

 ACCESO ABIERTO

Recibido: 02/02/2024

Aceptado: 20/03/2024

Publicado: 14/07/2024

Citar como: Fajardo Quesada AJ, Herrero Pacheco R. Índice de Alcance Integral: propuesta de un nuevo indicador bibliométrico y su representación polar. Inmedsur [Internet]. 2024 [citado fecha de acceso];7(2): e310. Disponible en: <http://www.inmedsur.cfg.sld.cu/index.php/inmedsur/article/view/310>

Índice de Alcance Integral: propuesta de un nuevo indicador bibliométrico y su representación polar

Comprehensive Scope Index: a Proposal of a New Bibliometric Indicator and its Polar Representation

Annier Jesús Fajardo Quesada¹  , René Herrero Pacheco¹ ¹Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Granma. Cuba.. Autor para la correspondencia: annierfq01@gmail.com**Palabras clave:** Bibliometría; Gráfico; Índice; Literatura; Matemática; Tecnología**Keywords:** Bibliometrics; Graphic; Index; Literature; Mathematic; Technology

RESUMEN

Introducción: los indicadores bibliométricos son variables matemáticas que permiten evaluar la calidad de las publicaciones y sus investigaciones derivadas. Categorizar a los autores y sus instituciones según la calidad de sus investigaciones por índices integrales se ha vuelto una necesidad, para la asignación de los recursos, contratación laboral o la concesión de premios y distinciones.

Objetivo: crear un indicador bibliométrico que evalúe de manera integral las publicaciones de investigaciones científicas.

Métodos: se realizó una investigación de desarrollo e innovación tecnológica en el mes de febrero del 2023. La creación del índice se llevó a cabo en tres etapas: búsqueda de información sobre los índices existentes y sus bases teóricas de cálculo, creación de la fórmula y representación polar asociada y la comprobación de la fórmula.

Resultados: la comprobación informática demostró una acertada elaboración de la fórmula. El índice creado constituyó un valor confiable para evaluar la producción científica de autores, instituciones y revistas con una correcta correlación con los demás índices actualmente empleados.

Conclusiones: el Índice de Alcance Integral constituye un valor confiable para evaluar la producción científica, muestra estrecha relación con otros índices actualmente aceptados y cuenta con una representación gráfica que determina su cálculo.

ABSTRACT

Introduction: bibliometric indicators are mathematical variables that allow evaluating the quality of publications and their derived research. Categorizing authors and their institutions according to the quality of their research by comprehensive indices has become a necessity, for the allocation of resources, hiring jobs or the granting of awards and distinctions.

Objective: create a bibliometric indicator that comprehensively evaluates scientific research publications.

Methods: a technological development and innovation investigation was carried out in the month of February 2023. The creation of the index was carried out in three stages: search for information on the existing indices and their theoretical bases for calculation, creation of the formula and associated polar representation and verification of the formula.

Results: the computer verification demonstrated a correct elaboration of the formula. The index created constituted a reliable value to evaluate the scientific production of authors, institutions and journals with a correct correlation with the other indices currently used.

Conclusions: the Comprehensive Scope Index constitutes a reliable value to evaluate scientific production, it shows a close relationship with other currently accepted indices and has a graphic representation that determines its calculation

INTRODUCCIÓN

La bibliometría es el análisis de la información publicada (libros, artículos de revistas, conjuntos de datos, blogs, etc.) y sus metadatos relacionados (resúmenes, palabras clave, citas, etc.) donde se utiliza la estadística para describir o mostrar las relaciones entre los trabajos publicados. La bibliometría se basa en la suposición de que la producción académica de un campo se refleja en la literatura publicada. ⁽¹⁾

