



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

LA FORMACIÓN ACADÉMICA EN
INGENIERÍA BIOMÉDICA:
EVOLUCIÓN, CURRÍCULOS
INTERNACIONALES Y APRENDIZAJE
BASADO EN PROBLEMAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN
DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN
EDUCACIÓN SUPERIOR

MICHAEL JAVIER CIEZA TERRONES

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

DRA. LILIANA AIDEE MUÑOZ GUEVARA DE PEBE

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. JAMINE AMANDA POZU FRANCO

PRESIDENTE

DRA. MARIELLA MARGOT QUIPAS BELLIZZA

VOCAL

MG. MARIANELLA ZEÑA SENCIO

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA.

A mis padres por el ejemplo
y apoyo constante en este camino formativo.

AGRADECIMIENTOS.

A mis hijos por ser motor de vida
A mi esposa por el apoyo constante

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis Autofinanciada

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	CIEZA TERRONES MICHAEL JAVIER

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR**, autores del trabajo titulado: **LA FORMACIÓN ACADÉMICA EN INGENIERÍA BIOMÉDICA: EVOLUCIÓN, CURRÍCULOS INTERNACIONALES Y APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR** bajo la modalidad de **PORTAFOLIO**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	MUÑOZ GUEVARA DE PEBE LILIANA AIDEE	FAEDU	MAESTRÍA

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **7%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2870249116**; fecha de entrega: **03-02-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 03 de febrero de 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 08131066
ORCID: 0000-0002-9791-7370

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

I.	DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....	1
1.1.	REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA BIOMÉDICA, SU HISTORIA Y SU PROSPECTIVA EN EL PERÚ.....	1
1.2.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CURRÍCULOS DE ESCUELAS DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN EL MUNDO, FORTALEZAS Y DEBILIDADES.....	24
1.3.	REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA BIOMÉDICA, EXPERIENCIAS Y PROSPECTIVA EN EL PERÚ.....	38
II.	CONCLUSIONES.....	59
III.	RECOMENDACIONES.....	61
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

RESUMEN

Este estudio tiene como su eje principal la revisión sistemática integral de la evolución histórica, el estado actual y las perspectivas futuras de la educación en ingeniería biomédica, con un enfoque especial en el contexto peruano. Se realizarán tres revisiones sistemáticas independientes y complementarias:

1. Revisión Sistemática de la educación en Ingeniería Biomédica, su historia y su prospectiva en el Perú: Se analizó la relevancia de investigación sobre la educación de la ingeniería biomédica, su trayectoria, los países con mayor producción, los puntos clave que generan los resultados de investigación identificando hitos clave, desafíos y oportunidades que se podrían aplicar a la realidad en el Perú en la formación de los profesionales.

2. Análisis comparativos de los currículos de escuelas de Ingeniería Biomédica en el mundo, fortalezas y debilidades: Se realizó una comparación de los programas de la formación de Ingenieros Biomédicos de las universidades más prestigiosas a nivel mundial exhaustiva de los planes de estudio de programas de ingeniería biomédica en diversas instituciones de educación superior a nivel mundial. Se han identificado las mejores prácticas, las tendencias emergentes y las áreas en las que los currículos podrían mejorar.

3. El aprendizaje basado en problemas para la educación de ingeniería biomédica: una revisión sistemática: Se ha evaluó la efectividad del ABP como una metodología de enseñanza en ingeniería biomédica. Se han analizado estudios que han implementado el ABP y se han identificado sus beneficios y desafíos.

Entre los principales puntos a resaltar de esta investigación tenemos el análisis de la diversidad curricular en los programas de educación de ingeniería biomédica, buscando establecer un estándar y las necesidades que requiere el profesional para el adecuado desarrollo de su profesión, dando una visión objetiva de lo ofrecido en el Perú para buscar las necesidades y una orientación de una mejora significativa en los programas.

Establecer la relación de la enseñanza con el desarrollo de las competencias de forma general y específica en base a las necesidades regionales, su preparación en la resolución de problemas y la innovación.

Por último, la implementación del ABP como una metodología principal para el adecuado desarrollo de competencias de los profesionales en ingeniería biomédica a nivel mundial, y su importancia como una metodología útil en las instituciones peruanas, especialmente en el marco de las necesidades de nuestro sistema de salud como son la falta de recursos, la escasez de docentes especializados y la necesidad de fortalecer la vinculación con el sector productivo. En el Perú este estudio llevara una nueva visión que buscara mejorar la calidad de la educación mediante la implementación de mejores prácticas internacionales, la promoción de la investigación y la innovación, y el fortalecimiento de las relaciones entre la academia y la industria.

PALABRAS CLAVE

INGENIERIA BIOMÉDICA, ENSEÑANZA, APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS, METODOLOGIA, CURRICULA, COMPARACIÓN, REVISIÓN SISTEMÁTICA

ABSTRACT

The central focus of this study is the comprehensive systematic review of the historical evolution, current state, and future perspectives of biomedical engineering education, with a special focus on the Peruvian context. Three independent and complementary systematic reviews will be conducted:

1. **Systematic Review of Biomedical Engineering Education, its History, and its Future in Peru:** The relevance of research on biomedical engineering education was analyzed, including its trajectory, the countries with the highest research output, and the key factors that drive research outcomes. The review identified key milestones, challenges, and opportunities that could be applied to the Peruvian context for the training of professionals.
2. **Comparative Analysis of Biomedical Engineering School Curricula Worldwide, Strengths and Weaknesses:** An exhaustive comparison of the training programs and curricula of Biomedical Engineering at the world's most prestigious universities was carried out. Best practices, emerging trends, and areas for curricular improvement have been identified.
3. **Problem-Based Learning for Biomedical Engineering Education: A Systematic Review:** The effectiveness of Problem-Based Learning (PBL) as a teaching methodology in biomedical engineering has been evaluated. Studies that have implemented PBL were analyzed, and its benefits and challenges have been identified.

Among the main points to highlight in this research, we have the analysis of curricular diversity in biomedical engineering education programs. This seeks to establish a standard and define the needs required for professionals to properly develop their careers, providing an objective view of what is offered in Peru to identify gaps and guide significant improvements in these programs.

The study aims to establish the relationship between teaching and the development of general and specific competencies based on regional needs, focusing on preparation for problem-solving and innovation.

Finally, we will address the implementation of **Problem-Based Learning (PBL)** as a primary methodology for the adequate development of competencies in biomedical engineering professionals worldwide. We will also explore its importance as a useful methodology for Peruvian institutions, especially within the framework of our healthcare system's needs, such as the lack of resources, the scarcity of specialized faculty, and the need to strengthen the linkage with the productive sector. In Peru, this study will introduce a new vision that seeks to improve educational quality by implementing international best practices, promoting research and innovation, and strengthening the relationships between academia and industry.

