.*

Price, J.S. enunció que la bibliografía científica pierde actualidad cada vez más rápidamente (12).

*iii. Ley de la dispersión de la literatura científica.*

La dispersión formulada por Bradford, constató que si se estudia bibliografía especializada sobre un tema determinado, será publicado en un pequeño número de revistas (núcleo) y que a partir de esta zona nuclear de revistas, se formarán zonas donde se necesitará un número superior de revistas para obtener el mismo número de artículos (zona o área de Bradford 1), y así sucesivamente (12).

Si se disponen en orden decreciente las revistas científicas respecto a la productividad de artículos sobre un tema determinado, puede distinguirse un núcleo de revistas más concretamente consagradas al tema y diversos grupos o zonas que incluyen el mismo número de artículos que el núcleo.

$$J_{(p)} = Cp - 2 \quad (3)$$

**Donde:**  $J(p)$  es el número de revistas científicas,  $p$  es número de artículos de una disciplina,  $C$  es una constante (13).

Consecuencia de esta formulación matemática, se originaron varios grupos o zonas que contienen la misma cantidad de artículos de manera tal que la relación entre las zonas sea:

$$1 : n : n^2 : n^3 : \dots \quad (4)$$

Bradford, aparte de la formulación anterior realizó una gráfica de su ley, la cual consistente en una curva ascendente que en un punto determinado se convertía en una recta, definiendo las coordenadas de dicho punto al núcleo (13, 14).

### *Indicadores bibliométricos*

Los indicadores bibliométricos son instrumentos para medir las producciones científicas y permiten analizar el impacto que causa un trabajo científico o cualquier otro, dependiendo de la literatura citada; estos son datos estadísticos deducidos de las publicaciones científicas. Su uso se apoya en el papel tan importante que desempeñan las publicaciones en la difusión de los nuevos conocimientos, papel asumido a todos los niveles del proceso científico. Los datos estadísticos no pueden ser el límite de la función de los indicadores de actividad científica, sino integrarlos entre sí con el fin de conseguir explicaciones concretas y sólidas relacionadas con la ciencia <sup>(15)</sup>.

Con estos indicadores se puede determinar el crecimiento de cualquier área científica teniendo en cuenta la cantidad de trabajos publicados, colaboración de autores, centros de investigación, impacto de las comunicaciones, países, instituciones, la producción de los científicos, colegios invisibles, atendiendo el número de citas recibidas, entre otros (16).

Para el manejo adecuado de los indicadores bibliométricos existen ocho condiciones:

1. La utilización de los indicadores bibliométricos debe ir ligada a valoraciones de expertos relacionadas en el tema.
2. Para obtener resultados fiables es necesario utilizar varios indicadores debido a que no tienen la misma importancia y relevancia en todos los campos científicos.
3. Para la confianza y validez de un indicador, se debe someter a un riguroso análisis crítico.
4. Los indicadores bibliométricos carecen de sentido en si mismos, por ello es necesario relacionarlos con la fuente de donde procede los datos.
5. Por medio de un indicador no se obtienen sólidas conclusiones.
6. Debe rechazarse cualquier tipo de intuiciones. Solamente pueden interpretarse los indicadores, refiriéndolos a patrones cuantitativos.

7. La complejidad o sencillez de los indicadores es variable por lo que no se puede interpretar prototípicamente.
8. Los trabajos que son evaluados requieren del uso de indicadores específicos.

Los indicadores bibliométricos permiten evaluar, determinar y proporcionar información sobre los resultados del crecimiento en el proceso investigativo en cualquier campo de la ciencia como el volumen, evolución, visibilidad y estructura. Así permiten valorar la calidad de la actividad científica, y la influencia (o impacto) tanto del trabajo como de las fuentes. De acuerdo con ello, se pueden clasificar en dos grandes grupos: a) los indicadores cuantitativos de la actividad científica, donde incluye la cantidad de publicaciones y permite visualizar el estado real de la ciencia, y b) los indicadores de impacto que se basan en la cantidad de citas que se obtienen de los trabajos, y caracterizan la importancia del documento de acuerdo al reconocimiento otorgado por otros investigadores; es decir estos indicadores valoran el impacto de autores, revistas y/o trabajos (2, 17); sin embargo, se pueden clasificar en cinco grupos (16): a) Indicadores personales, b) Indicadores de productividad, c) indicadores de contenido, d) indicadores de metodología, y e) Indicadores de citación.

**Tabla 1.** Clasificación de los indicadores bibliométricos

<i>INDICADORES</i>	<i>CARACTERISTICAS</i>
Indicadores personales	Edad de los Investigadores Sexo de los Investigadores Antecedentes personales
Indicadores de productividad	Índice de productividad personal Índice de colaboración Índice de multiautoría Índice institucionalidad Índice de Transitoriedad
Indicadores de citación	Índice de antigüedad/obsolescencia Factor de impacto de las revistas Índice de inmediatez Índice de actualidad temática Índice de aislamiento Índice de autocitación Coeficiente general de citación
Indicadores de contenido	Temáticos o textuales Descriptores
Indicadores metodológicos	Paradigma adoptado Teoría desde o para la que se trabaja Diseños específicos utilizados Riesgos muestrales Técnicas de análisis

Tomado de (16).

**a) Indicadores personales:**

A estos se le atribuyen una serie de rasgos cualitativos relacionados directamente con el autor del estudio, es decir se hace alusión a indicadores relacionados con el género del investigador, variable que pasa a ser uno de los indicadores más estudiados dentro de la comunidad científica como edad, sexo, antecedentes personales, entre otros. Estos indicadores pueden parecer relevantes, pero facilitan información detallada sobre las características del grupo científico de un área determinada (16).

**b) Indicadores de Productividad:**

Estos indicadores son de carácter cuantitativo, debido a que aportan información sobre la cantidad de trabajos realizados.

*i. Índice de productividad personal*

Este es un indicador muy utilizado en la productividad y se mide a través del número de publicaciones por investigador, institución, grupo y se rige por la *Ley de Lotka* debido a que se aplica como instrumento para la descripción de las áreas temáticas y es definido como el logaritmo decimal del número de artículos realizados.

$$IP = \log N \quad (5)$$

**Donde:** *IP* es el indicador de productividad personal y *N* es el número de artículos.

Por tanto un  $IP \geq 1$  indica la producción de 10 artículos o más debido a que el log 10 es 1; sin embargo in  $IP = 0$  indica la producción de un sólo artículo, porque el log de 1 es 0. Este induce permite identificar tres clases de autores según su productividad:

- Grandes productores  $IP \geq 1$  (10 o más trabajos e índice de productividad igual o mayor que 1).
- Productores intermedios  $0 < IP < 1$  (entre 2 y 9 trabajos e índice de productividad mayor que 0 y menor que 1).
- Productores transitorios  $IP = 0$  (con un sólo trabajo y un índice de productividad igual a 0), (8, 16, 18, 19).

Aparte de la función principal, también este índice sirve para obtener el índice de transitoriedad, definido como el porcentaje que tiene un conjunto determinado de publicaciones correspondiente a los autores transitorios (19).

*ii. Índice de transitoriedad*

Este índice fue formulado por Price, donde hace referencia a la cantidad de autores que realizan un sólo trabajo de una rama específica de la ciencia; el porcentaje de autores ocasionales o transitorios (los de un sólo trabajo); actualmente constituyen un

75% del total respecto al conjunto de los autores permanentes o grandes productores; este índice disminuye en las disciplinas, temas o países con actividad científica frecuente y desarrollada (11, 16).

$$IT = (IP = 0) \quad (6)$$

**Donde:** ( $IP = 0$ ) son los productores transitorios (con un sólo trabajo y un índice de productividad igual a 0).

Los autores transitorios son aquellos que aparecen sólo una vez como autores y no lo hacen nuevamente; por el contrario, los grandes productores aparecen continuamente en los índices y muestran una tendencia de seguir siendo citados (16).

### iii. Índice de colaboración

*... "La colaboración entre investigadores tiene un efecto positivo sobre la producción científica, tanto cuantitativa como cualitativamente, en especial cuando ésta se lleva a cabo por investigadores y grupos del más alto nivel..." (20).*

El grado de colaboración ha variado a través de los años y según la disciplina desempeñada, observándose un aumento notable en la colaboración científica y en mayor proporción en aquellas materias de carácter científico que en las ciencias sociales y humanidades (21).

Los estudios sobre la colaboración científica, tienen una alta presencia en las investigaciones de tipo bibliométrico y suele ser utilizado como medida de colaboración científica entre varios autores y permite determinar el tamaño de los grupos de investigación. Este índice viene dado por una estadística que resulta de calcular la media ponderada de autores por documento y dividirlo por el número de documentos presentados por una institución o publicados por una revista determinada y su fórmula es:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^n j_i n_i}{N} \quad (7)$$

**Donde:**  $N$  es el total de documentos;  $j_i$  es el total de documentos con múltiples autores;  $n_i$  es la cantidad de documentos con  $j$  autores, o que  $j$  fueron equipos cooperantes (16, 22).

También se puede calcular, diferenciando entre firmas internas o locales y externas o de otras instituciones (1). Una serie de controversias traza el índice de colaboración cuando se refiere a los estudios realizados por varios autores, debido a que no se tiene un procedimiento determinado para cuantificar los estudios realizados por un sólo autor. En este sentido algunos estudios de los indicadores bibliométricos utilizados para el análisis de la ciencia, describen los diferentes procedimientos que se pueden efectuar para realizar dicha cuantificación (16).

