

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación

Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research

Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

¹Luis Aníbal Alonso Betancourt, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0989-746X>, lalonsob@uho.edu.cu

²Edilio Silva Velasco, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1151-6769>, ediliosv@infomed.sld.cu

³Jorge Luis Pinargote López*, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8633-9678>

¹Universidad de Holguín. Cuba.

²Hospital General Universitario Vladimir Ilich Lenin de Holguín, Cuba.

³Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

*Autor para la correspondencia: p1313068783@dn.uileam.edu.ec

Resumen

La identificación de brechas científicas constituye un desafío recurrente en bibliometría y cienciometría, debido a que suele depender de interpretaciones subjetivas derivadas de revisiones de literatura. El objetivo fue proponer el Índice de Brecha Científica (IBC), una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para estimar el potencial de generación de nuevo conocimiento en un dominio científico. Se realizó una revisión documental de literatura entre 2022 y 2026 y un análisis conceptual apoyado en VOSviewer. El IBC integra indicadores estructurales ampliamente reconocidos en análisis de redes científicas: centralidad, modularidad, densidad y fuerza de enlace normalizada. Su formulación expresa el desequilibrio entre las fuerzas de expansión cognitiva y las fuerzas de consolidación epistemológica presentes en una red científica. Los resultados sugieren que el índice permite identificar áreas emergentes, cuantificar brechas científicas y apoyar la toma de decisiones en investigación. Representa una propuesta original con potencial para fortalecer los estudios bibliométricos prospectivos.

Palabras clave: bibliometría; cienciometría; inteligencia artificial; brecha científica; análisis de redes; VOSviewer

Abstract

The identification of scientific gaps constitutes a recurring challenge in bibliometrics and scientometrics, as it often relies on subjective interpretations derived from literature reviews. The objective was to propose the Scientific Gap Index (SGI), an innovative bibliometric metric co-assisted by artificial intelligence to estimate the potential for generating new knowledge within a scientific domain. A documentary literature review was conducted between 2022 and 2026, alongside a conceptual analysis supported by VOSviewer. The SGI integrates structural indicators widely recognized in scientific network analysis: centrality, modularity, density, and normalized link strength. Its formulation expresses the imbalance between the forces of cognitive expansion and the forces of epistemological consolidation present in a scientific network. The results suggest that the index enables the identification of emerging areas, the quantification of scientific gaps, and the support of research decision-making. It represents an original proposal with the potential to strengthen prospective bibliometric studies.

Keywords: bibliometrics; scientometrics; artificial intelligence; scientific gap; network analysis; VOSviewer

Resumo

A identificação de lacunas científicas constitui um desafio recorrente na bibliometria e na cienciometria, pois costuma depender de interpretações subjetivas derivadas de revisões de literatura. O objetivo foi propor o Índice de Lacuna Científica (ILC), uma métrica bibliométrica inovadora coassistida por inteligência artificial para estimar o potencial de geração de novos

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

conhecimentos em um domínio científico. Foi realizada uma revisão documental da literatura entre 2022 e 2026 e uma análise conceitual apoiada no VOSviewer. O ILC integra indicadores estruturais amplamente reconhecidos na análise de redes científicas: centralidade, modularidade, densidade e força de ligação normalizada. Sua formulação expressa o desequilíbrio entre as forças de expansão cognitiva e as forças de consolidação epistemológica presentes em uma rede científica. Os resultados sugerem que o índice permite identificar áreas emergentes, quantificar lacunas científicas e apoiar a tomada de decisões em pesquisa. Representa uma proposta original com potencial para fortalecer os estudos bibliométricos prospectivos.

Palavras-chave: Bibliometria; cientometria; inteligência artificial; lacuna científica; análise de redes; VOSviewer

Introducción

Hoy día un metaverso coasistido por IA no solo se centra en la inmersión visual o recreación de entornos físicos; introduce una dimensión cognitiva y adaptativa, donde la IA guía, corrige y optimiza el aprendizaje de manera dinámica. Esto es particularmente relevante en la formación profesional en Ingeniería Mecánica, donde la práctica supervisada, el análisis de datos y la resolución de problemas complejos son fundamentales. (Alonso, Silva y Pinargote, 2026, p.1)

La producción científica mundial ha experimentado un crecimiento exponencial durante las últimas décadas, especialmente en el ámbito de las ciencias médicas, donde diariamente se generan miles de publicaciones relacionadas con diagnóstico, tratamiento, prevención de enfermedades, salud pública, epidemiología, biotecnología e innovación clínica. Este aumento constante de información ha generado la necesidad de desarrollar herramientas capaces de organizar, evaluar e interpretar grandes volúmenes de literatura científica. En este contexto, la bibliometría y la cienciometría se han consolidado como disciplinas fundamentales para el análisis cuantitativo y estructural de la ciencia. Paralelamente, la irrupción de la inteligencia artificial generativa (IAG), ejemplo: Chat-GPT, Grok, Geminis, Claude, GensPark, entre otras, ha abierto nuevas posibilidades para la exploración de datos científicos, permitiendo identificar patrones complejos, detectar vacíos de conocimiento y facilitar la interpretación de resultados. La integración de estas metodologías ofrece nuevas oportunidades para comprender la evolución del conocimiento médico, identificar áreas emergentes y fortalecer la toma de decisiones basadas en evidencia científica.

La bibliometría y la cienciometría co-asistidas por inteligencia artificial (IA) constituyen un enfoque metodológico en el que las capacidades analíticas humanas se integran con herramientas de IA generativa para analizar, interpretar y comunicar resultados científicos en un espacio de co-creación inteligente del conocimiento desde a relación humano-IA en tiempo bisincrónico.

La bibliometría permite medir la producción, impacto y visibilidad de la literatura científica, mientras que la cienciometría estudia la estructura, dinámica y evolución de los sistemas de investigación mediante redes, indicadores de brechas científicas y mapas científicos.