KEYWORDS

BIOMEDICAL ENGINEERING, TEACHING, PROBLEM-BASED LEARNING, METHODOLOGY, CURRICULUM, COMPARISON, SYSTEMATIC REVIEW

I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

En el Perú la formación adecuada de ingenieros biomédicos debido a las diferencias en los recursos de salud, es una necesidad y estrategia que aportaría a la disminución de las brechas en salud, esta investigación realiza un análisis en base a la información indexada como resultado de investigaciones para nuevos planteamientos que buscaran mejorar la calidad de la educación, esto a través del análisis de mejores prácticas internacionales, la promoción de la investigación y la innovación, y el fortalecimiento de las relaciones entre la academia y la industria.

1.1. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA BIOMÉDICA, SU HISTORIA Y SU PROSPECTIVA EN EL PERÚ.

Abstract – Esta investigación es una revisión sistemática sobre las investigaciones referentes a la educación en Ingeniería Biomédica (IB), su historia y un análisis prospectivo en el Perú. El presente análisis de la información disponible sobre la educación universitaria de la IB, también incluye la evolución de los programas académicos, la metodología empleada de enseñanza y los desafíos presentados. El estudio utiliza la metodología PRISMA para la revisión sistemática, buscando información en bases de datos académicas, repositorios institucionales y documentos oficiales. Además se desarrolla un análisis bibliométrico utilizando la herramienta VOSviewer para identificar las principales tendencias, los autores con mayor producción y las instituciones relevantes en la investigación sobre educación en IB. Este estudio muestra el un aumento gradual en las investigaciones cuya consecuencia es el número de publicaciones sobre educación en IB a lo largo del tiempo, con un promedio de 49.44 publicaciones por año entre 2000 y 2024. La Vanderbilt University (EEUU) lidera la lista de instituciones con mayor número de publicaciones (40), seguida por la Northwestern University (EEUU) con 31 publicaciones. El investigador Warren S. es el autor con mayor número de publicaciones

(12), seguido por Farrel S. con 10 publicaciones. La mayoría de las publicaciones (841) son ponencias en conferencias indexadas, seguidas por artículos (329) y revisiones sistemáticas (66). Estados Unidos lidera la producción científica con 765 publicaciones, mientras que en Perú solo se encontraron 2 investigaciones publicadas en Scopus sobre el tema. El principal patrocinador de investigaciones en el área es el National Science Institute con 59 proyectos. La mayoría de los estudios se centran en el área de Ingeniería (53.4%), seguida por Medicina (22.8%) y Ciencias de la Computación (17.3%). El artículo concluye que la educación en IB en el Perú se encuentra en una etapa de desarrollo, con un gran potencial para contribuir al avance del sector salud en el país. Se destaca la importancia de la formación integral de los ingenieros biomédicos, con énfasis en la innovación, la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías para la solución de problemas de salud en el contexto local.

Keywords – Ingeniería biomédica, educación, programas, historia.

1. Introducción

La Ingeniería Biomédica (IB) desempeña un papel crucial en el apoyo de la tecnología para mejorar de la calidad de vida y la salud de las personas a través de la aplicación de principios y técnicas de ingeniería a la biología y la medicina(1). Su impacto se extiende a diversos ámbitos, desde el desarrollo de tecnologías médicas innovadoras hasta la optimización de la atención sanitaria.

La IB, es una disciplina que une los principios de la ingeniería con las ciencias biológicas y médicas, y cuyas raíces se podrían considerar desde tiempos antiguos (prótesis egipcias o instrumentos quirúrgicos romanos), pero como disciplina formal nace a mitad del siglo XX(2). Esta disciplina ha ido evolucionando por la necesidad de dar soluciones a los diversos problemas de salud y debido al desarrollo de la tecnología, ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas, revolucionando el campo de la salud.

Durante el siglo XIX se utilizó la corriente galvánica en tratamientos para algunas afecciones. Conforme la generación y utilización de la electrónica avanzó, se desarrollaron instrumentos que permitieron el registro de señales fisiológicas (electrocardiograma, encefalograma, etc) (3) .

Algunos eventos sociales críticos establecieron nuevas necesidades que incentivaron su desarrollo, como en la segunda guerra mundial donde se da inicio a tecnologías como los respiradores artificiales y los marcapasos, como respuesta a la necesidad del tratamiento a los heridos de la guerra.

El proceso de consolidación de la ingeniería biomédica como disciplina surge ante la necesidad de crear programas académicos que estén orientados al desarrollo de nuevas tecnologías y dispositivos para el manejo de la salud de las personas. En la década de 1950 en Estados Unidos y Europa se establecen los primeros programas de educación superior de Ingeniería Biomédica. Las primeras sociedades

de profesionales de Ingeniería biomédica se fundan por los años 60, logrando así la consolidación de la carrera a nivel internacional. Un importante hito en este crecimiento se da con el desarrollo de las imágenes médicas, la tomografía y la resonancia magnética que tuvo sus inicios en la década de 1970(3).

Ese impulso progresivo ha logrado un crecimiento acelerado de la carrera, logrando hallazgos en nanotecnología, biomateriales, inteligencia artificial y bioinformática(4). El impacto de los avances de la disciplina se extiende desde el diagnóstico y tratamiento de enfermedades hasta el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoran la calidad de vida de millones de personas(5). Los profesionales de ingeniería biomédica diseñan y desarrollan una amplia gama de dispositivos médicos, desde prótesis y órganos artificiales hasta equipos de imágenes médicas de alta resolución (resonancias magnéticas y tomografías computarizadas). Entre los fines de los dispositivos desarrollados podemos mencionar

diagnósticos más precisos, tratamientos más personalizados y una mejor calidad de vida para los pacientes(3). Para las terapias avanzadas, la Ingeniería Biomédica contribuye al desarrollo de terapias celulares y genéticas, así como a la ingeniería de tejidos, ofreciendo nuevas opciones de tratamiento para enfermedades incurables(4), (6). En la IB otra rama de análisis son los Biomateriales que incentivan la investigación y a partir de su compatibilidad con el cuerpo humano, generalmente usados en la creación de implantes, en el desarrollo de dispositivos de liberación controlada de fármacos y en los tejidos artificiales(7). En la medicina y en el análisis de datos, el uso de herramientas de la informática biomédica y el análisis de grandes volúmenes de datos clínicos, ha permitido obtener perspectivas valiosas para la investigación biomédica, orientadas a la personalización de tratamientos y la mejora de la gestión de la salud(4).