La investigación bibliométrica ha experimentado un notable crecimiento durante las últimas dos décadas. Por ejemplo, Mukherjee, en su artículo informó que la investigación bibliométrica en las áreas temáticas de negocios, administración y contabilidad; economía, econometría y finanzas; y las ciencias sociales, según la clasificación de Scopus, tuvo un promedio de 1 021 publicaciones por año en la última década (2011-2020) y alcanzó 1 950 publicaciones en el 2020 en comparación con 170 publicaciones en el 2005. ⁽²⁾

Para expresar cuantitativamente las características bibliográficas de un documento o conjunto de documentos se utilizan indicadores bibliométricos (IB). Estos indicadores son datos numéricos que representan distintas características de la actividad científica vinculadas tanto a la producción como al uso de la información. Los IB se calculan de forma objetiva y reproducible a partir de un gran volumen de datos disponibles en bases de datos de referencia internacional. ⁽³⁾ Plantear o formular adecuadamente un IB requiere de una matemática aplicada con bases teóricas muy bien justificadas.

La práctica de las matemáticas implica descubrir patrones y utilizarlos para formular y probar conjeturas, lo que da como resultado, teoremas. Desde la década de 1960, los matemáticos se han auxiliado de computadoras para el descubrimiento de patrones y la formulación de conjeturas, por lo que trabajar la matemática de forma paralela constituye un apoyo vital en la comprobación de patrones y/o teorías. ⁽⁴⁾

Las fórmulas que calculan índices bibliométricos se enfocan en caracterizar la productividad científica en determinados aspectos como son: la productividad, la transitoriedad, el alcance, etc. Muchas veces tienen carácter objetivo, sin embargo, evaluar de forma integradora dicha productividad se vuelve una necesidad, no solo por el creciente auge de las publicaciones sino porque un aspecto no determina la calidad y la subjetividad que puede abarcar dicho concepto por lo que se hace difícil establecer escalas. Por tal motivo se realizó la investigación, con el objetivo de crear un índice que permita evaluar de manera integral las publicaciones de investigaciones científicas.

MÉTODO

Se realizó una investigación de desarrollo tecnológico o aplicado en diferentes universidades de Cuba durante los meses de noviembre del 2022 a enero del 2023. La creación y validación del índice bibliométrico y su representación se realizó en 5 etapas:

- Búsqueda de información sobre los índices más empleados y sus variables determinantes.
- Aislamiento de las variables determinantes.
- Asociación de las variables en representación polar.
- Creación de la fórmula.
- Comprobación matemática y rectificación de la fórmula.

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, se usó de manera automatizada el motor de búsqueda Google Académico donde las principales bases de datos utilizadas fueron Pubmed, Scopus y Web of Science. La búsqueda no hizo limitación lingüística o geográfica, aunque se seleccionaron las publicaciones más recientes y actualizadas. Las estrategias de búsqueda

incluyeron los términos: indicadores bibliométricos, bibliometría, cienciometría, fórmula matemática, índice bibliométrico y otros términos afines al tema de la revisión tanto en español como sus traducciones al inglés. Se utilizaron como operadores lógicos AND y OR para aumentar la especificidad de los resultados.

Luego de obtenidos los índices bibliométricos más empleados se aislaron sus variables determinantes, o sea, los datos numéricos que formaban parte de la ecuación de cálculo de dicho índice. Se hizo una lista sin colisiones para su posterior análisis. Las variables determinantes principales obtenidas fueron: total de citas (Ct), cantidad de artículos (N), cantidad de artículos originales (O), la colaboración de los autores (A) y el promedio de citas por artículo (C).

Mediante un plano polar (circular) se vincularon las variables determinantes, con basamento en la teoría empírica obtenida de la búsqueda inicial y con la condición de mantener la proporcionalidad entre las fórmulas. En este proceso se le dio valor a unas variables sobre otras según el nivel máximo y mínimo que pueden alcanzar, así como por los resultados de las investigaciones realizadas del área de la bibliometría que se encontraron en la búsqueda inicial.