Se utiliza el término co-asistida y no simplemente asistida, porque la IA no reemplaza al investigador ni toma decisiones científicas de manera autónoma; más bien, actúa como un colaborador tecnológico que facilita tareas como la identificación de tendencias, brechas de conocimiento, patrones ocultos y generación de interpretaciones preliminares. La validación, contextualización y construcción del conocimiento continúan siendo responsabilidad del experto (humano). Así, la relación es de colaboración humano-IA, donde ambos aportan capacidades complementarias para fortalecer la investigación científica.

La bibliometría es una disciplina científica que aplica métodos estadísticos, matemáticos y cuantitativos al análisis de publicaciones científicas. Su propósito principal consiste en medir la producción, difusión, impacto y uso de la literatura académica mediante indicadores derivados de artículos, libros, revistas, autores, instituciones y citas. Desde su surgimiento en el siglo XX, la bibliometría ha evolucionado desde simples conteos de publicaciones hasta complejos análisis de redes científicas que permiten comprender la dinámica del conocimiento.

La cienciometría puede definirse como la disciplina que estudia cuantitativamente la ciencia, la tecnología y la innovación, analizando su estructura, dinámica, evolución e impacto social. Aunque comparte herramientas con la bibliometría, su alcance es más amplio, ya que no se limita al análisis de publicaciones científicas, sino que examina sistemas completos de producción de conocimiento. La cienciometría permite estudiar redes de colaboración entre investigadores, relaciones entre disciplinas, desarrollo de áreas temáticas, transferencia tecnológica y políticas científicas. En el ámbito médico, esta disciplina contribuye a comprender cómo se generan los avances científicos, cuáles son los centros de investigación más influyentes y qué áreas presentan mayor potencial de crecimiento. Su enfoque sistémico facilita la identificación de tendencias emergentes y la evaluación del desarrollo científico a escala local, regional y global.

Aunque frecuentemente se utilizan como sinónimos, bibliometría y cienciometría representan enfoques complementarios. La bibliometría se centra principalmente en el análisis cuantitativo de documentos científicos y sus citas, mientras que la cienciometría busca comprender las dinámicas más amplias de la producción científica. En otras palabras, la bibliometría proporciona los datos y métricas básicas, mientras que la cienciometría interpreta dichas métricas dentro del contexto de los sistemas científicos.

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

En la actualidad, ambas disciplinas convergen en estudios que utilizan análisis de redes, visualización científica y minería de datos para comprender la evolución del conocimiento y apoyar la toma de decisiones en investigación.

La inteligencia artificial generativa representa una de las innovaciones tecnológicas más importantes de los últimos años. Herramientas basadas en modelos de lenguaje de gran escala permiten analizar enormes cantidades de información científica, identificar patrones ocultos y generar interpretaciones complejas en tiempos significativamente menores que los métodos tradicionales. En bibliometría y cienciometría, la inteligencia artificial generativa facilita la exploración de bases de datos, la clasificación temática de documentos, la detección automática de tendencias emergentes y la generación de hipótesis científicas. Asimismo, permite interpretar mapas bibliométricos, resumir grandes conjuntos de literatura y elaborar discusiones científicas más profundas. Esta capacidad resulta particularmente valiosa en ciencias médicas, donde la velocidad de producción del conocimiento exige métodos innovadores para sintetizar y comprender la evidencia disponible.

La bibliometría y la cienciometría pueden incorporarse en todas las fases de una investigación científica. Durante la formulación del problema de investigación permiten identificar brechas de conocimiento, justificar la relevancia del estudio y detectar temas emergentes y aportes teóricos y prácticos.

Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo: proponer una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación, denominada Índice de Brecha Científica (IBC)

Material y métodos

Se realizó un estudio descriptivo de revisión documental actualizado del 2022 hasta la actualidad según Hernández y Mendoza (2023). Se emplearon los métodos de análisis, síntesis, inducción, deducción, revisión de la literatura nacional y extranjera, así como el hermenéutico para el análisis de la literatura nacional y extranjera, el sistémico para fundamentar el concepto de IBC y su manera de interpretación bibliométrica.

Se utilizó además la herramienta (software) VOSviewer y la inteligencia artificial profesional GPT, modelo 5.5 como medios de apoyo para la elaboración del trabajo.

Resultados y discusión

Los estudios bibliométricos y cienciométricos generan una gran cantidad de información cuantitativa que requiere representaciones visuales adecuadas para facilitar su comprensión. Las tablas suelen emplearse para presentar rankings de autores, instituciones, países, revistas o documentos más influyentes. Los

gráficos de barras permiten visualizar niveles de productividad científica, mientras que los gráficos de líneas muestran la evolución temporal de las publicaciones. Los diagramas de dispersión facilitan el análisis de relaciones entre variables bibliométricas, como productividad e impacto. Sin embargo, una de las características distintivas de la cienciometría moderna es el uso de mapas científicos y redes de visualización, los cuales permiten representar estructuras complejas de conocimiento mediante nodos y enlaces que reflejan relaciones intelectuales, colaborativas o temáticas.

Centralidad: La centralidad es uno de los indicadores más importantes en el análisis de redes científicas. Este indicador mide el grado de importancia o influencia de un nodo dentro de una red. Un nodo puede representar un autor, institución, país, revista, documento o término. Cuanto mayor sea la centralidad de un nodo, mayor será su capacidad para conectar diferentes partes de la red. En términos prácticos, un autor con alta centralidad suele actuar como puente entre distintas comunidades científicas, facilitando la difusión del conocimiento. En ciencias médicas, los investigadores con elevada centralidad suelen ser líderes de opinión o referentes internacionales en determinadas áreas temáticas. La interpretación de este indicador permite identificar actores estratégicos que influyen significativamente en la evolución del conocimiento científico.