La Ingeniería Biomédica a nivel global ha sido un motor de innovación en el sector de la salud, impulsando avances significativos en el

diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades. En el contexto peruano, esta disciplina presenta un gran potencial para abordar tanto los desafíos en el sector salud, como la reducción de brechas tecnológicas y la mejora de la calidad de atención médica. Es por ello que desde el 2017 se crea la Carrera de Ingeniería Biomédica en la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), en colaboración con la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)(8), como un programa único que permita la formación de ingenieros expertos y que contribuyan al desarrollo del país. El primer jefe de Carrera y Fundador de este programa fue el Dr. Michael Javier Cieza Terrones, Médico Nefrólogo experto en Gestión de la Tecnología en Salud e Ingeniería Clínica y docente herediano. El objetivo de esta investigación se basa en la realización de una revisión sistemática de la educación en ingeniería biomédica y su historia, así como su aporte a la sociedad en los últimos años. Se hará un análisis, sobre todo, en el área de la educación y las nuevas

metodologías, de lo existente en el Perú actualmente.

2. Materiales y Métodos

Tipo de Investigación: Revisión sistemática de literatura.

Fuentes de Información:

Bases de datos académicas (Scopus, Web of Science, SciELO, etc.).

Repositorios institucionales de universidades peruanas.

Documentos oficiales del Ministerio de Educación y organismos reguladores.

Entrevistas a expertos en educación en Ingeniería Biomédica y profesionales del campo.

Criterios de Inclusión y Exclusión: Definir los criterios para seleccionar los estudios y documentos relevantes a la investigación.

Estrategia de Búsqueda: Utilizar palabras clave y operadores booleanos para realizar búsquedas sistemáticas en las fuentes de información.

Extracción y Análisis de Datos: Se ha desarrollado una matriz de datos para recopilar, organizar y mostrar la información relevante de los estudios sobre la temática específica. Luego se procedió a realizar análisis cualitativo y cuantitativo de los datos.

La base del análisis es la metodología PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- Analyses), con el objetivo de una revisión detallada de los modelos de búsqueda de algoritmos específicos(9). Esta metodología, fue seleccionada debido a sus características de rigurosidad y claridad para la presentación de los resultados, esto permitió una recopilación detallada y sistemática de la información relevante en la educación de la IB, de esta forma el estudio ha garantizado la exhaustividad y la calidad del análisis realizado sobre los distintos modelos de búsqueda de algoritmos ad-hoc (10,11).

A. Diagrama de flujo

Se muestra un diagrama de flujo para facilitar la comprensión de las tareas asignadas y las decisiones ejecutadas durante el proceso, esta investigación emplea un diagrama de flujo secuencial. Este diagrama, se ha desarrollado en función de los lineamientos de PRISMA y el equipo ha realizado una adaptación específica para la revisión sistemática, en la imagen se muestra una representación visual clara y ordenada de cada etapa del estudio. De esta manera, los lectores podrán seguir de manera precisa el desarrollo de la investigación y comprender de forma intuitiva el flujo de trabajo y las decisiones adoptadas en cada fase del proceso de revisión.

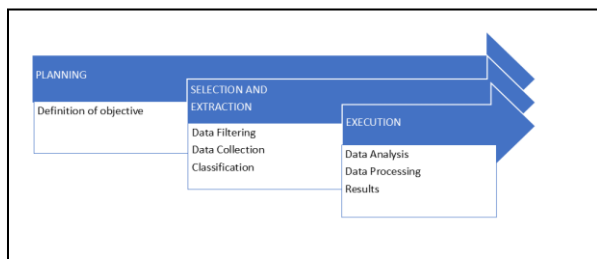


Fig. 1 Diagrama de trabajo

La estructura de la presente investigación se ha desarrollado como lo muestra el diagrama de

flujo descrito en la Figura 1. La investigación inicia enfocando la importancia de la definición de un objetivo relevante y claro que permita modelar el proceso de selección de información de la base de datos de forma concisa mediante el uso de las palabras claves, que indiquen los parámetros de selección para la mejor calidad de los resultados obtenidos. La selección se realizará entre las publicaciones indexadas a scopus que realiza la selección efectiva mediante una lógica booleana.

B. Planificación

En la sección de Planificación, se brindan los detalles del proceso de gestión de la información que ha usado las capacidades de búsqueda booleana de Scopus. En esta etapa, se realiza el filtrado de los datos dependiendo del tipo de documento y el año de publicación, y luego se organizan en archivos .CSV para su análisis posterior. Este proceso modifica los datos iniciales en un formato con mayor accesibilidad, los cuales serán presentados posteriormente en tablas y gráficos. Los gráficos y figuras se

diseñaron con el fin de destacar las características más importantes entre las que podemos mencionar fecha de publicación, número de citas e impacto general, esto beneficia el proceso de evaluación exhaustiva de los resultados de la investigación. Cuando se realiza la búsqueda de datos en la base de datos Scopus, es importante tener un enfoque que considere las tendencias relacionadas con la educación de la ingeniería biomédica su historia, los últimos desarrollos y ramas de análisis. Para terminar, es vital destacar que esta búsqueda no debe limitarse a una sola disciplina, sino que debe abarcar diversas áreas como ciencias médicas, procesamiento de señales y bioingeniería, esto permitió obtener una comprensión completa y multifacética del tema en cuestión.

C. Selección y extracción

En esta sección, efectuamos un análisis minucioso fundamentado en el procesamiento de datos. El procedimiento comienza con la estructuración concreta de búsquedas booleanas orientadas a Scopus. Este proceso se enfocó

específicamente en el tema de esta investigación sobre la educación, el aprendizaje y el desarrollo de la ingeniería biomédica desde distintos sectores. En esta etapa se hará una clasificación de la información pertinente utilizando los filtros ya definidos, pero es preciso hacer una selección manual exhaustiva de los documentos que realmente se ajusten a los parámetros deseados, desechando aquellos que no se ajusten a los objetivos del proyecto.

Los documentos escogidos para esta revisión sistemática abarcarán una variedad de características, con la educación de la ingeniería biomédica como punto central, así como su historia y el estudio de los programas de las universidades más importantes a nivel mundial, el aprendizaje y otros aspectos relacionados. Podemos destacar que la búsqueda no presenta restricciones en cuanto al idioma, permitiendo la inclusión de documentos de diferentes campos de estudio y disciplinas, siempre que ofrezcan soluciones y análisis de la enseñanza de la disciplina(12) .