A partir de la representación polar se realizó una ecuación matemática dependiente del área que representaron las variables en el plano. La fórmula fue puesta a prueba con un ejemplo hipotético (caso de prueba). Los sesgos encontrados determinaban el retroceso al paso anterior de creación de la fórmula, e incluso, de readaptación de la representación polar como consecuencia de la modificación.

El gráfico se generó programando un *plot* simple con el programa Python 3.11 y el módulo externo *Matplotlib*.

RESULTADOS

Entre los índices bibliométricos más empleados en la actualidad se encuentran: índice h, índice de colaboración de autores, índice de multiautoría, índice de aislamiento, índice de Price, índice de inmediatez, factor de impacto, índice de citas, índice de autocitación, índice de visibilidad e índice de Osk. Como resultados del análisis de las fórmulas establecidas para el cálculo de estos indicadores se pudo establecer la proporcionalidad de los indicadores y sus variables determinantes (total de citas (Ct), cantidad de artículos (N), cantidad de artículos originales (O), y la colaboración de los autores (A). (Tabla 1).

Tabla 1. Relación de proporcionalidad entre índices bibliométricos y variables determinantes de cálculo

Índice bibliométrico	Variables determinantes			
	C _t	N	O	A
Índice h	D	-	-	-
Colaboración de autores	-	I	-	D
Multiautoría	-	-	-	*
Aislamiento	D	-	-	-
Inmediatez	D	I	-	-
Impacto	D	I	-	-
Citas	D	D	-	-
Autocitación	*	*	-	-
Visibilidad	D	-	-	-
Productividad de los autores	-	D	-	-
Vida media	D	-	-	-
Obsolescencia	D	-	-	-
Inmediatez	D	I	-	-
Osk	-	-	D	-
Price	-	*	-	-

Nota: se omitieron algunas variables por su bajo nivel de ocurrencia. D: directamente proporcional. I: inversamente proporcional. *: depende de estados particulares de la variable

El número de citas de artículos originales, de artículos con colaboración multiinstitucional tendió a ser directamente proporcional y la cantidad de artículos inversamente proporcional. Debido a la importancia que juegan los resultados y su alcance se decidió incluirlo como variable a tener en cuenta en la propuesta de índice. El alcance de los resultados (R) fue tratado como la propiedad de artículos y su método de tener un alcance universal, independientemente de los criterios de selección exclusión, o sea, aquellos estudios cuyos resultados no están basados en grupos dependientes de su localización geográfica, sino que abarquen una población distribuida en todo el mundo. De igual manera se consideró el promedio de citas por artículo, para darle valor a la calidad sobre la cantidad (densidad de citas como criterio de calidad grupal).

Para poder representar en un plano polar adecuadamente los valores sin que los valores extremos deformen el cuadrilátero y alteren el cálculo de área, se llevaron a por ciento los valores de las variables O, I y A con base N. La variable C (promedio de citas por artículo) por su amplia variabilidad se llevó a una escala logarítmica (en base 2) por niveles y su calificación se basó en el 50 % del valor del grupo para reducir el tamaño de los datos y mejorar su proporcionalidad y en el por ciento que representaba su cantidad dentro del propio grupo. (Tabla 2).

Tabla 2. Puntuación por grupos según promedio de citas por artículo

Rango de los grupos	Grupos (G)	Puntuación (GP)
{0} U (0 - 2)	0	0,0
[2 - 4]	1	0,5
[4 - 8]	2	1,0
[8 - 16]	3	1,5
$[2^G - 2^{G+1}]$	G	G/2

El grupo para una cantidad C de promedio de citas por publicación quedó entonces determinado por la ecuación: $G = (\log_2 C)$

La cantidad de citas que abarcó el grupo (rango del grupo o Gr) se determinó por: $Gr = 2^{G+1} - 2^G = 2^G$.

Luego la fracción de citas dentro de su grupo se calculó: $FC = (C - 2^G) / 2^G = C / 2^G - 1$.