*iv. Índice de multiautoría:*

Este índice está relacionado con el de colaboración y es definido como el conteo de la cantidad de autores de cada uno de los estudios, este indicador permite detectar los denominados “colegios invisibles” refiriéndose al grupo de investigadores científicos que comparten intereses comunes y se desempeñan en áreas similares a pesar de desempeñarse en lugares diferentes., se conocen, interactúan y tienen por finalidad el desarrollo de una disciplina científica y comparten información de sus propias publicaciones e incluso de aquella no impresa (16).

*v. Índice de institucionalidad:*

La colaboración entre instituciones es determinante en cuanto al grado de colaboración debido a que cada uno de los autores se encuentra vinculado o asociado a algún centro de investigación u organización. Este índice pretende evaluar cada institución en cuanto a la producción documental (16) y el tipo de colaboración que

se brinda, a partir de los indicadores de tasa de colaboración nacional y tasa de colaboración internacional, también conocida como índice de internalización (22).

c) Indicadores de Citación o de consumo:

Se basan en el análisis de las referencias e informan de la obsolescencia de un documento publicado.

*i. Índice de obsolescencia:*

El envejecimiento u obsolescencia de literatura científica, puede ser calculado mediante dos indicadores el factor de envejecimiento y la vida media; sin embargo el factor de envejecimiento se puede expresar como:

$$U_t = a^t \quad (8)$$

**Donde:**  $U$  es la utilidad (uso de los documentos),  $t$  es el tiempo en años,  $a^t$  es el factor de envejecimiento y  $U_t$  es la utilidad residual (23).

*i.i. Indicador de la Vida Media o Semiperíodo (half-life):*

El origen de este indicador inicia en el año de 1960 debido diversas contribuciones, como la de Raisig y Westbrook propusieron como medida de impacto de una publicación en cuanto al autor o revista, el resultado entre número de citas recibidas y trabajos publicados, es decir, el factor de impacto que comercializaría unos años después Science citation index (SCI); en el mismo año Burton y Kebler lo definió como ..."*el tiempo durante el cual fue publicada la mitad de la literatura activa circulante sobre un tema determinado*"... (22); se puede interpretar como la velocidad en que los documentos se tornan obsoletos, y dejan de tener impacto y difusión científica. La técnica se basa en el análisis de referencias bibliográficas de acuerdo al año de procedencia, considerando desde ese momento como el indicador principal de envejecimiento de las publicaciones citadas en un momento dado (5, 14, 16).

$$Vmt = K + \left( \frac{a - a_1}{a_2 - a_1} \right)$$

(9)

**Donde:**  $K$  es el número entero de años necesarios para acumular el 50% de la literatura activa;  $a$  es el 50% de la literatura activa;  $a1$  es el valor % acumulado antes de llegar al 50% y  $a2$  es el valor % acumulado posterior al 50%.

La información obtenida por medio de este indicador es útil para la toma de decisiones en cuanto a la administración de bibliotecas y archivos, porque muestra la edad de la mayoría de los artículos. El cálculo de la vida media de una revista es ventajoso para comprobar la importancia de la revista en el período que lo requiera y además permite conocer el grado de obsolescencia de sus artículos. Este índice se obtiene a partir de la edad o fecha de las citas que contienen los artículos publicados o revista o “*citing half life*” (1).

En 1970 Brookes propuso un método gráfico para determinar vida media (half-life) como el factor anual de envejecimiento, como la media aritmética (*mean life*) de la referencias distribuidas o año de procedencia consultada (16).

*i.ii. Índice de Price:*

Fue formulado por Price en 1970 y mide la proporción de citas en un documento que no tienen más de cinco años de antigüedad, frente al total de referencias (5, 14, 16).

$$IO = \frac{\text{Documentos} - 5\text{años}}{\text{Total}} \times 100\% \quad (10)$$

Price (1986) afirma que el índice de obsolescencia varía de según el área de conocimiento, debido a que la literatura pierde actualidad de manera rápida y también depende del tipo de documento analizado, porque estudios anteriores demuestran que las revistas suelen constituir un núcleo más actual de información a comparación al carácter clásico de los libros o monografías (16).

ii. *Factor de impacto de las revistas:*

Indicador utilizado para evaluar la importancia de publicaciones de revistas y compararlas frente a otras del mismo campo. Consiste en cuantificar el impacto de una investigación calculada a través de las citas bibliográficas que recibe el artículo en posteriores publicaciones (1, 16).

Por medio de un trabajo en (1927) Gross, para evaluar las revistas químicas hasta esa época, realizaron un recuento sencillo de las citas bibliográficas que cada uno de los documentos había provocado, por ello fue el pionero de este índice. En 1960, Raisig y Westbrook reprocharon las limitaciones graves que involucraba este método y propusieron como medida del impacto un índice consistente en el cociente entre el número de artículos citados y los publicados (16).

El factor de impacto de Garfield, contenido en los *Journal Citation Reports* (JCR) inició una etapa interesante en la bibliometría, debido a que este índice se viene utilizando internacionalmente como índice de la difusión y repercusión de la literatura científica.

La formula general del factor de impacto, definida por Garfield en 1983, es:

$$FI = \frac{cb}{art_c} \quad (11)$$

**Donde:**  $cb$  son la citas hechas en el año  $n$  a artículos publicados en años  $(n-1)$   $(n-2)$ , y  $art_c$  son la cantidad de artículos publicados en años  $(n-1)$   $(n-2)$  (artículos citables).

El factor de impacto en las revistas depende del tipo de investigación y generalmente las tasas mayores corresponden a revistas que abarcan amplias áreas de investigación básica con una literatura de vida corta.

El factor de impacto tiene una serie de desventajas:

- El factor de impacto en los artículos individuales de una revista, no son estadísticamente representativos.
- Las áreas con alto factor de impacto, son las que presentan un envejecimiento rápido de la bibliografía y es debido a que se calcula en función de las citas recibidas durante los dos años siguientes a la publicación de los artículos.
- Refleja pobremente las citas propias de cada artículo.
- Los artículos de revisión amplían el factor de impacto de las revistas debido a que son más citados que los originales.
- Los artículos extensos cuentan con más citas que los artículos cortos.
- La cobertura del *Journal Citation Reports (JCR)* no es amplia, por que tiende a seleccionar revistas en lengua inglesa, reflejado en el alto número de publicaciones americanas.
- Varían de año en año las revistas recopiladas por el JCR (17).

### iii. Índice de inmediatez:

Es un indicador obtenido a partir de las citaciones; muestra la rapidez, frecuencia o tiempo transcurrido en el cual un artículo se publica en una revista científica y es citado en un artículo diferente publicado por otro; a la vez, exalta las revistas que utilizan y publican la información más reciente, debido a que a menor tiempo entre publicación y citación, adquiere mayor valor en la comunidad científica al estar transformándola en un nuevo conocimiento al incorporarla rápidamente en sus líneas de investigación (16, 22).

Se define como el cociente de las citas que reciben los trabajos publicados en una revista durante el año, dividido, entre el número total de artículos publicados en esa misma revista y año (1, 16).

$$I_{\text{año}} = \frac{\# \text{artículos}_{\text{año } n}}{\# \text{citas}_{\text{año } n}} \quad (12)$$

**Donde:** *I* es el índice de inmediatez o instantaneidad y *n* el año que se quiere evaluar.

Es cuestionado este indicador, dado que no todas las revistas tienen un mismo período de publicación y difusión en la comunidad científica, y además algunas áreas del conocimiento como la botánica, geología, etc., tienen pocas publicaciones y por lo tanto su obsolescencia es menor a comparación que las ciencias analíticas (ingenierías, farmacología, computación o biología molecular) (1).

iv. *Índice de actualidad temática:*

Fue propuesto por Kidd (1990), con el propósito de incrementar el valor discriminante de las citas bibliográficas realizadas con respecto a otros índices similares, como el índice de inmediatez (16).

v. *Índice de aislamiento:*

Este indicador de aislamiento (insularity) hace referencia a la cantidad de referencias que pertenecen a las publicaciones del mismo país donde se edita la revista y refleja el grado de aislamiento o apertura al exterior de un país y se calcula de la siguiente manera (14, 19, 23-25).

$$IA = \frac{Citas_{país}}{Total_{citas}} \times 100\% \quad (13)$$

“Insularity” ha sido traducido algunas veces cruelmente al castellano por «insularidad», con la misma ignorancia de ambos idiomas que hace que se acepten expresiones como «medicina de emergencia» entre otras (26).

vi. *Índice de autocitación:*

Éste es uno de los índices bibliométricos más utilizados y muestra el porcentaje de autocitas realizadas respecto al total de citaciones recibidas por un autor, además de la proporción o total de citas que hace una revista de ella misma en una publicación; por ello el *Institute for Scientific Information* (ISI) de Filadelfia establece dos variantes de este índice: índice de “autocitante” (*self-citing rate*) e índice de

“autocitado” (*self-cited rate*). Un indicador del grado de apertura de la disciplina en una revista, puede verse bajo tres índices que varían entre cero y uno:

- La apertura total, que es el complemento del índice de autocitación.
- La apertura dentro de su disciplina.
- La apertura fuera de la disciplina, que muestran qué abierta es la revista a otras de la misma disciplina o de otros campos del conocimiento (7).

$$SCR = \frac{Autocitas}{Total_{citas}} \times 100\% \quad (14)$$

Una autocitación también sucede cuando tanto el documento que hace la referencia como el documento citado se publica en la misma revista, o surgen de la misma organización, aunque los documentos no compartan ninguno de sus autores personales (16).

vii. *Coficiente general de citación:*

Este índice permite detectar, a través del nombre del autor, aquellos documentos en los que éste ha sido citado; aportando adicionalmente una descripción bibliográfica breve del artículo que contiene dicha referencia. (Este coeficiente general de citación es recogido, junto con el factor de impacto, índice de inmediatez y otros afines, por la base *Journal Citation Reports* paralela a las bases de datos gestionada por el ISI: *Science Citation Index, Social Sciences Citation Index y Arts & Humanities Citation Index*) (16).