Se seleccionó el período de tiempo de 24 años, considerado los estudios publicaciones desde 2000 hasta noviembre de 2024. Durante este intervalo de tiempo, se analizaron los volúmenes de documentos generados anualmente, también se han examinado datos clave como los autores más citados, además los países con mayor actividad investigativa en el campo de la IB, el número de documentos producidos por país o territorio, se consideraron así mismo las publicaciones atribuidas a cada autor, las revistas científicas con mayor número de publicaciones de la temática específica, y la distribución temporal de dichas publicaciones.

Los resultados obtenidos en Scopus se ajustaron con precisión la fórmula booleana, modificándose para incluir o excluir criterios según sea necesario. Además, para no omitir información relevante, se procedió a guardar algunas investigaciones de manera manual. Como etapa final, se realizó la extracción y clasificación de los archivos .CSV y .BIB, organizándolos según criterios de prioridad, año

de publicación, revista, número de citas y otros datos relevantes para su posterior análisis.

D. Ejecución

El procesamiento de datos en esta investigación se ha realizado usando Python a través de Anaconda, con un enfoque especial en el uso de VOSviewer para el análisis bibliométrico y la visualización de datos. Esta sección posee como estrategia la utilización de las herramientas avanzadas para el análisis y la representación gráfica, para esto se ha utilizado las capacidades de visualización de Python y sus bibliotecas especializadas(11).

VOSviewer es una herramienta principal para la visualización y análisis bibliométrico, especialmente en estudios de este tipo. Así se han explorado las complejas interrelaciones entre investigaciones, autores y temas en áreas como las enfermedades renales crónicas. Para analizar datos de bases bibliográficas como Scopus, VOSviewer lo mejora y facilita mediante la creación de mapas de coautoría, cocitación y

palabras clave, proporcionando una visión profunda del desarrollo y las dinámicas del campo de estudio(13).

En el procesamiento de datos, se utilizó Python a través de Anaconda, de esta manera se ha explotado la capacidad para gestionar de manera eficiente paquetes y entornos virtuales, esto es fundamental para la ejecución de scripts de análisis de datos. Dask es una herramienta de mucho valor utilizada para la manipulación de grandes conjuntos de datos, esto ha permitido el procesamiento paralelo y el manejo de datos de manera eficiente aun con menos capacidad de memoria. Para la generación de gráficos, Seaborn es la opción que utilizaremos debido a su interfaz de alto nivel para crear visualizaciones estadísticas atractivas e informativas, facilitando la creación de representaciones gráficas complejas con menos código. El análisis bibliométrico ha facilitado un estudio detallado de la base de datos SCOPUS al combinar VOSviewer con las funcionalidades de Python, empleando librerías como Dask y

Seaborn que se ejecutan a través de Anaconda. Esta herramienta eficaz permitirá seleccionar y extraer información importante, lo que mejorará el análisis de la producción científica, los autores y las revistas durante el periodo de 25 años elegido. Los resultados se mostraron en formatos visuales o archivos .SVG, y los que exponemos a continuación nos facilitan el empleo de una metodología robusta para examinar y visualizar las tendencias educativas de la IB, ofreciendo así un panorama extenso y minucioso del campo de estudio.

3. Resultados

a. Selección y Extracción

Los algoritmos de álgebra booleana logran la integración adecuada del contenido, que persigue el cumplimiento del objetivo del presente estudio siguiendo la metodología PRISMA. Además, se han incorporado las últimas tecnologías, como el machine learning, inteligencia artificial y una amplia gama de técnicas avanzadas de procesamiento de datos, en consonancia con las exigencias y avances actuales en el campo.

Algoritmo de búsqueda automática

(TITLE-ABS-KEY (biomedical) AND TITLE-ABS-KEY (engineering AND education) AND TITLE-ABS-KEY (history) OR TITLE-ABS-KEY (student AND learning) OR TITLE-ABS-KEY (development) OR TITLE-ABS-KEY (device) OR TITLE-ABS-KEY (software) OR TITLE-ABS-KEY (project)) AND PUBYEAR > 1999 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "PHYS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "BIOC") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ENER") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "BUSI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "AGRI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "EART") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "VETE") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ECON") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CENG") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "SOCI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "DENT") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ENVI") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CHEM") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATH") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHAR") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATE")) AND (EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Nonhuman") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Quality Control") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Mathematical Models") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Biophysics") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Product Design") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Forecasting") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Engineering Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Students") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Curricula") OR LIMIT-TO (

EXACTKEYWORD , "Article") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Humans") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Teaching") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Professional Aspects") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Curriculum") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "United States") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Health Care") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Equipment") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Learning Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Review") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Priority Journal") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "BIOMEDICAL ENGINEERING") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Organization And Management") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Engineering Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medicine") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer Simulation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Methodology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Female") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Problem Solving") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Male") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "University") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Universities") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Equipment Design") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Physiology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Laboratories") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Student") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Virtual Reality") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Imaging") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Devices") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer

Software") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Diagnosis") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Adult") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Technology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Software") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Artificial Intelligence") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Informatics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Engineers") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomechanics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Education Computing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "E-learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Design") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Surveys") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Technologies") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Bioengineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Device") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Applications") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Hospitals") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Education Program") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer-Assisted Instruction") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "History") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Health") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Signal Processing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Patient Care") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Maintenance And Engineering, Hospital") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Training") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer Program") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Undergraduate Students") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Technical Presentations") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Devices") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Information Technology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biotechnology") OR LIMIT-TO (

EXACTKEYWORD , "Health Care Delivery") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer Aided Design") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Technology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Robotics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Simulation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Instrumentation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Knowledge Acquisition") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Application Programs") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "User-Computer Interface") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Telemedicine") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Instrumentation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Distance Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Bioinformatics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Image Processing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human Experiment") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Electrical Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Motivation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "History, 20th Century") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Education, Medical") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Education, Graduate") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer Graphics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Aged") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Program Development") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Problem Based Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Patient Safety") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Equipment And Supplies") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer Analysis") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Clinical Article") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Risk Assessment") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Professional Development") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Student") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD

, "Education, Professional") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Signal Processing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Vocational Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Software Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "International Cooperation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Electrocardiography") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Clinical Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Technology Assessment, Biomedical") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Rehabilitation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Conference Paper") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computers") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Child") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Standards") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Patient Treatment") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Multimedia Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Industrial Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Electrophysiology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Diseases") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Computer") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Applications") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biology") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Academic Achievement") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Surgical Training") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Research And Development Management") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Medical Computing") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Innovation") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Human Rehabilitation Engineering") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Health Care Personnel") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Health Care Organization") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Engineering Design"

) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Data Acquisition") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Clinical Research") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Diagnostic Imaging") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Technology Assessment") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Biomedical Engineering Education"))

b. Execution

Table 1. Documents in Scopus

Tipo de documento	Cantidad
Artículo	329
Revisión	66
Conferencia publicación	841

Scopus es una base de datos que alberga un extenso conjunto de documentos científicos obtenidos de investigaciones recolectadas desde diferentes fuentes, como revistas, libros y congresos con la peculiaridad de ser revisadas por pares. Esto permite que contemos con la literatura académica sobresaliente en su totalidad en el período de tiempo seleccionado. La Tabla 1 detalla los tipos de producción científica seleccionados en particular tales como artículos,

revisiones y ponencias en conferencias. Esto se debe a que estos documentos contienen información esencial para mejorar las búsquedas y los gráficos que hay que procesar, con la característica adicional de ser revisados por pares. Además, se aplicaron los criterios de "bronce" y "oro" para la selección de los artículos y la documentación científica, lo que enriquece significativamente los resultados obtenidos. Asimismo, el uso de la interfaz de Scopus y su versatilidad, permitió aprovechar al máximo sus herramientas y funcionalidades para optimizar las búsquedas y así garantizar la calidad de los datos recopilados.

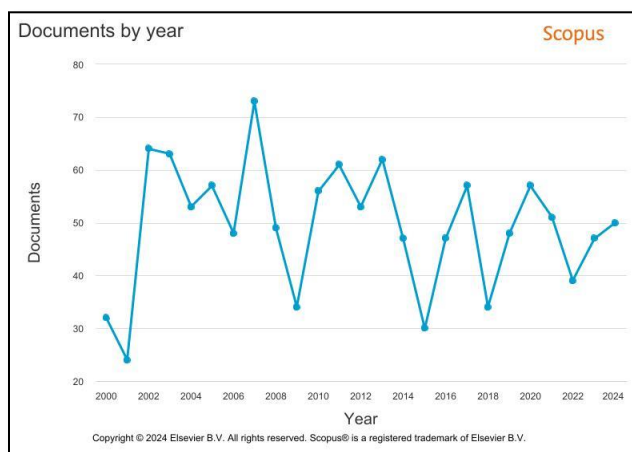


Fig. 2 Documentos por Año

El diagrama de la figura 2 se puede visualizar como ha sido la evolución de la cantidad de

documentos publicados en intervalos anuales desde 2000 hasta noviembre del 2024, centrándose en la revisión sistemática de la educación de ingeniería biomédica, su historia y los desarrollos a través de los últimos 24 años, esto en el contexto del análisis de las estrategias de enseñanza y lecciones aprendidas. La representación gráfica revela un aumento gradual en el número de publicaciones a lo largo del tiempo, partiendo de 32 documentos en 2000 y avanzando en el 2024 con un total de 50 documentos. Los años con el mayor número de publicaciones son 2007 con 73 publicaciones y en el 2002, con 64 publicaciones. El quinquenio con mayor número de publicaciones es del 2010 al 2015 con 279 publicaciones. En promedio se publican aproximadamente 49.44 publicaciones por año referente al análisis de la historia y enseñanza de la ingeniería biomédica el máximo de publicaciones sobre el tema son el 73 que se dio en el año 2008, y el mínimo en el año 2001 con solo 24 publicaciones. Cabe mencionar que en el rango mostrado el número total de

publicaciones es 1236. Este gráfico evidencia un interés relativamente similar en promedio cada dos años referentes a la educación de la ingeniera biomédica la historia y la enseñanza a los alumnos, destacando la importancia de realizar una revisión sistemática sobre este tema. Dicha revisión podría ofrecer una visión exhaustiva y actualizada de las tendencias y avances en este campo, proporcionando a investigadores y responsables de la formación de los nuevos ingenieros biomédicos la información necesaria para tomar decisiones fundamentadas. La distribución temporal de estas publicaciones refleja una atención sostenida a lo largo del tiempo en la producción científica, con una presencia continua de estudios desde al menos 2000. Estos resultados subrayan la relevancia y actualidad del tema de investigación, resaltando la importancia de continuar explorando y analizando la literatura científica reciente para comprender mejor las tendencias y avances en la educación y en las nuevas tendencias y métodos de enseñanza y experiencias para tomarlas como

guía de la educación de esta importante y trascendente profesión.

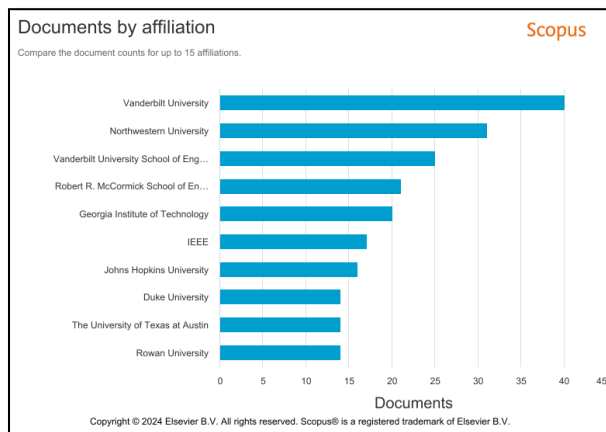


Fig. 3 Documentos por afiliación

De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura 3, sobre la afiliación institucional más frecuente en las publicaciones sobre la educación de IB, es la Vanderbilt University ubicada en Tennessee, Estados Unidos, encabeza la lista con 40 publicaciones y nuevamente la misma universidad pero en la escuela de Ingeniería está ubicada en el puesto 3 con 25 publicaciones, esto es una demostración de su calidad educativa. El Departamento de Ingeniería Biomédica, de Vanderbilt University se establecido en 1968, es uno de los programas pioneros en esta disciplina y se ha mantenido entre los más destacados en los Estados Unidos. Otra de las que se deben

mencionar es la Northwestern University y Robert R. McCorminck su escuela de ingeniera biomédica que ocupan el segundo y cuarto lugar en las publicaciones en ingeniería biomédica con 31 y 21 publicaciones respectivamente, esta universidad es también líder en la educación de la Ingeniería Biomédica fue fundada en 1909. En cuanto a la distribución geográfica, la concentración de instituciones en Estados Unidos subraya la relevancia de la investigación en este país. Estos datos sugieren que la investigación en este campo formativo a nivel pregrado y posgrado de la Ingeniería Biomédica Estados Unidos es líder y merece un análisis exhaustivo para aprender que estrategias se utilizan en este análisis.