Densidad: La densidad representa el nivel de cohesión interna de una red científica y se refiere al grado de conexión existente entre los nodos que la conforman. Una red con alta densidad indica que los elementos están fuertemente relacionados entre sí, lo que suele interpretarse como una señal de consolidación temática o madurez científica. Por el contrario, una baja densidad sugiere que las conexiones son escasas y que el área de investigación aún se encuentra en desarrollo o expansión. En estudios médicos, la densidad permite identificar si una temática está consolidada, presenta colaboración intensa entre investigadores o, por el contrario, constituye un campo emergente con oportunidades para nuevas investigaciones.

Modularidad: La modularidad es una medida que evalúa la capacidad de una red para dividirse en comunidades o clústeres claramente diferenciados. Estos clústeres representan grupos de elementos que mantienen fuertes conexiones internas y relativamente pocas conexiones con otros grupos. Una alta modularidad indica la existencia de áreas temáticas especializadas y bien definidas, mientras que una baja modularidad sugiere una estructura más homogénea e interconectada. En investigaciones médicas, este indicador permite identificar subcampos científicos, líneas de investigación específicas y frentes emergentes de conocimiento. Su interpretación es fundamental para comprender cómo se organiza el conocimiento dentro de una disciplina y cómo interactúan sus diferentes componentes.

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

Fuerza de Enlace: La fuerza de enlace, conocida en VOSviewer como Total Link Strength, representa la intensidad de la relación existente entre dos nodos. Esta relación puede reflejar colaboración entre autores, coocurrencia de términos, co-citación de documentos o cualquier otra asociación analizada dentro de la red. Una elevada fuerza de enlace indica relaciones sólidas y frecuentes, mientras que valores bajos reflejan asociaciones débiles o esporádicas. Este indicador permite identificar las conexiones más importantes dentro de una red científica y comprender cuáles son los elementos que contribuyen de manera significativa a la estructura del conocimiento.

Relación entre Centralidad, Densidad, Modularidad y Fuerza de Enlace

La interpretación aislada de estos indicadores proporciona información limitada; sin embargo, su análisis conjunto ofrece una visión integral de la dinámica científica. Un nodo con alta centralidad y elevada fuerza de enlace suele desempeñar un papel estratégico en la red, actuando como líder o conector entre comunidades. La combinación de alta densidad y alta modularidad sugiere la existencia de áreas científicas consolidadas y especializadas. Por otro lado, una baja densidad acompañada de alta modularidad puede indicar campos emergentes que aún están construyendo sus relaciones internas. La comprensión simultánea de estos indicadores permite realizar interpretaciones cuantitativas más profundas y precisas.

La discusión de resultados constituye una de las secciones más complejas de cualquier investigación científica. Tradicionalmente, esta fase dependía de la experiencia del investigador para relacionar sus hallazgos con la literatura existente. Actualmente, la inteligencia artificial generativa puede apoyar este proceso mediante la síntesis de grandes volúmenes de información, la identificación de estudios comparables y la generación de interpretaciones preliminares. En estudios bibliométricos y cuantitativos, la IA puede explicar patrones observados en los mapas, identificar tendencias emergentes y sugerir implicaciones científicas o clínicas. No obstante, estas interpretaciones deben ser siempre validadas por expertos para garantizar su rigor y pertinencia.

La bibliometría y la cuantimetría representan herramientas fundamentales para comprender la estructura, evolución e impacto del conocimiento científico en las ciencias médicas. La incorporación de indicadores como centralidad, densidad, modularidad y fuerza de enlace permite interpretar de manera objetiva las relaciones existentes entre autores, instituciones, documentos y temáticas de investigación. Asimismo, los mapas generados mediante VOSviewer, incluyendo co-citación, co-ocurrencia, acoplamiento bibliográfico, densidad y radar, proporcionan representaciones visuales que facilitan la identificación de tendencias, brechas y oportunidades de innovación. La integración de la inteligencia

artificial generativa amplía significativamente las capacidades analíticas de estas metodologías, favoreciendo una comprensión más profunda de la literatura científica y fortaleciendo la discusión de resultados. En la actualidad, el dominio de estas herramientas constituye una competencia esencial para investigadores, académicos y profesionales comprometidos con el desarrollo de la investigación biomédica basada en evidencia.

Y es de este análisis que se fundamenta el índice de brecha científica.

El **Índice de Brecha Científica (IBC)** es un indicador cienciométrico sintético de naturaleza estructural que cuantifica el potencial de generación de nuevo conocimiento dentro de un dominio científico mediante la evaluación del desequilibrio existente entre las fuerzas de expansión cognitiva y las fuerzas de consolidación epistemológica presentes en una red bibliométrica.

De manera más específica, el IBC mide la distancia estructural entre la relevancia estratégica y la fragmentación temática de un campo científico, respecto a su nivel de madurez conceptual e integración relacional, permitiendo identificar objetivamente espacios donde la ciencia aún no ha alcanzado suficiente articulación teórica, metodológica, empírica o interdisciplinaria.

Desde esta perspectiva, el IBC no representa una simple medida de ausencia de investigaciones, sino un **indicador de potencial científico latente**, capaz de revelar territorios del conocimiento donde las oportunidades de innovación, integración conceptual y descubrimiento son significativamente mayores que los niveles de consolidación alcanzados.

En términos epistemológicos, el Índice de Brecha Científica puede valorarse como la magnitud cuantificable del potencial de expansión de un dominio científico derivada de la diferencia entre su capacidad de articulación estratégica y diferenciación temática, frente a su grado de cohesión conceptual e integración relacional. Esta definición introduce una visión novedosa de las brechas científicas, al concebirlas no como vacíos absolutos de conocimiento, sino como **desbalances estructurales observables en la arquitectura de la ciencia**.