De este modo los determinantes de cálculo fueron:

- Fracción de alcance de los resultados (FR): R/N .
- Fracción de citación (FC): $C / 2^{\log_2 C} - 1$.
- Fracción de originalidad (FO): O/N .
- Fracción de colaboración institucional (CI): C/N .

Se trabajó con un ejemplo hipotético donde; $C_t = 1000$, $N = 100$, $FR = 60$, $FO = 70$ y $CI = 90$ se obtendría la siguiente representación polar. (Fig. 1).

El eje de las abscisas estaría determinado por variables relacionadas con la conexión entre autores e investigaciones y el eje de las ordenadas por variables, relacionadas con el aporte científico, dependientes de las investigaciones propiamente.

Entonces el valor final del índice del grupo de artículos se calculará teniendo en cuenta la puntuación del grupo al que pertenece por sus citas y el área de su polígono de representación (AP):

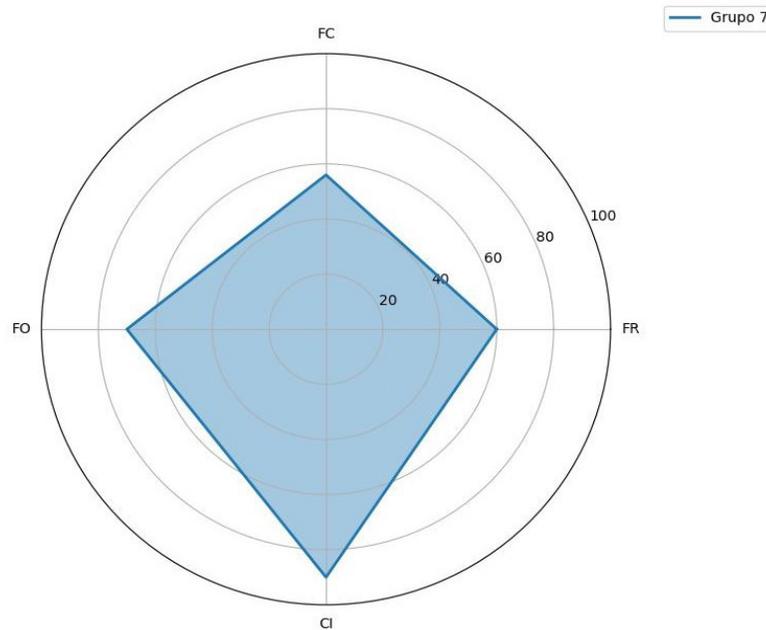


Figura 1. Representación polar (hipotética) para $C_t = 1000$, $N = 100$, $O = 60$, $I = 70$ y $A = 90$

$$AP = (FO + FR) * FC / 2 + (FO + FR) * CI / 2 = (FO + FR) * (FC + CI)$$

Luego el índice de alcance integral (IAI) se calcularía:

$$IAI = PG + AP$$

$$IAI = G / 2 + (FO + FR) * (FC + CI)$$

$$IAI = (\log_2 C) / 2 + (O / N + R / N) * (C / 2^{(\log_2 C)} - 1 + C / N)$$

$$IAI = (\log_2 C) / 2 + (O + R) / N * (C / 2^{(\log_2 C)} - 1 + C / N)$$

Para el ejemplo hipotético analizado, anteriormente, $IAI = 5,86$

Una alternativa que regule la sensibilidad de la escala logarítmica con base b (se corresponde con la tasa de citación) sería:

$$IAI = (\log_b C) / 2 + (O + R) / N * (C / b^{(\log_b C)} - 1 + C / N).$$

DISCUSIÓN

La subjetividad es omnipresente e implica perspectivas que van desde lo interpersonal hasta lo intercultural. ⁽⁵⁾ Cuando se trata de medir criterios de cantidad esta subjetividad se hace muy poco marcada, pero cuando lo evaluado es la calidad depende mucho de su evaluador y sus parámetros individuales. La presente propuesta de índice se basó en criterios de calidad sobre cantidad, ⁽⁶⁾ por lo que en todo momento se debe tener en cuenta que no se pretende alcanzar una exactitud sino acercarse a un indicador lo más integral posible, que por usar como base la teoría proveniente de otras fórmulas aceptadas actualmente se mantiene una proporcionalidad directa entre el índice y dichas fórmulas.