**d) Indicadores de Contenido:**

i. *Índice de contenido temático:*

Es el estudio de los temas triviales por cualquier área científica y a partir de ello suscita el gran interés por descubrir la evolución de las corrientes investigadoras a lo largo del tiempo. Existen distintos sistemas para analizar los contenidos temáticos o materias:

1. A través de palabras significativas en los títulos o texto.
2. A partir de descriptores.
3. A partir de clasificaciones ya establecidas o estandarizadas e insertas en Tesoros (<http://espines.r020.com.ar/index.php?tema=4286&bibliometria> ), (16).

**e) Indicadores Metodológicos:**

Este indicador aporta información sobre los cambios que se han producido en la forma de realizar (*modus operandi*) de la propia investigación (el método, las técnicas y los procedimientos). Cuando se habla de indicadores metodológicos se haciendo referencia a: el paradigma adoptado, la teoría desde o para la que se trabaja, los diseños generales y específicos utilizados, las técnicas de análisis, entre otros (2, 17).

**Limitaciones de los indicadores bibliométricos**

Los indicadores bibliométricos son una herramienta clave para estudiar la actividad científica si se utilizan adecuadamente, pues no todos se pueden implementar en los diferentes documentos, debido a que existen ciertas limitaciones en cada uno de ellos y es recomendable conocerlas:

*i. Limitaciones de las citas*

Las limitaciones en el uso de las citas para evaluar la actividad científica ha sido objeto de discusión:

*i.i. Problemas conceptuales*

Algunos estudios muestran que el obstáculo principal en el uso de las citas es la ausencia de un modelo aceptado que explique el proceso de citación, que no se citen todos los autores que han influido en las investigaciones e igualmente que se incluyan trabajos que no se han utilizado verdaderamente en la investigación. Otros estudios revelan que los artículos citados son preferiblemente de la misma lengua, e incluso auto-citan artículos de la revista.

Varios elementos se deben tener en cuenta durante en el proceso de citación:

- a) se recomienda agradecer el aporte del autor citado
- b) argumentar de forma convincente las tesis presentadas
- c) utilizar publicaciones de reconocido prestigio internacional con el objeto de incrementar la credibilidad de las tesis presentadas (17).

#### *i.ii. Problemas técnicos*

Con la base de datos SCI el uso de las citas queda limitado habitualmente al ser la única que contiene la bibliografía de los documentos. Algunos de los inconvenientes al usar esta base de datos son los errores tipográficos tanto en el nombre del autor como en la referencia bibliográfica, la existencia de homónimos o la presencia de autores que firman diferente en el transcurso del tiempo y finalmente la búsqueda de citas en la base de datos en versión CD-ROM sólo es posible a través del primer autor de un documento (2, 17).

#### *i.iii. Diferencias entre tipos documentales*

El tipo de publicación puede influir sobre la cantidad de citas que recibe; en caso de los artículos originales tienen una alta tasa de citaciones debido a que se utilizan las técnicas que ellos proponen, de igual forma que los artículos de revisión, obtienen altas tasas de citación, debido a que manejan una amplia bibliografía (2, 17).

#### *i.iv. Diferencias entre áreas*

La rapidez en que envejece la bibliografía en las diferentes áreas científicas es difícil de comparar., en el caso de las ciencias de la salud, se modifica en función de la velocidad con que progresa la ciencia en cada una las áreas, y así mismo en la ligereza en que se citan los trabajos; por ello los investigadores de estas áreas tienden a citar trabajos recientes y en las áreas de crecimiento lento se citan trabajos mucho más antiguos.

El ritmo de la obsolescencia o envejecimiento de los artículos de una revista o área puede hallarse mediante el cálculo de la *vida media* de las citas que recibe la revista o

área., mientras menor sea la vida media de una revista, la obsolescencia es más rápida (27).

Las fortalezas que tienen los indicadores de citación y publicaciones en la parte estructural, es que se pueden aplicar en varios niveles como individuos, grupos, países, instituciones etc. Además, los costos de generar resultados son muy bajos y las medidas son validadas y establecidas al ser un método métrico. La medición permite evaluar cuantitativamente los artículos y citas, mientras cualitativamente a través de revistas importantes y sus respectivos impactos, utilizando un enfoque sencillo basado en escasos supuestos. Finalmente la representación se ajusta a cualquier área de ciencia y tecnología donde los resultados se conocen en las publicaciones y a través de las citas el impacto, de igual forma mediante el análisis de ellas se evalúa el papel realizado por determinados investigadores o grupos de ellos en el desarrollo, tendencia y reconocimiento de la ciencia en las disciplinas científicas y el reconocimiento de ella en la comunidad por el proceso de producción e innovación (2, 17).

*ii. Limitaciones del factor de impacto.*

Las limitaciones en el análisis de citas y publicaciones, son igualmente válidas para el factor de impacto, debido a que se calcula en función de las citas. El área ciencias básicas (biología molecular, bioquímica, inmunología, entre otros.) tienen el factor de impacto más elevado, mientras el área biomédica el más bajo. Las áreas con FI alto son aquellas con un envejecimiento rápido de la bibliografía. En el área de ciencias de la salud el FI es más elevado en revistas de medicina general que en aquellas especializadas y no significa que sean de menor o mayor calidad las publicaciones frente a otras áreas o especialidades., sin embargo si influye el tamaño del grupo investigador, la obsolescencia de la bibliografía y los hábitos de citación.

Las áreas que sean pequeñas suelen asociarse a FI pequeño a diferencia que las de tamaño superior pues presentan valores más elevados. Las limitaciones del factor de impacto según las áreas pueden verse a continuación:

- a. Las áreas especializadas de ciencias de la salud, presentan FI más bajos a diferencia del área ciencias básicas (biología molecular, bioquímica, inmunología o genética, entre otros) con FI bastante altos.
- b. Si el tamaño del área es pequeño, se observa en las revistas que hacen parte de ella están asociadas a FI pequeños, mientras que las áreas más grandes presentan valores más elevados.
- c. Las áreas con una obsolescencia rápida de la bibliografía tienen FI altos. Esto se debe a que el FI se calcula de acuerdo a las citas recibidas durante los dos años siguientes a la publicación de los documentos (impacto a corto plazo), mientras en las de envejecimiento rápido se citan principalmente documentos recientes, que se tienen en cuenta para hallar el FI. Por el contrario las áreas de lento crecimiento (cirugía, pediatría), en su mayoría son citados documentos con una antigüedad mayor de 2 años y no se considerarán en el cálculo del factor de impacto, siendo necesario utilizar el FI a mediano plazo, es decir entre un período de 4 o 6 años.
- d. Distribución asimétrica de las citas. El factor de impacto de la revista no es representativo de la estimación del impacto de un documento individual, es más adecuado utilizar el FI para el análisis de un número amplio de documentos. No es útil utilizar el FI para evaluar pequeñas unidades como la producción de un autor pues se deben contabilizar las citas reales recibidas por el mismo.

La razón es que la distribución de citas entre artículos de una revista es asimétrica, de forma que un pequeño núcleo de artículos concentra gran cantidad de citas y otros artículos nunca son citados, incluso las revistas más prestigiosas pueden publicar artículos que nunca se citan. Se ha descrito que el 15% de los artículos publicados en una revista concentran el 50% de todas las citas (17).

**Tabla 2.** Diferencias entre citas y factores de impacto

<i>Citas de documentos</i>	<i>Factor de Impacto (FI) de las revistas</i>
Las citas son un indicador de la visibilidad, difusión o impacto de la investigación publicada en un documento.	El FI de una revista es un indicador de su visibilidad y difusión internacional.
Gran parte de las publicaciones nunca son citadas. El 15% de los artículos publicados en una revista 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 reúnen altas tasas de citación.	Las revistas de revisiones tienen altos factores de impacto dentro de su área.
La probabilidad de que un trabajo sea citado varía según las áreas.	Existen variaciones en el FI según las áreas.
Las publicaciones tienen más posibilidades de ser citadas en las áreas generales o con gran número de investigadores.	Las revistas de áreas generales tienen mayor FI.
Las publicaciones básicas tienen más posibilidades de ser citadas que las clínicas.	Las revistas de áreas básicas tienen mayor FI que las clínicas.
La ventana de citación debe variar según las áreas: más amplia para áreas de lento envejecimiento.	El FI calculado con una ventana de citación de 2 años favorece a las áreas de rápido envejecimiento

Tomado de (17).

*iii. Limitación indicadores de actividad científica.*

Algunas de las limitaciones en el uso de publicaciones como indicador de actividad científica son:

**iii.i. Carácter cuantitativo**

Aportan información solamente sobre la cantidad de publicaciones, pero no de la calidad de ellas debido a que se busca combinarla con indicadores de juicio y/o impacto de expertos en el tema a tratar.

### **iii.ii. Diferencias entre áreas:**

Las costumbres de los autores en la publicación y productividad difieren según el área y también entre las diferentes disciplinas que componen un área y por ello no se pueden comparar entre áreas temáticas. Estas diferencias son especialmente importantes entre las distintas áreas científicas (ciencias sociales, ingeniería y tecnología, ciencias naturales y experimentales). En el caso de la medicina son claras las diferencias atendiendo al carácter básico o clínico de la actividad. Las áreas clínicas con frecuencia presentan una menor productividad, ya que sus profesionales suelen primar la asistencia sanitaria frente a la investigación y publicación de resultados (1).