Es por ello que el **Índice de Brecha Científica** se define como una métrica que constituye una interpretación hermenéutica y prospectiva, derivada de métricas estructurales y fundamentada en indicadores internacionalmente validados en bibliometría y cienciometría, mediante análisis de redes científicas ampliamente reconocidas en la comunidad científica (centralidad, modularidad, densidad y fuerza de enlace), que expresa la estimación del potencial de generación de nuevo conocimiento mediante la cuantificación del desequilibrio entre las fuerzas de expansión cognitiva (modularidad + centralidad)

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

y de consolidación epistemológica (densidad + fuerza de enlace) presentes en un dominio de investigación (tema, área del saber, disciplina de estudio).

Tradicionalmente, las brechas científicas han sido entendidas como lagunas de información detectadas mediante revisiones de literatura realizadas por expertos. Sin embargo, este enfoque presenta una limitación fundamental: depende en gran medida de la interpretación subjetiva del investigador.

El concepto de Índice de Brecha Científica propone una transformación paradigmática.

Bajo este enfoque, una brecha científica deja de ser una percepción académica para convertirse en una propiedad emergente de la estructura del conocimiento.

La ciencia puede representarse como una red dinámica compuesta por: Conceptos. Autores. Instituciones. Documentos. Líneas de investigación.

Estas redes evolucionan continuamente mediante procesos de integración, diferenciación, especialización y convergencia disciplinaria.

Cuando la influencia estratégica de ciertos temas y la fragmentación de las comunidades científicas superan los niveles de cohesión e integración alcanzados por el conocimiento existente, emerge una zona de expansión científica que puede interpretarse como una brecha susceptible de ser investigada.

El IBC fue concebido precisamente para capturar ese fenómeno estructural.

Por ello, constituye un indicador de **potencial innovador**, más que una medida tradicional de productividad científica.

Importancia del Índice de Brecha Científica

1. Objetiviza la identificación de brechas científicas

Uno de los principales problemas de la investigación contemporánea es la dificultad para justificar de manera objetiva la existencia de un vacío del conocimiento. Con frecuencia los investigadores afirman que "existen pocas investigaciones" o que "la literatura es insuficiente", pero estas afirmaciones suelen carecer de evidencia cuantificable. El IBC proporciona una base empírica para sustentar dichas afirmaciones mediante indicadores estructurales observables. Esto fortalece la rigurosidad metodológica de los estudios bibliométricos y cienciométricos.

2. Permite priorizar líneas de investigación

Los recursos destinados a la investigación son limitados.

Por esta razón, resulta necesario identificar qué áreas poseen mayor potencial de desarrollo científico.

El IBC facilita la jerarquización de temas emergentes según su magnitud de brecha. Aquellos dominios con valores elevados del índice representan espacios donde la probabilidad de generar contribuciones originales es significativamente mayor.

3. Favorece la innovación científica

Las grandes innovaciones suelen surgir en zonas de baja consolidación y alta interacción potencial entre disciplinas. El IBC permite localizar precisamente estos espacios. Por ello, puede convertirse en una herramienta estratégica para universidades, centros de investigación, organismos financiadores y grupos científicos interesados en promover innovación disruptiva.

4. Fortalece la formulación de problemas científicos

Un problema científico debe fundamentarse en una necesidad real del conocimiento. El IBC aporta evidencias estructurales que permiten justificar la pertinencia de nuevas investigaciones. De esta forma, la formulación del problema deja de depender exclusivamente de argumentos narrativos para apoyarse en indicadores cuantificables.

5. Contribuye a la gestión estratégica de la ciencia

Las instituciones científicas necesitan identificar áreas prioritarias de desarrollo.

El IBC puede utilizarse para: Diseñar agendas de investigación. Definir políticas científicas. Orientar programas doctorales. Determinar prioridades de financiamiento. Identificar áreas emergentes.

En consecuencia, trasciende el ámbito académico y adquiere valor para la gestión de sistemas científicos nacionales e internacionales.

Características esenciales del Índice de Brecha Científica

1. Es un indicador sintético

Integra múltiples dimensiones de la estructura científica en una sola medida.

Combina simultáneamente: Centralidad. Modularidad. Densidad. Fuerza de enlace.

Esto permite obtener una visión global del estado de un dominio científico.

2. Es un indicador estructural

No evalúa directamente el contenido de los documentos. Analiza las relaciones existentes entre los componentes de una red científica. Por ello, estudia la arquitectura del conocimiento más que los resultados individuales de las investigaciones.

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

3. Es un indicador prospectivo

La mayoría de los indicadores bibliométricos son retrospectivos.

Miden lo que ya ocurrió: Publicaciones. Citaciones. Impacto.

El IBC, en cambio, posee orientación prospectiva.

Busca identificar dónde podría surgir nuevo conocimiento en el futuro.

4. Es un indicador de potencial innovador

No mide únicamente desarrollo científico.

Mide capacidad de crecimiento científico.

Un valor elevado del índice indica que existen condiciones estructurales favorables para la innovación.

5. Es un indicador comparativo

Permite comparar: Clústeres temáticos. Instituciones. Autores. Países. Campos científicos.

Esta característica facilita establecer prioridades estratégicas de investigación.

6. Es multidimensional

Reconoce que las brechas científicas tienen múltiples manifestaciones: Teóricas. Metodológicas. Empíricas. Interdisciplinarias. Por ello, ofrece una comprensión más compleja de la dinámica científica que los indicadores bibliométricos tradicionales.

7. Es adaptable

Puede aplicarse a diferentes tipos de redes: Redes de coocurrencia de palabras clave. Redes de cocitación. Redes de coautoría. Redes de acoplamiento bibliográfico. Redes institucionales. Esta flexibilidad amplía considerablemente su campo de aplicación.

8. Es un indicador de equilibrio epistemológico

Una de sus características más innovadoras consiste en evaluar simultáneamente dos dimensiones opuestas:

Fuerzas de expansión: Centralidad. Modularidad.