Los datos presentados en la figura 4 muestran la frecuencia con la que se mencionan autores en la literatura científica relacionada con la revisión sistemática de la educación de la Ingeniería Biomédica. Destacan los investigadores Warren S., Farrel S., Brophy S. y Saterback A. con 12, 10 y 9 publicaciones respectivamente, lo que señala su significativa dedicación y contribución en este campo. Asimismo, se observa una diversidad de autores con frecuencias moderadas, y altas con más de 5 publicaciones en el tema aproximadamente, lo cual sugiere una participación activa de varios investigadores en la exploración de enseñanza en esta profesión.

La afiliación de los autores es de Universidades de Estados Unidos, solo uno de ellos Birol G. posee una afiliación en una Universidad en Canadá, aunque no publica desde el 2018 en el tema. La presencia de autores como Elssadani, McKenna, cada uno con 8 publicaciones en esta rama, junto con Demir con 7 documentos; Brody y Goldberg con 6 publicaciones cada uno, refleja un interés continuo y colaborativo en esta área de

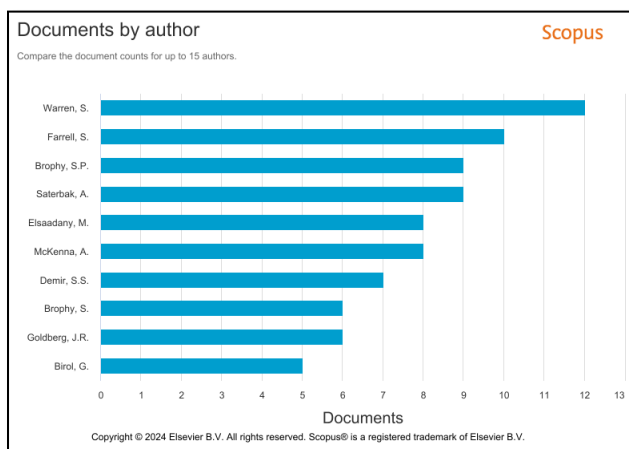


Fig. 4 Documentos por Autor

estudio. Birol con 5 publicaciones en esta rama, aunque como se mencionó desde el 2018 no presenta publicaciones en esta o alguna otra área de estudio. Estos resultados subrayan la amplitud de las investigaciones y como se centralizan en Estados Unidos, por ese motivo su análisis y estudio es de gran relevancia para la revisión sistemática propuesta.

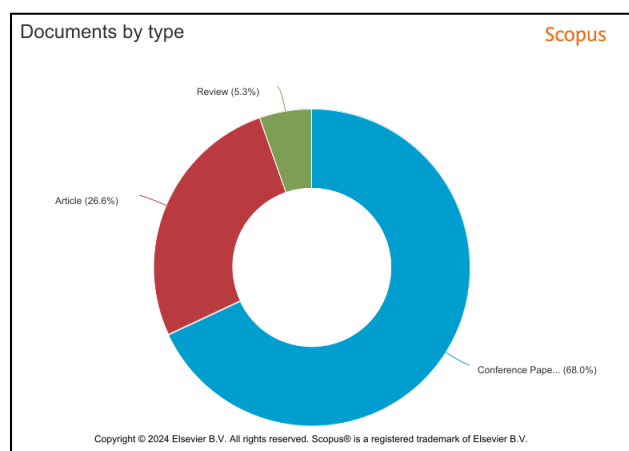


Fig. 5 Documentos por tipo

Si observamos la figura 1 podemos observar que las publicaciones en la rama de la educación de la ingeniería biomédica son en su mayor porcentaje las Conferencias indexadas (841), esto ha permitido la difusión rápida y global de los resultados, la aplicación y la continua mejora en la investigación de la educación en IB, además de la visibilidad del investigador y su trabajo. Los

estudios mencionados abordan una amplia gama de aspectos relacionados con la aplicación de la enseñanza de la IB, contribuyendo a una comprensión más completa de las tendencias actuales en el planteamiento de esta rama de la ingeniería con naturaleza multidisciplinaria.

Si consideramos el número de publicaciones en revistas(329) y revisiones sistemáticas (66) indica un interés constante y en desarrollo en el tema, que muestra que la evolución continua de la investigación en la IB. Esto sugiere que la exploración y la investigación de la educación de la Ingeniería Biomédica ha generado no se limita únicamente a la investigación original, también incluyen las revisiones sistemáticas que han permitido sintetizar de manera rigurosa la evidencia en el que se incluye la síntesis y discusión crítica de la literatura existente. En resumen, los datos encontrados muestran la diversidad y profundidad de la literatura revisada, ofreciendo una visión completa de las tendencias y avances en la aplicación de nuevas visiones y metodologías en la enseñanza

buscando una evolución en la enseñanza de esta profesión.

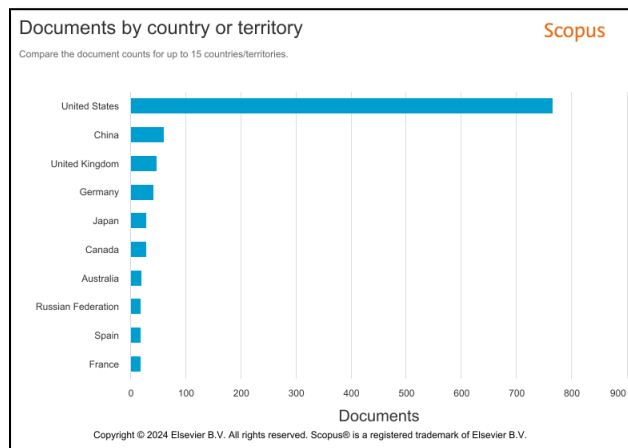


Fig. 6 Documentos por país

De la figura 6 se desprende que: Estados Unidos lidera con 765 contribuciones, seguida por China (60), Reino Unido (46) y Alemania (41), destacando la diferencia entre Estados Unidos y los demás países en más de 12 veces el número de publicaciones sobre la enseñanza de la Ingeniería biomédica convirtiéndose en el principal referente. La presencia de naciones como Polonia, Reino Unido, Corea del Sur y Alemania también refleja la diversidad geográfica en la producción científica.

Cabe mencionar que referente al tema en el Perú existen 2 investigaciones publicadas en Scopus.

En todo América Latina el máximo país que ha publicado al respecto es Argentina con 4 publicaciones seguidas por Colombia (3) y luego Chile y Ecuador con una publicación cada una. Si bien existe una conocida relevancia en los desarrollos e investigaciones en Ingeniería biomédica, no existen muchas investigaciones que abarquen los hallazgos en la enseñanza y educación de la misma.