### **Otros indicadores bibliométricos**

En 1927 se comenzó a mencionar el método para evaluar las publicaciones utilizando los indicadores bibliométricos y empezó a adoptarse por los grupos científicos de Europa, llegando a continuación al continente de América y posteriormente al resto del mundo, hasta su implementación en 1963 por el SCI, considerando actualmente como el estándar para evaluar la calidad de las publicaciones científicas. En este momento ha identificado debilidades en el sistema y ha sugerido nuevas alternativas para corregir los indicadores actuales, dando como resultado nuevos indicadores de calidad y productividad aplicables a investigadores, instituciones y regiones.

El FI, se ha tomado como el indicador principal de los análisis bibliométricos de las revistas, además su utilización y adaptación en la evaluación de las instituciones y los grupos de investigación a dado pie al desarrollando variaciones del mismo (4).

#### **a. Cuenta de artículos**

Al contabilizar la cantidad de artículos contenidos en una revista o publicación en un año determinado (solamente artículos originales y reseñas) se puede calcular el indicador. Este índice permite al lector conocer la cantidad de publicaciones emitidas durante el período escogido, la información obtenida generalmente se convierte en el

denominador de indicador, haciendo que los resultados estén siempre sujetos a la universalidad o no de este primer indicador (28).

### **b. Puntos de impacto por año**

Evalúa la calidad y cantidad de producción de un grupo de investigación. Estos resultan de un sencillo cálculo en el que se consideran los artículos publicados durante un año y el impacto que durante ese año tuvieron las revistas en que fueron publicados.

De ese modo, si un grupo de investigación realiza durante un año 5 publicaciones de artículos originales en una revista que tuvo un FI de 2.1 (durante ese mismo período), la cantidad de puntos de impacto producidos por ese grupo durante ese período de tiempo es de  $5 \times 2.1 = 10.5$  puntos. Éste indicador permite comparar la labor de investigadores y grupos de investigación según la capacidad que tienen para influir en el desarrollo de nuevos artículos y la generación de nuevo conocimiento.

### **c. Costo del punto de impacto**

Relaciona el presupuesto ejecutado por el investigador o los grupos, durante un período y la cantidad de puntos de impacto generados durante el mismo. De manera que si un grupo de investigación ejecutó \$50.000 durante un año, y durante el mismo produjo 10 puntos de impacto, el costo promedio de cada uno de los puntos es de \$5.000/año. Este indicador, a diferencia del anterior, no depende solamente de la cantidad de puntos de impacto producidos sino del costo en que se incurrió para poderlos producir. Además, permite evaluar la eficiencia de un investigador o de un grupo de investigación para producir trabajo de mayor calidad a un menor costo y podría ser más adecuado en la evaluación del trabajo de pequeños grupos con presupuestos restringidos.

Existen otros indicadores como el Impacto/número de Integrantes del Grupo, el Impacto per cápita de una región o país, la Relación puntos de impacto/número de patentes, los cuales tienen aplicación para condiciones particulares; sin embargo,

dentro de la naturaleza compleja de la generación y divulgación del conocimiento, existen muchos factores que están siendo subvalorados a la hora de comparar la producción científica de un grupo o región específicos y son éstos los que han dado soporte a la corriente de contradictores del sistema de evaluación por indicadores bibliográficos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Utilizar indicadores bibliométricos para el análisis y seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar el análisis bibliométrico de la revista *Universitas Scientiarum* de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.
2. Realizar el análisis bibliométrico de un Trabajo de Grado de la Carrera de Microbiología Industrial de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.
3. Realizar el análisis bibliométrico de un Trabajo de Grado de la Maestría en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.
4. Realizar el análisis bibliométrico de una Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.

## MATERIALES Y METODOS

**Tipo de Análisis.** Este es un estudio bibliométrico retrospectivo y descriptivo, realizado a través de la revisión de los trabajos publicados en la *Universitas Scientiarum*, indexada en Chemical Abstracts (CA), Latindex, Periódica Índice Bibliográfico Nacional Publindex, Directory of Open Access Journals y Redalyc.

### **Análisis de la publicación científica *Universitas Scientiarum***

**Material de análisis y origen.** Artículos originales publicados en la revista *Universitas Scientiarum* de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana en el período de 1987 a 2007 volúmenes 1 al 12; se contó con los ejemplares físicos y la información disponible en la web, ([http://www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum/universitas\\_docs/index.htm](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum/universitas_docs/index.htm)), de la cuál se tomó la siguiente información ... “*Universitas Scientiarum* es una revista científica publicada por la Facultad de Ciencias que pretende estimular la investigación que se realiza en sus diferentes departamentos y fuera de ellos, a través de la divulgación de los artículos emanados de las líneas de investigación., *Universitas Scientiarum* publica artículos científicos originales en cualquier área de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, además de artículos de opinión y revisiones bibliográficas de libros”...

En el estudio se contabilizaron los artículos de reflexión, revisión, opinión, resúmenes de trabajos de grado, comunicaciones breves, notas y cartas al editor y otros (memorias de congresos, editoriales, colecciones, distinciones, presentación de libros, antecedentes históricos, recursos Web, etc.), ya que la inclusión de estos trabajos no originales (literatura gris) en el análisis puede introducir sesgo las conclusiones (25). Como artículos originales se consideraron aquellos que aportan resultados propios, que no han sido publicados con anterioridad, y que han sido sometidos a evaluación por pares científicos y que presentan la estructura típica de introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y referencias (6).

**Recopilación y manejo de datos.** Se registró el número total de artículos/volumen-año-categoría, el número de autores/volumen-año, el total de referencias/volumen-año clasificadas como artículos de revistas científicas, libros y otros (tesis, trabajos de grado, presentaciones en congreso, consultas de Internet, reportes, comunicaciones personales y documentos mal citados). En la actualidad la revista (web) no presenta contador de visitantes ni forma electrónica de cuantificar artículos descargados, autores, referencias, años de las citas por lo cual la el conteo se realizó de manera manual. Se contabilizó entonces la información relacionada con el año de cada una de las referencias bibliográficas, el tipo de documento, la cantidad de autores, el origen del artículo, el número de autocitas, la cantidad de referencias bibliográficas y país de origen de las mismas, la antigüedad de las referencias, la cantidad de citas del país de origen de la publicación y el idioma de las referencias <sup>(25)</sup>.

**Indicadores bibliométricos.** Los indicadores calculados fueron. Tipo de documento, idioma (inglés, español y otro), año de publicación, número de artículos, índice de productividad, índice de colaboración, índice de aislamiento, índice de autocitación, índice de obsolescencia, distribución geográfica. De la referencias se tomo en cuenta la cantidad de citas de revistas, libros entre otros, menores y mayores a cinco años de publicación del artículo con el fin de obtener el índice de Price <sup>(28)</sup>.

1. Índice de Colaboración: Cantidad de autores por artículo ([Formula 7](#)).
2. Índice de Productividad: se tomo en cuenta la cantidad de artículos originales de la revista, con el fin de saber a productividad de los autores ([Formula 5](#)).
3. Índice de aislamiento (Insularity) o porcentaje de referencia corresponde a publicaciones procedentes del mismo país que la revista citadora y refleja la apertura en el consumo de la información a otros países extranjeros ([Fórmula 13](#)).
4. Índice de autocitación de los autores: número de documentos de su propia autoría que cita el autor en el mismo artículo que están publicando ([Fórmula 14](#)).

5. Índice de Price complementa el semiperíodo y se calcula a partir del porcentaje de referencias con menos de cinco años de antigüedad (Fórmula 10).
6. Índice de obsolescencia: Se utilizó el semiperíodo de Burton y Kebler (envejecimiento u obsolescencia): período durante el cual se ha publicada la mitad de la misma. Su cálculo se obtienen a partir de de la mediana de la distribución del conjunto de referencias objeto de estudio por año de procedencia (Fórmulas 8 y 9). Adicionalmente es necesario calcular el factor de envejecimiento anual y la pérdida de actualidad (Fórmulas 15 – 17).

$$a = e^{\frac{\ln 0.5}{h}} \quad (15)$$

$$E_{anual} = a \times 100 \quad (16)$$

$$P_{actualidad} = 100 - E_{anual} \quad (17)$$

**Donde:**  $K$  es el número entero de años necesarios para acumular el 50% de la literatura activa;  $a$  es el 50% de la literatura activa;  $a_1$  es el valor % acumulado antes de llegar al 50% y  $a_2$  es el valor % acumulado posterior al 50%.  $h$  es la vida media,  $a$  es el factor de envejecimiento,  $E_{anual}$  es le factor de envejecimiento anual y la  $P_{actualidad}$  es la pérdida de actualidad,  $0.5$  en la fórmula  $h$  es una constante y equivale a la vida media ideal teórica.

7. Distribución geográfica: se tuvo en cuenta la procedencia de cada una de las referencias bibliográficas, con el fin de determinar la distribución de las mismas a nivel mundial e identificar qué país aporta más información a cada uno de los autores.

8. Idioma de cada una de las citas de los artículos analizados se tomo en cuenta el idioma (inglés, español y otros), con el fin de determinar cuál de ellos predomina entre los trabajos publicados en la revista científica.