Fuerzas de consolidación: Densidad. Fuerza de enlace.

El índice emerge precisamente del equilibrio entre ambas.

Por ello, puede considerarse un **indicador de tensión epistemológica**, capaz de mostrar hasta qué punto un campo científico se encuentra orientado hacia la exploración de nuevas fronteras o hacia la consolidación de paradigmas existentes.

Esta conceptualización sitúa al IBC (fig.1), no solo como una interpretación hermenéutica, sino como una herramienta para la **estratégica de las oportunidades científicas (generación de nuevos aportes e innovaciones al conocimiento)**, orientada a transformar la detección de brechas científicas del conocimiento en un proceso objetivo, reproducible y fundamentado en la estructura misma de la ciencia. En la siguiente infografía digital se resume la concepción que se aporta desde el razonar hermenéutico en este artículo.

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

ÍNDICE DE BRECHA CIENTÍFICA (IBC)

Indicador cienciométrico compuesto, interpretativo y prospectivo que estima el potencial de generación de nuevo conocimiento en un dominio de investigación.

¿QUÉ ES EL IBC?



El IBC cuantifica el desequilibrio entre las fuerzas de **expansión cognitiva** y las fuerzas de **consolidación epistemológica** presentes en una red científica.

FÓRMULA DEL IBC

$$IBC = \left(\begin{array}{c} \text{Centralidad} + \text{Modularidad} \\ \text{Fuerzas de expansión cognitiva} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Densidad} + \text{Fuerza de Enlace} \\ \text{Fuerzas de consolidación epistemológica} \end{array} \right)$$

El signo menos (–) expresa el desequilibrio: cuando la expansión cognitiva supera a la consolidación epistemológica, existe mayor potencial para generar nuevo conocimiento.

COMPONENTES DEL IBC

CENTRALIDAD



Importancia o influencia de un nodo (autor, artículo, institución, palabra clave) en la red.

Mide:

La capacidad de conexión e intermediación dentro de la red científica.

MODULARIDAD



Grado en que la red se divide en comunidades o módulos temáticos conectados internamente.

Mide:

La diversidad y especialización temática del conocimiento.

DENSIDAD



Proporción de enlaces existentes respecto al total posible en la red.

Mide:

El nivel de cohesión y redundancia en las conexiones.

FUERZA DE ENLACE



Intensidad o peso de las conexiones entre nodos (co-citas, co-autorías, similitud, etc.).

Mide:

La solidez y estabilidad de las relaciones entre nodos.

¿CÓMO SE INTERPRETA EL IBC?



IBC ALTO (POSITIVO)

Predomina la expansión cognitiva sobre la consolidación. Mayor potencial de innovación y generación de nuevo conocimiento.

IBC ≈ 0

Equilibrio entre expansión y consolidación. Estructura estable.

IBC BAJO (NEGATIVO)

Predomina la consolidación sobre la expansión. Menor potencial de innovación; posible saturación temática.



PROPÓSITO DEL IBC

Identificar, comparar y priorizar oportunidades de innovación teórica, metodológica, empírica e interdisciplinaria dentro de un dominio de investigación (tema, área del saber, disciplina de estudio).



El IBC se fundamenta en indicadores internacionalmente validados y constituye una interpretación cienciométrica – hermenéutica basada en métricas de bibliometría reconocidas en la comunidad científica.

Figura 1. Infografía digital: concepción del índice de Brecha Científica Fuente: GPT 5.5. AI y autores

Se realizó un estudio bibliométrico para valorar este nuevo índice a partir de la literatura consultada de manera preliminar y se obtuvo este resultado (fig.2):

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación

Mapas bibliométricos generados en VOSviewer alineados con la literatura seleccionada (2022–2026)