Flores, ⁽⁷⁾ divide los indicadores bibliométricos en: personales, de productividad, de citación, de contenido y metodológicos. Bajo esta clasificación se engloban la mayoría, pero otros, pertenecen simultáneamente a varias clasificaciones como es el caso del índice de Osk y el índice propuesto en la presente investigación. En este sentido otra división po-

dría ser: índices específicos (los de la clasificación de Flores) e índices integrales (donde se encuentra el índice de Osk).

El índice de Osk pretende dar solución a algunos de los problemas que presentan otros índices, tales como: no medir todos los factores que intervienen en el proceso editorial de una revista científica. Los componentes que participan en la ecuación del índice de Osk presentan unos valores acordes con la jerarquía que ocupan en las revistas, entre estos se encuentran artículos de investigación científica, revisión, ediciones, citas, etc. cada uno de los valores que intervienen en la ecuación son aditivos y/o multiplicativos, ya que todo lo que se presenta en una revista es producto del esfuerzo de un equipo editorial, por último, este índice se caracteriza por su flexibilidad, porque permite la adición o eliminación de valores de acuerdo a las características del objeto de estudio que se desea evaluar. ⁽⁸⁾

Cuando se hizo una comparación del índice de Osk con el IAI, por sus objetivos similares, fue evidente cómo ambos evalúan la tipología como factor determinante y dentro de ella es otorgado mayor peso a los artículos originales. El IAI a diferencia del índice de Osk en que no toma en cuenta el resto de las tipologías por considerar únicamente a los artículos de investigación original, que son los que aportan conocimiento nuevo a la comunidad científica, ⁽⁹⁾ esto les da una menor sensibilidad a los cambios de tipología, pero da un resultado más enfocado en los aportes. Algo similar ocurre con el nivel de colaboración donde en el índice de Osk se tiende a identificar la colaboración local, nacional e internacional.

El IAI le da igual valor a la colaboración, alcance de los resultados y a la cantidad de originales, el índice de Osk le da más valor a la colaboración. Esto demuestra la subjetividad que pueden llegar a tener las escalas de calidad. El IAI, también, le da un fuerte valor a la cantidad de citas, que es tan importante que gran parte de los indicadores más usados la contienen como factor de cálculo. ⁽⁷⁾

Como la cantidad de citas puede ser muy irregular y va en dependencia de la serie de artículos que se evalúen, tener una "llave de regulación de sensibilidad a las citas" es de mucha utilidad como en las bibliometrías de trabajos publicados en sitios locales donde la tasa de citación es realmente baja. ⁽¹⁰⁾ Esta tasa se representó en la fórmula como: b.

Por cuestiones de aprendizaje y visibilidad muchos de los procesos son llevados a sus representaciones gráficas, siempre que se pueda, porque a veces constituye todo un reto vincularlos a imágenes coherentes y sencillas. ⁽¹¹⁾ La representación polar del IAI no es solo un implemento decorativo, pues les da cierta dependencia a las variables y la demuestra gráficamente. Es por esto que una mayor o menor variación del IAI dependerá simultáneamente de los valores representados en las abscisas y en las ordenadas. En la actualidad hay índices complejos que cuentan con su propia representación gráfica, como son los indicadores basados en mapas y grafos como el caso de los grafos de coocurrencia de términos de WoS Viewer. ⁽¹²⁾

Con el auge de las tecnologías, la propiedad de los procesos de ser automatizados les da la posibilidad de una mayor generalización, alcance, productividad, costos, velocidad y reducción de errores. ⁽¹³⁾ Si se tiene en cuenta que las fórmulas son procesos matemáticos para obtener un valor determinado, prácticamente todas las fórmulas pueden ser automatizadas, y este es el caso del IAI, lo que constituye uno de sus puntos fuertes.