**Análisis de datos.** Para la consignación y control de calidad de la entrada de datos se empleó el programa Excel de Microsoft-Office 2003, en el cual se prepararon tablas de doble entrada para controlar la calidad de la información, debido a que se pueden detectar fácilmente errores en los datos <sup>(5, 6, 25)</sup>. Para la graficación de las superficies correspondientes a los indicadores y las distribuciones se empleó el programa ΣSigmaPlot 10.0.

### **Análisis de la Tesis Doctoral y los Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría**

Igualmente se realizó análisis bibliométrico de un Trabajo de Grado de la Carrera de Microbiología Industrial, a un Trabajo de Grado de la Maestría en Ciencias Biológicas y una Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana. Por razones de ética estos tres documentos, los autores, los directores y el área de investigación fueron codificados (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Codificación de los Trabajos de Grado y la Tesis que fueron analizados en este estudio.

<i>Nivel del Trabajo</i>	<i>Autor (es)</i>	<i>Director (es)</i>	<i>Año de Culminación</i>	<i>Área</i>
Pregrado	A y B	I y II	2001	10
Maestría	C	III y IV	2004	20
Doctorado	D	V	2006	30

En los Trabajos de Grado y la Tesis de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, también se contabilizó manualmente la información referente a las citas bibliográficas como cantidad de autores, autocitas del autor, cantidad de referencias bibliográficas, antigüedad de las referencias, cantidad de citas del país de origen e idioma. Con estos datos se calcularon el IO, IA, SCR, la vida media y la perdida de actualidad de cada documento.

## RESULTADOS

### **Análisis de la publicación científica *Universitas Scientiarum***

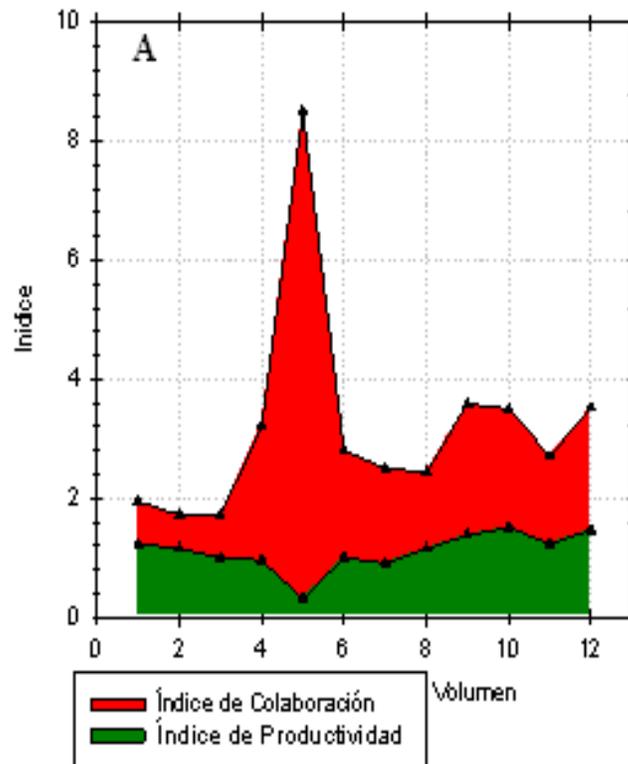
La recolección de información a partir de los ejemplares de la revista *Universitas Scientiarum* permitió organizar la distribución de autores, artículos y referencias según el volumen y el año de publicación (**Tabla 3**). Al realizar el análisis bibliométrico de las publicaciones de la revista *Universitas Scientiarum*, los principales resultados encontrados fueron 593 documentos publicados en la revista a partir del año 1987 hasta el 2007, clasificados en artículos originales, reflexión, opinión, revisión, comunicaciones breves o notas, cartas al editor, resúmenes de trabajos de grado y tesis, entre otros, con un total de 1099 autores de los cuales 548 (49.9%) participaron en artículos originales. De las 5494 referencias bibliográficas de las cuales 61.75% son procedentes de revistas, 26.72% de libros y 11.53% originarios de otros recursos (Internet, congresos, tesis, reportes y comunicaciones personales), la media general de referencias por artículo fue de 9.26 y en los artículos originales de 22.85.

De 186 artículos originales publicados, la cantidad de autores registrados fue de 548 (**Tabla 4**). El índice de colaboración CI (**Fórmula 7**) para el período fue de 2.95 y el índice de productividad IP de 2.27 (**Fórmula 5**); el comportamiento de estos índices a lo largo del período puede observarse en la **figura 1**. La media de artículos originales/volumen publicado fue de 15.5; sin embargo es necesario destacar que los volúmenes 5 y 10 con valores extremos de 2 y 32 artículos originales respectivamente.

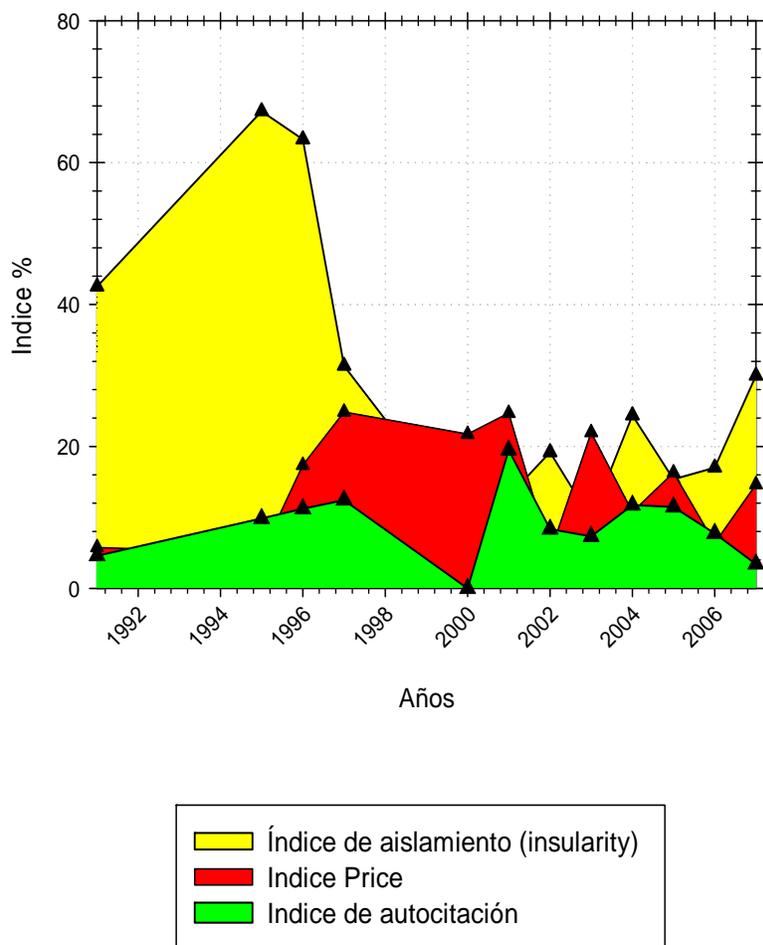
**Tabla 4.** Distribución numérica y porcentual de los artículos, autores y referencias por categorías, años y volúmenes de la revista *Universitas Scientiarum* (1987-2007).

Categoría	AÑOS												Total	%
	1987-1991	1994-1995	1996	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
	VOLÚMENES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Artículos Originales	17	14	10	9	2	10	8	14	24	32	17	29	186	31.37
Artículos de Revisión	1									3	2	5	11	1.85
Resúmenes Trabajos de Grado y Tesis	82	15		14	9	27	22	26	22	22	22	17	278	46.88
Artículos de Opinión		2	1	1		2	1	5		1	1		14	2.36
Artículos de Reflexión		2	1		2	1						2	8	1.35
Comunicaciones Breves o Notas	6							1					7	1.18
Cartas al Editor										1		2	3	0.51
Otros	27	5	3	2	1	2	5	7	10	3	2	19	86	14.50
<b>Total Documentos</b>	<b>133</b>	<b>38</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>62</b>	<b>44</b>	<b>74</b>	<b>593</b>	<b>100</b>
<b>Autores artículos originales</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>86</b>	<b>112</b>	<b>46</b>	<b>102</b>	<b>548</b>	
<b>Números de Referencias en artículos Originales</b>	<b>295</b>	<b>274</b>	<b>226</b>	<b>254</b>	<b>42</b>	<b>131</b>	<b>179</b>	<b>269</b>	<b>548</b>	<b>623</b>	<b>505</b>	<b>904</b>	<b>4250</b>	

**Figura 1.** Superficie de interacción entre los índices de colaboración y de productividad a través del análisis de los artículos publicados.



La medida de cuan recientes o actualizadas son las citas o referencias bibliográficas en un documento o publicación periódica fue calculada a través del índice de Price y se relacionó con los índices de autocitación (OCI) de autores y de aislamiento (IA), (Fórmula 13), (Figura 2). El índice de Price en el período fue de 13.88, de otro lado los índices IA y SCR (Fórmula 14), reportaron 26.6 y 8.15% respectivamente.