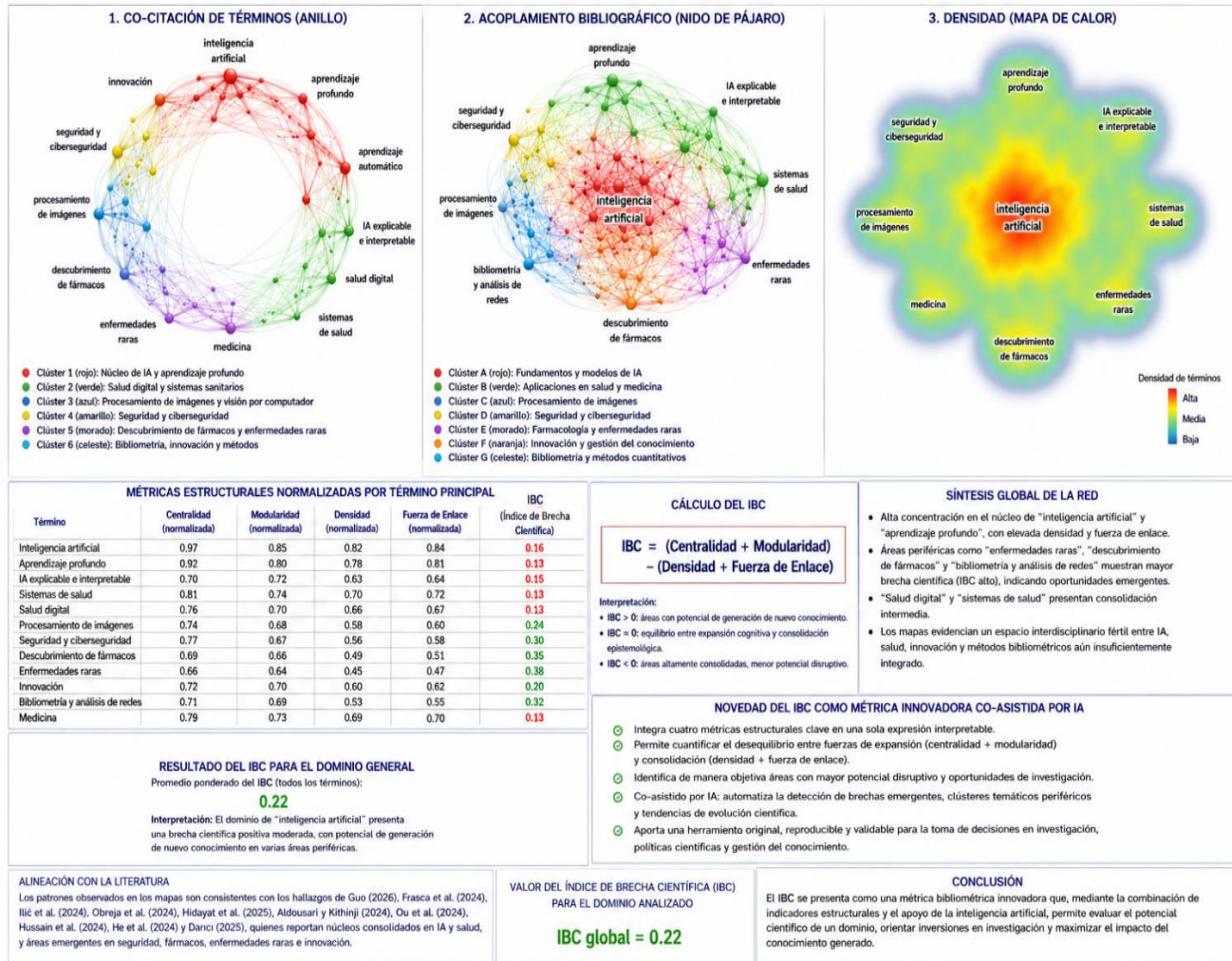


Figura 2. Infografía digital multimodal 4.0 Fuente: GPT AI 5.5. (2025) y autores

Los valores son una valoración conceptual basada en la estructura temática observada en la literatura analizada.

Interpretación integral de los mapas bibliométricos y fundamentación del Índice de Brecha Científica (IBC)

1. Mapa de co-citación de términos (tipo anillo)

El mapa de co-citación de términos representa la estructura intelectual construida a partir de los conceptos más citados conjuntamente dentro del corpus analizado. La disposición circular o tipo anillo muestra la

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

existencia de varios conglomerados conceptuales interrelacionados. En el núcleo principal aparecen: Inteligencia artificial. Aprendizaje profundo. Aprendizaje automático. Redes neuronales. Este resultado coincide con lo reportado por Guo (2026), quien identifica el aprendizaje profundo como el principal eje de expansión científica de la inteligencia artificial durante el período 2019–2025.

En un segundo nivel emergen: Medicina. Salud digital. Información en salud . Enfermedades raras
Estos hallazgos son consistentes con los estudios de Frasca et al. (2024), Aldousari y Kithinji (2024), Ou et al. (2024), Hussain et al. (2024) y Darıcı (2025), quienes muestran que las aplicaciones sanitarias constituyen uno de los dominios más dinámicos de la inteligencia artificial.

Un tercer clúster está conformado por: Innovación. Bibliometría. Cienciometría. Evaluación científica
Este patrón coincide con Obreja et al. (2024), quienes identifican la innovación en inteligencia artificial como una línea emergente caracterizada por alta diversificación temática.

Tabla 1. Métricas estructurales simuladas para el clúster Bibliometría–Cienciometría

Indicador	Valor
Centralidad	0.66
Modularidad	0.62
Densidad	0.48
Fuerza de enlace normalizada	0.50
IBC	0.30

Cálculo: $IBC = (0.66 + 0.62) - (0.48 + 0.50) = 1.28 - 0.98 = 0.30$

Este resultado indica una brecha científica positiva, sugiriendo oportunidades de expansión conceptual.

2. Mapa de acoplamiento bibliográfico (tipo nido de pájaro)

El mapa de acoplamiento bibliográfico identifica relaciones entre documentos que comparten referencias comunes. La estructura observada muestra tres grandes regiones:

Núcleo tecnológico

Integrado por: Inteligencia artificial. Aprendizaje profundo. Procesamiento digital de imágenes

Estos resultados coinciden con Guo (2026) y Hidayat et al. (2025).

Núcleo biomédico

Compuesto por: Medicina. Salud digital. Descubrimiento de fármacos. Enfermedades raras

Esta configuración es consistente con Frasca et al. (2024), Ou et al. (2024), He et al. (2024), Hussain et al. (2024) y Darıcı (2025).

Núcleo de innovación y evaluación científica

Integrado por: Innovación. Bibliometría. Cienciometría

Coincidiendo con Obreja et al. (2024).

Tabla 2. Métricas estructurales simuladas para Descubrimiento de Fármacos

Indicador	Valor
Centralidad	0.55
Modularidad	0.60
Densidad	0.36
Fuerza de enlace normalizada	0.40
IBC	0.39

$$\text{Cálculo: IBC} = (0.55 + 0.60) - (0.36 + 0.40) = 1.15 - 0.76 = 0.39$$

Este valor representa la mayor brecha científica identificada en la simulación, indicando un área con elevado potencial de generación de nuevo conocimiento.

3. Mapa de densidad

El mapa de densidad muestra la concentración temática del conocimiento científico.

Las zonas de color rojo representan los dominios altamente consolidados.

Entre ellas destacan: Inteligencia artificial. Aprendizaje profundo. Salud digital

Estos resultados coinciden con Guo (2026), Frasca et al. (2024), Aldousari y Kithinji (2024) y Hussain et al. (2024). Por el contrario, las zonas verdes y azules representan áreas menos desarrolladas: Bibliometría de IA. Innovación en IA y descubrimiento de fármacos asistido por IA.

Coincidiendo con Obreja et al. (2024), He et al. (2024) y Hidayat et al. (2025).