CONCLUSIONES

El índice de alcance integral o IAI, a pesar de su marcada subjetividad, característica de los índices que evalúan calidad, constituye un valor confiable para evaluar la producción científica de autores, instituciones y revistas, que muestra estrecha relación con algunos índices actualmente aceptados y cuenta con representación gráfica que determina su cálculo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la no existencia de conflictos de intereses relacionados con el estudio.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

AJFQ: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Validación, Redacción del borrador original y Redacción, revisión y edición

RHP: Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Recursos, Software, Visualización, Redacción del borrador original y Redacción, revisión y edición

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ninkov A, Frank JR, Maggio LA. Bibliometrics: Methods for studying academic publishing. *Perspect Med Educ*. 2022;11(3):173-6.

2. Mukherjee D, Lim WM, Kumar S, Donthu N. Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research. *J Bus Res*. 2022;14(8):101-15.

3. García C, García JM. Bibliometric indicators to evaluate scientific activity. *Radiol*. 2021;63(3):228-35.

4. Davies A, Veličković P, Buesing L, Blackwell S, Zheng D, Tomašev N, et al. Advancing mathematics by guiding human intuition with AI. *Nature*. 2021;600(7887):70-4.

5. Brown SR. Subjectivity in the Human Sciences. *Psychol Rec*. 2019;69(4):565-79.

6. Fajardo AJ. Contaminación de la línea investigativa. El precio de la cantidad sobre la calidad. *Rev Cubana Med*[Internet]. 2023[citado 29/5/24];62(1):[aprox. 5p.]. Disponible en: <https://revmedicina.sld.cu/index.php/med/article/view/3150>.

7. Flores C, Aguilera R. Indicadores bibliométricos y su importancia en la investigación clínica. ¿Por qué conocerlos? *Rev Soc Esp Dolor*[Internet]. 2019[citado 29/5/23];26(5):[aprox. 2p.]. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462019000500012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

80462019000500012&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

8. Pérez O. Índice de Osk: una nueva medición bibliométrica para las revistas científicas. *Rev Esp Doc Científica*[Internet]. 2017[citado 29/5/23];40(2):[aprox. 2p.]. Disponible en: <https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/978/1499>.

9. Fajardo AJ, Calas JJ, Rego FA, Otaño R, Montiel MA. Producción científica cubana sobre Dengue en Scopus en el periodo 2011-2021. *Univ Méd Pinareña*[Internet]. 2022[citado 30/5/23];18(2):[aprox. 2p.]. Disponible en: <https://revgaleno.sld.cu/index.php/ump/article/view/892>.

10. Akgülle AH, Şirin E. Publication rates and characteristics of abstracts presented in the first National Pediatric Orthopedics Congress: a bibliometric study. *Kocaeli Med J*. 2020;9(3):75-8.

11. Chen F, Wang YC, Wang B, Kuo CCJ. Graph representation learning: a survey. *APSIPA Trans Signal Inf Process*. 2020;9(10):15.

12. Sindhu P, Bharti K. Mapping customer experience: a taxonomical study using bibliometric visualization. *VINE J Inf Knowl Manag Syst*. 2021;51(4):592-617.

13. Tejada DM, Navarro IJ, Ibarra CH. Lineamientos para la Automatización de Robótica de Procesos. *Rev CIES*[Internet]. 2020[citado 30/5/23];11(1):[aprox. 15p.]. Disponible en: <https://revista.escolme.edu.co/index.php/cies/article/view/286>.

INMEDSUR



Este artículo de la [Revista Inmedsur](#) está bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0. Esta licencia permite el uso, distribución y reproducción del artículo en cualquier medio, siempre y cuando se otorgue el crédito correspondiente al autor del artículo y al medio en que se publica, en este caso la [Revista Inmedsur](#).