**Figura 2.** Superficie de interacción entre los índices IO, SCR y IA, a través del análisis de la actualidad de los artículos referenciados, la citación de artículos del mismo país y de artículos de los propios autores

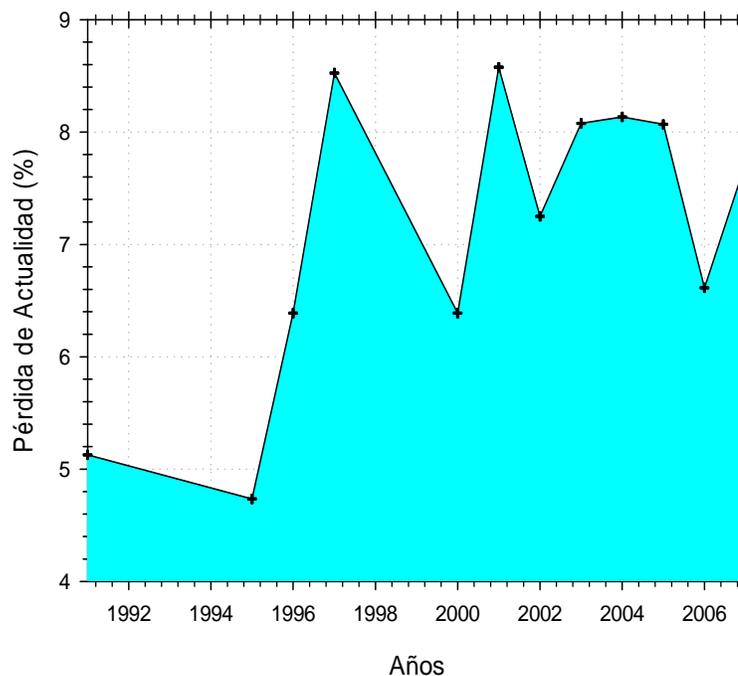
El análisis de obsolescencia de *Universitas Scientiarum* permitió calcular la pérdida de actualidad a través del análisis de utilidad anual y la vida media para cada volumen (**Tabla 5**), lo que reportó una superficie de pérdida de actualidad que

osciló entre 4.73% y 8.58% (Vol. 2 y 6 respectivamente) destacándose el Vol. 1 con 5.13%, (**Figura 3**), (**Fórmulas 8, 9, 15-17**).

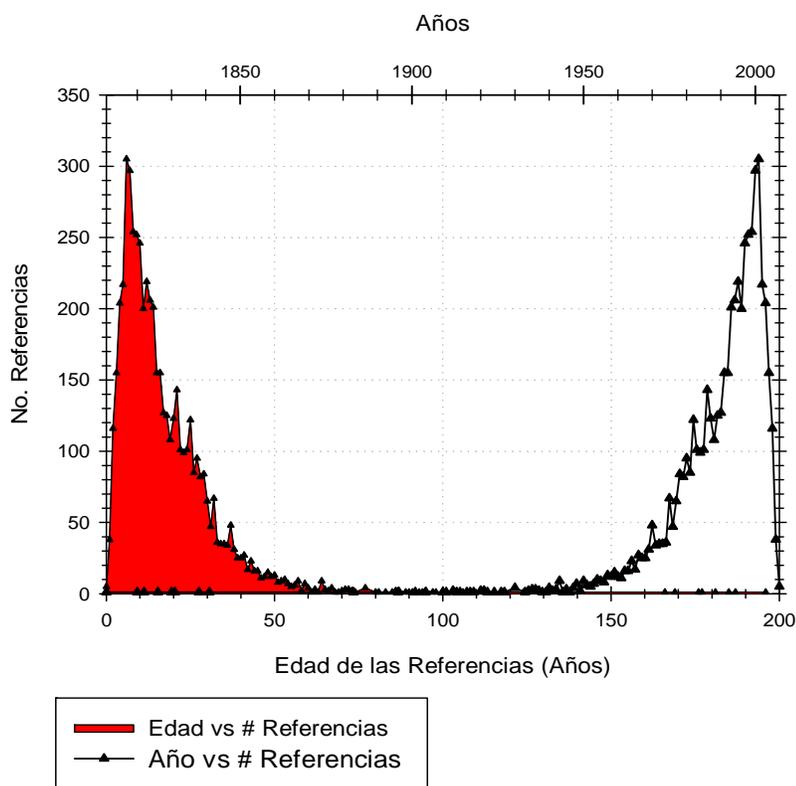
**Tabla 5.** Vida media (h) de los diferentes volúmenes de la revista *Universitas Scientiarum* (1987-2007); calculada según el semiperíodo de Burton-Kebler (6).

Volumen	Año	Vida Media (h) Años
1	1991/88/87	13.17
2	1994-1995	14.29
3	1996	10.5
4	1997	7.78
5	2000	10.5
6	2001	7.73
7	2002	9.21
8	2003	8.23
9	2004	8.17
10	2005	8.24
11	2006	10.13
12	2007	8.62

**Figura 3.** Superficie de pérdida de actualidad para el período 1987-2007 de la revista *Universitas Scientiarum*.



El análisis de la distribución de las referencias del período por año de antigüedad respecto al original en que se han citado aparece en la **figura 4**.



**Figura 4.** La superficie roja muestra la distribución de las referencias según la antigüedad con respecto al original en que fueron citadas (revista *Universitas Scientiarum* 1987-2007); la imagen espejular muestra la distribución o número de referencias por año.

## Análisis de la Tesis Doctoral y los Trabajos de Grado de Pregrado y Maestría

La distribución, el tipo de documentos y los índices calculados en los trabajos evaluados se puede observar en la tabla 6.

**Tabla 6.** Resultados del análisis bibliométrico de los trabajos de grado y la tesis doctoral

<i>Nivel del Trabajo</i>	<i>Año de Culminación</i>	<i>Autor/Directo/Área</i>	<i>Total de citas</i>	<i>Revistas</i>	<i>Libros</i>	<i>Otros</i>	<i>IO</i>	<i>IA</i>	<i>SCR</i>	<i>Vida media</i>	<i>Perdida actualidad</i>
Pregrado	2001	A y B/I y II/10	52	24	24	4	42.31	38.5	0.00	5.00	12.94
Maestría	2004	C/III y IV/20	686	588	89	9	29.59	4.4	0.15	8.91	7.48
Doctorado	2006	D/V/30	238	200	29	9	12.61	9.2	5.04	10.40	6.45

## DISCUSIÓN

### **Análisis Bibliométrico de la Revista *Universitas Scientiarum***

Para el análisis de diferentes ramas de las ciencias y medir la productividad de las mismas, se utiliza la bibliometría; siendo un método confiable y universal. En la actualidad los estudios bibliométricos son más valorados en países científicamente más desarrollados.

El estudio bibliométrico se basa en el análisis de las referencias bibliográficas sobre una publicación, siendo uno de los indicadores más utilizados para aquellos documentos precedentes de otros, debido a que el soporte bibliográfico es cuantificable por medio del uso de indicadores (6). El estudio de la información se analiza mediante la evaluación de las referencias o citas bibliográficas.

### **Índice de Colaboración**

El índice de colaboración total para el período de estudio fue de 2.95 y se observa en la figura 1 que la variación de los valores entre volúmenes no es muy notoria, excepto el volumen 5, la diferencia entre los valores puede deberse a que no todos los volúmenes contienen la misma cantidad de documentos publicados, o al incremento en la colaboración entre autores, lo que se traduce en una mayor riqueza en el contenido de algunas de las publicaciones (18, 28), como mayor cantidad de artículos originales y de literatura que amerita mayor colaboración; también esta tendencia se debe a la complejidad de la investigación, la especialización disciplinar de los investigadores y a la conformación de proyectos que dependen de las necesidades de las entidades que los apoyan financieramente y al monto del mismo o al afán profesional de los autores de promocionarse por medio de las publicaciones científicas (29, 30). Para diversas áreas de la ciencia Sancho (1990) sugiere una colaboración entre 2.5 a 3.5, mientras Duque (2006) opina que la colaboración científica en las publicaciones periódicas y de libros, normalmente es de 2 autores por artículo. Estos estudios u opiniones, muestran que la revista se encuentra cercana a estos parámetros; teniendo en cuenta sólo se cuantificaron los artículos originales, ya que si se realiza con todas las publicaciones, el índice de colaboración disminuye radicalmente (25).

## **Índice de Productividad**

Para hallar la productividad de los autores se tomó en cuenta los artículos originales de cada uno de los volúmenes, (186 artículos) y se obtuvo un índice de productividad total de 2.27, sin embargo, en la figura 1 se observan variaciones notorias en la productividad por volumen y es causada por la cantidad de artículos en cada uno de ellos. Evidencia de la disminución es el decrecimiento progresivo de la productividad entre el volumen 1 y 5, a partir del cual comienza un aumento del IP, debido a que la cantidad de artículos originales se incremento; el valor más alto se encontró en el volumen 10.

Bordons (1999) y Camps (2008) sugieren no efectuar comparaciones entre áreas temáticas, debido a que los hábitos de productividad y publicación de los autores difieren según el área (ciencias sociales, ingeniería y tecnología, ciencias naturales y experimentales).

En el caso de *Universitas Scientiarum* existen diferencias también entre las distintas disciplinas al ser una revista multitemática (biología, matemáticas, botánica, nutrición, biomedicina, microbiología). En este tipo de revistas los indicadores bibliométricos varían drásticamente y no es aconsejable la comparación con otros estudios. Un ejemplo práctico es el caso de la biomedicina donde son claras las diferencias atendiendo al carácter básico o clínico de la actividad. Las áreas clínicas con frecuencia presentan una menor productividad, ya que sus profesionales suelen priorizar la asistencia sanitaria frente a la investigación y publicación de resultados (2, 17).