Este análisis cuantitativo subraya la amplitud de la literatura disponible y sugiere la relevancia de explorar detenidamente las tendencias y enfoques específicos que estas publicaciones ofrecen en relación con la educación y enseñanza de la Ingeniería biomédica.

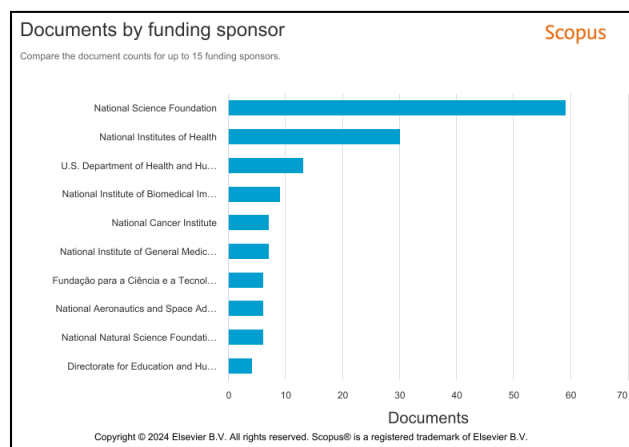


Fig. 7 Documentos por ente financiador

En la figura 7 revelan que el National Science Institute lidera con 59 proyectos de investigación sobre la educación de la enseñanza biomédica, seguido por la National Institutes of Health con 30, y el U.S. Department of Health and Human Services con también 13 propuestas. El National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering y el National Cancer Institute, ambos con 7 proyectos respectivamente.

Además, se destacan entidades como Fundação para a Ciência e a Tecnologia, National Aeronautics and Space Administration, National Natural Science Foundation of China con 6 proyectos cada una. También, agencias gubernamentales de salud como el Directorate for Education and Human Resources, European Commission, U.S. Department of Education, U.S. National Library of Medicine, UK Research and Innovation, resaltando la relevancia global de la investigación en este ámbito. Este panorama muestra una diversidad de patrocinadores, a nivel internacional, lo que refleja un interés global en

relación con la importancia en la investigación en la enseñanza de este tema. Entre las entidades que han financiado o que han incentivado estas investigaciones están destacadas universidades y centros de investigación, esto sugiere una colaboración entre instituciones académicas y la investigación en este campo. El análisis de los patrocinadores proporciona una visión exhaustiva de las fuentes de financiación y el apoyo institucional detrás de la investigación relacionada con la educación y preparación a nivel pregrado y postgrado de la ingeniería biomédica, lo cual es fundamental para comprender la importancia y la calidad de la investigación en este campo específico.

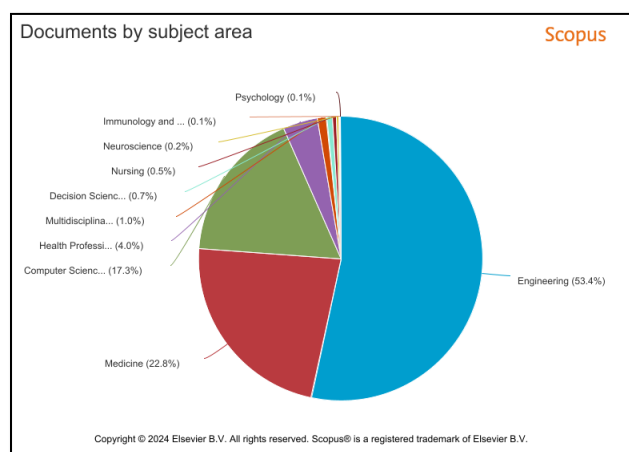


Fig. 8 Documentos por área de estudio

En la figura 8 se revela una clara predominancia del tema en el ámbito de la Ingeniería, con un total de 53.4% de los artículos que se encuentran la temática de la educación de la biomédica. Las investigaciones se han dirigido y abordado hacia la aplicación de las técnicas de investigación y la adecuada formación del Ingeniero biomédico desde su visión multidisciplinaria. La destacada presencia de la investigación en la rama de la medicina 22.8%, se debe a la naturaleza propia de la ingeniería biomédica como el aliado de la medicina para resolver los problemas de salud mediante la tecnología, en este contexto se resalta la importancia de la investigación biomédica para entender y abordar eficazmente la educación y formación de los profesionales. Además, este análisis los resultados mostrados evidencian un interés significativo especialmente en disciplinas como ciencia de la computación (17.3%), Escuelas profesionales de salud, Multidisciplinarios, con el 6.5% de artículos. Esto sugiere una colaboración multidisciplinaria en el estudio en la formación de los ingenieros

biomédicos. Este enfoque holístico puede resultar fundamental para obtener una comprensión completa de las tendencias, abordando no solo los aspectos ingenieros y médicos, sino también los referentes a otras ramas que se dan por la naturaleza multidisciplinaria de la carrera. En resumen, la diversidad de disciplinas representadas en la búsqueda subraya la naturaleza interdisciplinaria de la investigación relacionada con la ingeniería biomédica y sus avances en educación y desarrollos.

4. Discusión

Este estudio analiza la investigación sobre la educación en Ingeniería Biomédica (IB) en el mundo y lo compara con lo relacionado con el Perú. A nivel mundial, la producción científica en IB está en aumento (49.44 publicaciones por año entre 2000 y 2024), liderada por Estados Unidos (765 publicaciones). Sin embargo, en Perú solo se encontraron 2 investigaciones publicadas en Scopus. Se destaca la necesidad de una formación integral que fomente la

innovación en la educación en el Perú para el desarrollo de la IB en el país.

Mantas (14) en el 2016 realizó una investigación que analizó el desarrollo de la educación en informática médica desde el establecimiento de la Asociación Internacional de Informática Médica (IMIA) hasta la actualidad. Se realizó una búsqueda en la literatura utilizando motores de búsqueda y palabras clave apropiadas, así como una selección manual de artículos 177. La búsqueda abarcó artículos en idioma inglés y se limitó a la búsqueda solo en el título y el resumen de los artículos. Los artículos agregados se analizaron sobre la base del área temática, el origen, el período de tiempo y el desarrollo del plan de estudios, y se extrajeron conclusiones todas relacionadas con el IMIA. Nuestra investigación abarcó los últimos 24 años del 2000 al 2024, cuenta un algoritmo diferente donde se han analizado 1236 publicaciones en total, realizándose análisis de las universidades que más han investigado en la temática, los autores más relevantes, y los países con mayores

hallazgos, independientemente que estas investigaciones tengan o no relación con el IMIA. Entre las conclusiones podemos referir que mientras ambas investigaciones buscan temas similares su enfoque alcance y metodología son diferentes, debido a la misma naturaleza de la unidad de análisis de los diferentes estudios.