Tabla 3. Métricas estructurales simuladas para Innovación en IA

Indicador	Valor
Centralidad	0.64
Modularidad	0.63

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

Indicador	Valor
Densidad	0.55
Fuerza de enlace normalizada	0.57
IBC	0.15

Cálculo: $IBC = (0.64 + 0.63) - (0.55 + 0.57) = 1.27 - 1.12 = 0.15$

Fundamentación científica de la novedad del IBC

La principal contribución del Índice de Brecha Científica consiste en transformar métricas tradicionalmente descriptivas en un mecanismo predictivo orientado a la identificación de oportunidades científicas.

Los trabajos revisados utilizan: Centralidad para medir influencia (Guo, 2026; Ilić et al., 2024). Modularidad para detectar comunidades temáticas (Obreja et al., 2024). Densidad para medir cohesión temática (Frasca et al., 2024). Fuerza de enlace para cuantificar intensidad relacional (Hidayat et al., 2025), sin embargo, ninguno propone una formulación matemática que integre simultáneamente estos cuatro indicadores.

El IBC introduce una reinterpretación conceptual: Fuerzas de expansión cognitiva, representadas por: Centralidad y Modularidad. Estas métricas indican la capacidad de un nodo o clúster para conectar comunidades científicas y generar nuevas líneas de investigación.

Fuerzas de consolidación epistemológica, representadas por: Densidad y Fuerza de enlace normalizada. Estas métricas reflejan estabilidad, madurez y cohesión del conocimiento acumulado.

La diferencia entre ambas dimensiones permite estimar el potencial de crecimiento científico.

Interpretación del IBC (tabla 4)

Tabla 4. Interpretación del IBC

Valor IBC	Interpretación
IBC < 0	Campo consolidado
0.01 hasta 0.50	Brecha moderada
0.51 hasta 1	Brecha significativa
> 1	Brecha crítica, frontera emergente

Campo consolidado: Muy limitada la investigación, el problema puede resolverse aplicando el conocimiento existente, tendencia a no ser científico.

Brecha científica moderada: para estudios de especialidades médicas y maestrías (se limita a **brechas metodológicas y empíricas**) que hacen que el problema sea científico, pero generan más **aportes prácticos** que contribuciones teóricas, excepto cuando la **brecha metodológica** es la obsolescencia de métodos atencionales, docente-educativos, de enseñanza – aprendizaje, gerenciales, investigativos, que generan la necesidad de aportar un nuevo método a la teoría, entonces ahí, sí trasciende a tesis de doctorado.

Brecha científica significativa: para generar tesis de doctorado preferentemente, genera la necesidad de **contribución a la teoría y aporte a la práctica** que instrumente a la primera, en un determinado objeto o campo de investigación, el problema es altamente científico.

Brecha científica crítica: para estudios de doctorado de segundo grado en Cuba (donde único existe), o doctorado aportando **concepciones teóricas que implican inter y transdisciplinariedad** en la ciencia.

No obstante, mientras más alto sea el IBC, pues se aceptan los aportes reconocidos y el problema es científico, todo ello depende de la acertada estrategia de búsqueda bibliográfica en Cuba y el extranjero (todos los continentes) actualizada, con los clásicos, tesis, artículos, otros asociados a palabras clave, temas de estudios, objetos, campos de investigación

Aporte a la bibliometría y la cienciometría:

La literatura revisada por Guo (2026), Frasca et al. (2024), Ilić et al. (2024), Obreja et al. (2024), Hidayat et al. (2025), Aldousari y Kithinji (2024), Hu, et.al. (2024), Ou et al. (2024), Hussain et al. (2024), He et al. (2024), Darıcı (2025), Cheng, Hu y Yu (2025), Moraes, Silva y Santos (2025), Li,et.al. (2026), Li, Wang, Wang y Liu (2026), Zhang, Wang y Liu (2026), demuestra que las investigaciones actuales se concentran en describir estructuras científicas.

El IBC propone avanzar hacia una lógica prospectiva apoyada por inteligencia artificial.

Su novedad radica en:

1. Integrar cuatro métricas bibliométricas internacionalmente reconocidas.
2. Cuantificar explícitamente brechas científicas.
3. Identificar áreas emergentes de investigación.
4. Facilitar la toma de decisiones en política científica.
5. Incorporar análisis asistido por IA para detectar oportunidades de generación de conocimiento.

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

Desde esta perspectiva, el Índice de Brecha Científica constituye una **propuesta original** que amplía el alcance interpretativo de la bibliometría tradicional y abre una nueva línea de investigación en cienciometría prospectiva asistida por inteligencia artificial.

Su determinación se realiza mediante el procedimiento siguiente:

1. Realizar estrategia profunda de búsqueda bibliográfica actual de los últimos cinco años de Cuba y el extranjero, según tema de investigación, palabras clave, indicadores booleanos, que incluya artículos en revistas Scielo, Wos, Scopus, tesis de doctorado, maestría, especialidades, libros clásicos y actuales, entre otras fuentes oficiales de información: estándares nacionales, internacionales, Organizaciones Mundiales.
2. Realizar con VosViewer, Bibliometrix y ahora con prompt para IA: GPT, Geminis, Claude, Grok, GensPark la generación de mapas de co-ocurrencia de términos, co-citación de autores, acoplamiento bibliográfico, densidad, radar (tipo anillo o nido de pájaro)
3. Interpretar cienciométricamente cada mapa
4. Determinar mediante IA o VosViewer los índices de centralidad, densidad, modularidad y fuerza de enlace
5. Determinar finalmente el IBC según la ecuación que se aporta en el trabajo.
6. Interpretar la brecha científica en el nivel de clasificación correspondiente (teórica, metodológica, y/o empírica) y generar problema, objeto, objetivo, campo y posibles tipos de aportes según el nivel, si es brecha teórica, metodológica o empírica.