## **Índice de Autocitación**

El índice de autocitación, respecto al porcentaje de autocitas de los autores fue de 8.15%; en la figura 2 se observan variaciones, siendo el pico más alto el encontrado en el volumen 6 y cero en el 5. Las diferencias en la autocitación de los autores depende de la productividad de los mismos, debido a que algunos de ellos se especializan en una disciplina, dándoles la posibilidad de publicar más y autocitar los documentos previamente publicados, por ello la producción científica avanza fácilmente con el apoyo de estos trabajos precedentes (2, 5), el índice de autocitación también puede variar por el porcentaje de autores ocasionales (Índice de transitoriedad) (5). Al realizar buscar

información de otras revistas científicas se observa que el índice de autocitas de *Universitas Scientiarum* es alto; por ejemplo Revista Archivos de Bronconeumología entre 1993-1994 tuvo un IA de 3.3%, Revista Española de Anestesiología y Reanimación entre 1987 -1996 tuvo un SCR de 2.8%, sin embargo, la Revista de Medicina Clínica presentó SCR de 4.14% (5). Uno de los aspectos que impide hacer comparación de la Revista Universitas Scientiarum es que al ser una revista multitemática es muy difícil encontrar una revistas nacionales o extranjeras que hayan publicado información sobre sus índices bibliométricos, lo que implicaría la necesidad de agrupar los artículos de *Universitas Scientiarum* por áreas del conocimiento y compararlos con revistas especializadas. La “Endogamia” en las publicaciones también podría ser causa del incremento en el SCR; en el caso de *Universitas Scientiarum* sucede que la mayoría de artículos publicados son de los docentes de la universidad y por tanto autocitan sus documentos.

### **Índice de Aislamiento**

Representa la cantidad o porcentaje de referencias que pertenecen al mismo país que la publicación citadora, y refleja el grado de aislamiento o apertura al exterior de un país (19). El porcentaje de aislamiento (insularity) promedio en este estudio fue de 26.6%, siendo mayor en el Vol. 2 con el 67.2% y menor en el Vol. 5 con 8.7% (Figura 2). Estas variaciones son causadas por la cantidad de artículos y tipo de documento publicado en cada uno de los volúmenes, por ejemplo de botánica sobre la flora autóctona colombiana, donde los autores se ven obligados a utilizar documentos del país u otro factor que puede interferir es la nacionalidad de las publicaciones que usan como referencias bibliográficas debido al idioma.

Según Lopez-Piñero y Terrada (1994), el índice de aislamiento que se encuentra en esta revista es alto, ya que los autores están utilizando un porcentaje de literatura internacional por debajo del 85% y no es conveniente para la producción científica en aquellos países de segundo orden.

## Análisis de Obsolescencia

Un problema innato de la ciencia moderna es el envejecimiento rápido de la literatura científica, debido a factores como el avance tecnológico, el aumento y velocidad con que progresa la investigación y a la rapidez con que se citan los documentos, encontrando así que en las áreas de crecimiento acelerado habitualmente se referencian trabajos recientes, mientras que en áreas de crecimiento lento se refieren documentos antiguos (19); lo que conlleva a que algunas de las publicaciones científicas sean obsoletas rápidamente, por ello se tomó en cuenta el indicador de obsolescencia o semiperíodo (half-life) propuesto por Burton y Kebler es decir, «el tiempo durante el cual fue publicada la mitad de la literatura activa circulante» (5), igualmente se tomó en cuenta como medida de obsolescencia el Índice de Price o porcentaje de referencias con menos de 5 años de antigüedad (6). Otro factor importante es que muchas investigaciones en áreas de gran importancia para el sector industrial nunca llegan a ser publicadas por constituir lo que conocemos como “Know How”; en este sentido cuando se logra una publicación de una institución, muy probablemente las referencias sean considerablemente obsoletas.

El indicador de obsolescencia sobre las referencias, permite al lector conocer el envejecimiento de la literatura que argumenta los diferentes tipos de artículos (5, 19, 25). Al evaluar las referencias de los documentos publicados en la revista *Universitas Scientiarum* se tuvo en cuenta el tiempo a partir de su publicación y el envejecimiento de la literatura en función del tiempo transcurrido, comprobando la hipótesis postulada por Burton y Kebler, en la cual mencionan que la existencia de diferentes tipos de literatura científica y dependiendo de la disciplina el valor de la obsolescencia varía. Existen materias con un fuerte componente de literatura clásica como matemáticas, geología, botánica, zoología, etc., (más de cinco años de antigüedad), otras compuestas casi exclusivamente por literatura efímera como física e ingeniería (menos de cinco años) y también algunas de carácter intermedio (química, fisiología, medicina clínica, ciencias) (21).

La semivida, vida media o semiperíodo  $h$  (Tabla 5), es un indicador de la obsolescencia, y representa la edad en la que la utilidad (número de referencias o citas) se reduce a la mitad (0.5). Si el factor de envejecimiento anual  $a=1$ , no hay obsolescencia, si es  $a=0$ , el

envejecimiento es inmediato, lo cual significa que la obsolescencia ha sido baja en la revista pues los valores de  $a$  han estado próximos a 1. De otro lado se pudo calcular la pérdida de actualidad, mostrando que en la medida que  $h$  aumenta,  $a$  aumenta y la pérdida de actualidad disminuye. La pérdida de actualidad en el período de estudio fue baja (Figura 3).

De los resultados relacionados con la obsolescencia y el Índice de Price, se puede deducir que las revistas que publican artículos de campos muy dinámicos lo cual no es muy notorio en este caso por lo multitemático de la revista, suelen tener una vida media baja y un índice de Price alto (31), Vol. 6 con una vida media de 7.73 años (Tabla 5) y un índice de Price 24.36% o en su defecto el Vol.2 con la vida media más alta (14.29 años) y el índice de Price de 4.92%, finalmente el promedio de la vida media en la revista fue de 9.72 años y el índice de Price de 13.88%, mostrando que el número de citas menores a cinco años de antigüedad es considerablemente bajo (14, 19, 24, 25), lo que se justifica en que la revista es multitemática, lo que aumenta el valor de la obsolescencia y disminuye el Índice de Price y además, no facilita la comparación con otros estudios bibliométricos como por ejemplo el estudio de la revista *Universitas Medica* (Revista de Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana) donde se encontró que el 39% de la bibliografía citada es obsoleta a los 5 años como es el caso de las ciencias medicas.

En la figura 4, el área o superficie bajo la curva (en gris) muestra que se están empleando citas de más de 50 años y la imagen especular muestra la distribución de referencias por años; sin embargo el máximo de referencias citadas estas entre los 4 y los 25 años de antigüedad.

### **Análisis de la Tesis y Trabajos de Grado**

En la *Pontificia Universidad Javeriana* se considera como trabajo de grado el documento final presentado por el estudiante de Pregrado o Maestría como requisito de grado para obtener su título profesional, mientras que tesis se entiende el trabajo final presentado por los estudiantes de doctorado para obtener el título de Doctor.

Al analizar la tabla 6 donde se encuentran consignados los resultados del análisis bibliométrico de los trabajos de pregrado y maestría, así como de la tesis de doctorado, se observa que la variación en la cantidad de citas en cada tipo de documento, es debida al área de trabajo, ya que dependiendo de ella pueden existir más o menos publicaciones sobre el tema a tratar, al igual que la antigüedad de los mismos.

### **Análisis de la Tesis Doctoral**

... *“La tesis doctoral es el trabajo original de investigación que inicia la vida académica de quien la realiza y sirve para comprobar que el doctorando es un estudioso capaz de hacer progresar el conocimiento en su área de actuación”*...(32).

Como documento primario se toman las tesis, debido a que es una fuente rica en información sobre el área de investigación. La actualidad y tipo de literatura, como las fuentes diversas de información utilizadas para su desarrollo, son elementos que pueden ser analizados y estudiados a través de la bibliometría.

En Colombia no se encontraron trabajos en los cuales se analicen las tesis doctorales por ello se tomó un trabajo realizado por Camps et al., (2005) el cual muestra que el promedio por trabajo es de 123 citas, donde el porcentaje más alto es de aquellas mayores a 5 años, lo cual concuerda con la tesis doctoral analizada debido a que el 13% de las citas corresponden a las mayores de 5 años, pero la cantidad de citas es de 238 superior al promedio esperado, esto se debe a que el área de trabajo no se desarrolla rápidamente pero tiene mucha información lo cual se comprueba con que el 85% de las citas corresponde a artículos de revistas.

La vida media de las citaciones en las tesis de doctorado en el caso de Ciencias de la salud, es mayor al promedio que habitualmente se considera en cada área (2), en el caso de la tesis analizada la vida media es de 10.4 con una pérdida de actualidad de 6.45 debido a que esta área de las ciencias tiene un desarrollo más lento, ya que los científicos se dedican a investigar y no publican mucho sobre el tema, por lo tanto se sugiere desarrollar indicadores bibliométricos específicos para cada área de la ciencias con el fin que las

publicaciones tengan un mayor impacto., puesto que la fuente documental pertinente para conocer el estado de la investigación en un país es a través de la literatura original científica como es el caso de las Tesis Doctorales.

Finalmente se observa que SCR es superior a los trabajos de grado, indicando mejor dominio del tema por parte del autor lo cual indica la trayectoria y la madurez del mismo en este campo investigativo. El IO es el más bajo de todos a pesar de tener referencias muy antiguas (**Tabla 6**).

#### **Análisis del Trabajo de Grado (Pregrado)**

En cuanto al trabajo de grado de pregrado en comparación con otros trabajos la cantidad de citas es baja al igual que la procedencia, debido a que la cantidad de referencias de artículos de revistas y libros es igual., el IO es alto indicando que gran parte de las referencias es menor a 5 años, de igual forma el IA es alto mostrando que la consulta es de origen colombiano pues el área que se trabajo tiene bastante publicaciones en el país además por el idioma facilita la consulta (**Tabla 6**).

#### **Análisis del Trabajo de Grado (Maestría)**

Analizando los resultados del trabajo de grado de maestría se observa que el 86% de las citas proceden de artículos de revistas; sin embargo, el 35% de las citas tienen más de 5 años de publicación, lo cual indica que esta rama de las ciencias no avanza rápidamente debido a que las publicaciones no son muy actuales a pesar de que los científicos escriben frecuentemente sobre el tema. Es importante señalar que la mayoría de publicaciones son procedentes de otros países y SCR es muy bajo (**Tabla 6**).

## CONCLUSIONES

*Universitas Scientiarum* al ser una revista multitemática debería clasificar los documentos publicados en áreas específicas de la ciencia y por categoría, como artículos originales, de revisión, técnicas y comunicaciones breves, con el fin de alcanzar valores más actuales en cuanto a los índices bibliométricos en cada una de las áreas temáticas y así mismo establecer como política de la revista el uso de referencias que no excedan los 4 años de vigencia al menos que sea imprescindible por la desactualización del área o las pocas publicaciones sobre un tema. El empleo de autocitas tanto en artículos de revisión como originales sea también reciente, ya que de esta forma el autor demuestra la experiencia y el dominio del tema. Además, la vida media, el índice de Price y la pérdida de actualidad pueden llegar a valores más cercanos a la realidad de las áreas temáticas.

El número de resúmenes de trabajos de grado y tesis es 1.49 veces mayor que el número de artículos originales y 25.27 veces superior al número de artículos de revisión, por lo cual debe equilibrarse esta relación. El simple hecho de publicar artículos originales, de revisión, técnicas y comunicaciones breves aumentaría el IP y el IC. Los índices de colaboración y de productividad calculados no reflejan la realidad de las áreas temáticas que se publican en la revista lo cual podría solucionarse clasificando los documentos en áreas específicas de la ciencia y por categoría de publicación (esto último se ha hecho en algunos números pero no constantemente), y aunque la vida media, el índice de Price y la pérdida de actualidad tampoco reflejan la realidad temática, sería de gran ayuda establecer como política de la revista dependiendo el área, que en artículos originales las referencias no excedan los 4 años de vigencia al menos que sea imprescindible y que el uso de autocitas tanto en artículos de revisión como en artículos originales actualizado y “prudente”.

El este trabajo se sugiere el análisis bibliométrico de las tesis y trabajos de grado porque brinda información sobre las tendencias de investigación e innovación en el área de las ciencias y permite analizar el grado de actualización, profundización y producción del autor. De otro lado las tesis de doctorado constituyen el más alto grado de expresión

científica y académica, y constituyen una fuente rica y valiosa de datos, los cuales son más importantes y confiables en la medida que estén respaldados por fuentes bibliográficas actualizadas, internacionales y con una vida media elevada.

## REFERENCIAS

1. Rueda-Clausen Gómez CF, Villa-Roel Gutiérrez C, Rueda-Clausen Pinzón CE. Indicadores bibliométricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas, *MedUNAB* 2005; 8(1): 29-36.
2. Camps D. Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica, *Colombia Médica* 2008; 39(1): 74-79.
3. Leon-Sarmiento FE, Leon ME, Contreras VA. El impacto del factor de impacto: ¿mito o realidad? *Colombia Médica* 2007; 38(3): 290-296.
4. Aleixandre-Benavent R, Valderrama-Zurián JC, González-Alcaide G. El factor de impacto de las revistas científicas: limitaciones e indicadores alternativos, *El profesional de la información* 2007; 16(1): 4-11.
5. Miralles J, Ramos JM, Ballester R, Belinchón I, Sevilla A, Moragón M. Estudio bibliométrico de la revista *Actas Dermo-Sifiliográficas* (1984-2003) II. Análisis de las referencias bibliográficas, *Actas Dermo-Sifiliográficas* 2005; 96(9): 563-571.
6. Camps D. Estudio bibliométrico general de colaboración y consumo de la información en artículos originales de la revista *Universitas Médica*, período 2002 a 2006, *Universitas Médica* 2007; 48(4): 358-365.
- 7.
8. Price DJ. A general theory of bibliometric and other cumulative disadvantage processes, *Journal of American Society of Information Sciences* 1976; 27(5): 292-306.
9. Lotka AJ. The frequency distribution of scientific productivity, *Journal of Washington Academy of Sciences* 1926; 16(12): 317-323.
10. Urbizagástegui R. La Ley de Lotka y la literatura de bibliometría, *Investigación Bibliotecológica* 1999; 13(27): 125-141.
11. Estrada-Lorenzo JM, Villar-Álvarez F, Pérez-Andrés C, Rebollo-Rodríguez MJ. Estudio bibliométrico de los artículos originales de la revista española de salud pública (1991-2000). Parte segunda: productividad de los autores y procedencia institucional y geográfica, *Revista Española de Salud Pública* 2003; 77(3): doi: 10.1590/S1135-57272003000300004.
12. Centeno ME. *Un estudio bibliométrico*, de Pregrado. Escuela de Bibliotecología, Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad Nacional de Córdoba, España, San Salvador de Jujuy, Córdoba, España, 2005, 339p.p.
13. Author. VII Coloquio Internacional de Tecnologías Aplicadas a los Servicios de Información Creatividad e Innovación, in Bauste M, Rivero J, *Book VII Coloquio Internacional de Tecnologías Aplicadas a los Servicios de Información Creatividad e Innovación*, (Ed.)^(Eds.), Servicios Bibliotecarios de la Universidad de Los Andes-SERBIULA. Asociación Nacional de Bibliotecas, y Servicios de Información del Sector. Académico, Universitario y de investigación-ANABISAI, Mérida, Venezuela, 2006, Pages.
14. López-Piñero JM, Terrada ML. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (II) La comunicación científica en las distintas áreas de las ciencias médicas, *Medicina Clínica* 1992; 98: 101-106.
15. Terrada ML, López-Piñero JM, *La producción científica española y su posición en la comunidad internacional*, ed., Espasa Calpe, Madrid, España 1991, 73-112p.
16. Vallejo-Ruiz M. *Estudio Longitudinal De La Producción Española De Tesis Doctorales En educación Matemática (1975-2002)*, Tesis Doctoral. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Granada, Granada, España, 2005, 535p.p.
17. Bordons M, Fernández MT, Gómez I. Advantages and limitations in the use of impact factor measures for the assessment of research performance in a peripheral country, *Scientometrics* 2002; 53(2): 195-206.
18. Arenas S, Romero A. Indicadores bibliométricos de la revista científica *Zootecnia Tropical*, *Zootecnia Tropical* 2003; 21(3): 325-350.

19. López-Piñero JM, Terrada ML. 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, *Medicina Clínica* 1992; 98: 142-148.
20. Ferreiro L, Martín C. Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios, *Revista General de Información y Documentación* 1997; 7(2): 41-68.
21. Alonso A, Pulgarin A, Gil I. Estudio cuantitativo de la colaboración científica en la Universidad Politécnica de Valencia, España, *Information Research* 2005; 11(1): 245.
22. Lascurain-Sánchez ML. *La evaluación de la actividad científica mediante indicadores bibliométricos*, Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad Carlos III, Madrid, España, 2006, 12p.p.
23. de Granda-Orivea JI, García-Riob F, Gutiérrez-Jiménez T, Jiménez-Ruiz CA, Solano-Reinad S, Sáez-Vallsa R. Análisis y evolución de los indicadores bibliométricos de producción y consumo del área de tabaquismo a través de Archivos de Bronconeumología (período 1970-2000). Comparación con otras áreas neumológicas, *Archivos en Bronconeumología* 2002; 38(11): 523-529.
24. López-Piñero JM, Terrada ML. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría, *Medicina Clínica* 1992; 98: 64-68.
25. Villar-Álvarez F, Estrada-Lorenzo JM, Pérez-Andrés C, Rebollo-Rodríguez MJ. Estudio bibliométrico de los artículos originales de la revista española de salud pública (1991-2000). Parte tercera: análisis de las referencias bibliográficas, *Revista Española de Salud Pública* 2007; 81: 247-259.
26. Solórzano-Álvarez E, Mesa-Fleitas ME, Rodríguez-Sánchez Y, Cañedo-Andalía R. Análisis informétrico de la citación en la Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vasculosa en el período 2000-2004, *Acimed* 2006; 14(5).
27. Russell JM. Obtención de Indicadores Bibliométricos a Partir de la Utilización de las Herramientas Tradicionales de Información: 1-10.
28. Pérez-Andrés C, Estrada-Lorenzo JM, Villar-Álvarez F, Rebollo-Rodríguez MJ. Estudio bibliométrico de los artículos originales de la Revista Española de salud pública (1991-2000). Parte primera: Indicadores generales, *Revista Española de Salud Pública* 2002; 76: 659-672.
29. Duque-Oliva EJ, Cervera-Taulet A, Rodríguez-Romero C. Estudio bibliométrico de los modelos de medición del concepto de calidad percibida del servicio en Internet, *Revista INNOVAR* 2006; 16(28): 223-243.
30. Sancho R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la Tecnología, *Revista Española de Documentación Científica* 1990; 13(3-4): 842-865.
31. Ferriols R, Montañés P, Moreno A, Ventura JM. Artículos originales publicados en Farmacia Hospitalaria (1994-1999). Análisis del consumo de información, *Farmacia Hospitalaria* 2001; 25(1): 38-43.
32. Camps D, Recuero Y, Samar ME, Avila RE. Análisis bibliométrico de tesis de doctorado en el área de ciencias de la salud. Primera parte: Odontología, *Revista Facultad Ciencias Medicina Universidad Nacional de Córdoba* 2005; 62: 53-56.

**ANEXO**

**Artículo enviado a *Universitas Scientiarum***