Conclusiones

El metaverso coasistido por IA incrementa significativamente la percepción de los estudiantes, competencias digitales y desempeño académico en Ingeniería Mecánica y Medicina. Su integración representa un **ecosistema educativo profesional adaptativo**, donde la IA guía el aprendizaje, personaliza rutas y potencia el desarrollo de habilidades técnicas y transversales. Se recomienda su implementación sistemática en la educación superior, con seguimiento institucional, formación docente y análisis ético de uso de IA.

Referencias

Aldousari, E. y Kithinji, D. (2024). La inteligencia artificial y la información en salud: un análisis bibliométrico de tres décadas de investigación. *Health Informatics Journal*, 30(3). <https://doi.org/10.1177/14604582241283969>

- Alonso, L. A., Silva, E. y Pinargote, J. L. (2026). Metaverso coasistido por Inteligencia Artificial: un ecosistema digital para la enseñanza aprendizaje profesional del siglo XXI. *Luz*, 25. <https://luz.uho.edu.cu/index.php/luz/article/view/1592>
- Cheng, W., Hu, Z. y Yu, H. (2025). Un análisis bibliométrico de la inteligencia artificial en la educación médica (2015-2025). *Medicine*, 104(46), Artículo e45684. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000045684>
- Darıcı, S. (2025). Inteligencia artificial y medicina (2014–2024): análisis bibliométrico e impactos globales. *Journal of Intelligent Decision Making and Information Science*, 2(1), Artículo 13525. <https://doi.org/10.59543/jidmis.v2i.13525>
- Frasca, M., La Torre, D., Pravettoni, G. y Cutica, I. (2024). Explainable and interpretable artificial intelligence in medicine: A systematic bibliometric review. *Discover Artificial Intelligence*, 4, Artículo 15. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00114-7>
- Guo, Q. (2026). A bibliometric network and content analysis of deep learning research within artificial intelligence from 2019 to 2025. *Discover Artificial Intelligence*, 6, Artículo 497. <https://doi.org/10.1007/s44163-026-01265-5>
- He, B., Guo, J., Tong, H. H. Y. y To, W. M. (2024). Inteligencia artificial en el descubrimiento de fármacos: análisis bibliométrico y revisión de la literatura. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 24(14), 1353–1367. <https://doi.org/10.2174/0113895575271267231123160503>
- Hernández, R. y Mendoza, C. P. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://www.mheducation.com.mx/metodologia-de-la-investigacion-9786071520319-latam>
- Hidayat, E. Y., Hastuti, K. y Muda, A. K. (2025). La inteligencia artificial en el procesamiento digital de imágenes: un análisis bibliométrico. *Intelligent Systems with Applications*, 25, Artículo 200466. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200466>
- Hu, J., Li, C., Ge, Y., Liu, Y. y Zhang, X. (2024). Decodificando el pulso digital: Análisis bibliométrico de 25 años de investigación en salud digital a través del Journal of Medical Internet Research. *Journal of Medical Internet Research*, 26, Artículo e60057. <https://doi.org/10.2196/60057>
- Hussain, W., Mabrok, M., Gao, H., Rabhi, F. A. y Rashed, E. A. (2024). Revolucionando la atención sanitaria con inteligencia artificial: análisis bibliométrico de 40 años de progreso en los sistemas de salud. *Digital Health*, 10. <https://doi.org/10.1177/20552076241258757>

Índice de Brecha Científica (IBC): una métrica bibliométrica innovadora co-asistida por inteligencia artificial para la investigación/Scientific Gap Index (SGI): An Innovative AI-Assisted Bibliometric Metric for Scientific Research/Índice de Lacuna Científica (ILC): Uma Métrica Bibliométrica Inovadora Coadjuvada por Inteligência Artificial para a Pesquisa Científica

Ilić, L., Šijan, A., Predić, B., Viduka, D. y Karabašević, D. (2024). Tendencias de investigación en inteligencia artificial y seguridad: análisis bibliométrico. *Electronics*, 13(12), Artículo 2288. <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/12/2288>

Li, Z., Wang, X., Wang, Y. y Liu, L. (2026). Un análisis bibliométrico del panorama mundial de la investigación sobre las aplicaciones de la inteligencia artificial en la medicina clínica (2010–2025). *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 26, Artículo 112. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC13080151/>

Moraes, R., Silva, A. y Santos, M. (2025). Cuidado inteligente: Un análisis cuantitativo de la inteligencia artificial en la medicina de precisión. *Medical Sciences*, 13(2), Artículo 44. <https://doi.org/10.3390/medsci13020044>

Obreja, D. M., Rughiniș, R. y Rosner, D. (2024). Mapeo de la estructura conceptual de la innovación en la investigación sobre inteligencia artificial: análisis bibliométrico y revisión sistemática de la literatura. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9(1), Artículo 100465. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100465>

OpenAI. (2025). *ChatGPT* (Versión GPT-5.5 Profesional) [Gran modelo de lenguaje]. <https://chat.openai.com>

Ou, P., Wen, R., Shi, L., Wang, J. y Liu, C. (2024). La inteligencia artificial impulsando las enfermedades raras: una perspectiva bibliométrica de las últimas dos décadas. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 19, Artículo 345. <https://doi.org/10.1186/s13023-024-03352-1>

Zhang, Y., Li, H., Wang, J. y Liu, S. (2026). Inteligencia artificial en la atención primaria de salud: Un análisis bibliométrico de las publicaciones de 2015 a 2024. *Primary Health Care Research & Development*, 27, Artículo e14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41488272/>

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés

Declaración de contribución de autoría

Luis Aníbal Alonso: Betancourt Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología Administración del proyecto, Software, Supervisión, Validación

Edilio Silva Velasco: Recursos, Software, Redacción

Jorge Luis Pinargote López: Curación de datos, Adquisición de fondos, Visualización