Monzon(15) en el 2005 centró su investigación en presentar el escenario de la educación en IB en Latinoamérica, los desafíos que enfrenta y los pasos futuros hacia una educación adecuada de los ingenieros biomédicos. Se enfatizó en la importancia de abordar la falta de comunicación entre gobiernos, industrias y academia, así como la deficiencia en la planificación y la prevalencia del riesgo de la arbitrariedad gubernamental sobre el riesgo empresarial normal. Si hacemos un paralelismo entre esta investigación y nuestro estudio, ambos se centran en la educación en ingeniería biomédica, reconocen la importancia de la formación de profesionales de la IB para el avance del sector salud y destacan la necesidad

de una formación integral que incluya la innovación, investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para cubrir las nuevas necesidades. Una de las diferencias con que este estudio y nuestra investigación mas importante se puede mencionar que mientras nuestro estudio brinda datos precisos sobre la producción científica, el estudio de Monzon analiza datos generales de hospitales y camas en Latinoamérica porque analiza los desafíos que han surgido en Latinoamérica y propone medidas para mejorar la formación de los ingenieros biomédicos.

En el 2011 Lustick y Saman (16) esta investigación analizó los desafíos y oportunidades en la mejora de la salud en países en desarrollo a través de la educación e innovación en Ingeniería Biomédica (BME). Se argumenta que, si bien los países desarrollados son pioneros en nuevas tecnologías médicas, los países en desarrollo carecen de dispositivos médicos, lo que resulta en problemas de salud, pobreza y desigualdad social. Este estudio realiza

un análisis del equipo médico importado en diferentes países en vías de desarrollo como un indicador del nivel de desarrollo en IB, y del equipo medico no utilizado en otros lugares, es decir indicadores indirectos del avance de la investigación de la IB. Además, propone que la formación de ingenieros biomédicos locales es crucial para el desarrollo y la sostenibilidad de tecnologías médicas apropiadas en los países en desarrollo, en el contexto cultural y de las necesidades específicas de sus comunidades. La principal diferencia con nuestra investigación es la unidad de análisis porque analizamos la cantidad de publicaciones en 20 años sobre la educación IB, mientras que el análisis en esta investigación es sobre la necesidad de la innovación local y la formación de ingenieros biomédicos en países en desarrollo.

Linsenmeier en el 2020(17), revisa los primero 50 años de la educación de pregrado de la IB y bioingeniería en los Estados Unidos, como surgieron y se expandieron los programas con fondos que invirtieron en su crecimiento. Al

2017, se encontraron 118 programas acreditados de IB y analizan algunos puntos críticos como el número de licenciaturas o mujeres graduadas. Además, se hace un análisis de la distribución de los programas de IB donde América del sur contaba solo con 29 programas y en ese momento ningún programa en el Perú. Solo superando a África que solo contaba con 13 programas. Nuestro estudio analiza la cantidad de publicaciones sobre la educación de la ingeniería biomédica en el mundo, pero este estudio se centraliza en estados unidos el país con mayores avances y programas en esta disciplina analizando datos como el número de programas, estudiantes y género, sobre todo para analizar que es lo que motivo el crecimiento de la IB en Estados Unidos como caso de éxito.

Un análisis bibliográfico sobre la enseñanza de la IB en la actualidad no se ha encontrado en la literatura y es importante esta perspectiva para analizar los mayores hallazgos y casos de éxito, con el fin de mejorar la perspectiva de nuestro país y de cómo podemos avanzar hacia el

desarrollo sostenible y productivo en favor de cubrir las necesidades actuales.

5. Conclusiones:

Esta investigación se realizó mediante análisis bibliométrico en la base de datos de scopus que permite una mirada global situacional de la IB y de su aporte a la Sociedad y al desarrollo, entre las principales conclusiones podemos observar:

El Crecimiento sostenido de la producción científica que observa un aumento gradual en el número de publicaciones sobre educación en IB a lo largo del tiempo, con un promedio de 49.44 publicaciones por año entre 2000 y 2024(17).

El Predominio de Estados Unidos en la investigación liderando la producción científica con 765 publicaciones, mientras que en Perú solo se encontraron 2 investigaciones publicadas en Scopus sobre el tema(18).

La Importancia de las conferencias indexadas, dado a que la mayoría de las publicaciones (841) son ponencias en conferencias indexadas,

seguidas por artículos (329) y revisiones sistemáticas (66).

La Naturaleza multidisciplinaria de la IB, la mayoría de los estudios se centran en el área de Ingeniería (53.4%), seguida por Medicina (22.8%) y Ciencias de la Computación (17.3%) (19).

La creciente necesidad de fortalecer la investigación en el Perú: El artículo concluye que la educación en IB en el Perú se encuentra en una etapa de desarrollo, con un gran potencial para contribuir al avance del sector salud en el país.

La formación integral para la innovación, donde se destaca la importancia de la educación integral de los ingenieros biomédicos, con énfasis en la innovación, la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías para la solución de problemas de salud en el contexto local.

1.2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CURRÍCULOS DE ESCUELAS DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN EL MUNDO, FORTALEZAS Y DEBILIDADES.

***Abstract** - El objetivo del informe anexo es hacer un análisis comparativo de los programas de estudio en Ingeniería Biomédica de diferentes universidades líderes a nivel global con el fin de detectar rasgos comunes y diferenciadores para sugerir un modelo de excelencia. La comparación de los programas de estudio, los contenidos, las estrategias pedagógicas, los resultados del aprendizaje y la conexión con el sector productivo son los puntos centrales del análisis, que se fundamenta en la evaluación de planes de estudio, programas de cursos y otros documentos pertinentes. La investigación muestra que, aunque todos los programas tienen un enfoque compartido en las bases de la ingeniería y las ciencias vitales, hay diferencias notables en cuanto a la estructura del programa, el acento curricular, las especializaciones y los requisitos de investigación. Mientras que algunas instituciones privilegian la innovación y el espíritu empresarial, otras se enfocan más en las aplicaciones prácticas o los esfuerzos de investigación. Estas fluctuaciones señalan las diferentes prioridades estratégicas y fortalezas de cada organización, además de las exigencias del mercado laboral y los caminos de investigación predominantes en el campo de la bioingeniería. Finalmente, el documento sostiene que los alumnos que desean iniciar una carrera en Ingeniería Biomédica deben examinar cuidadosamente las distintas especializaciones y métodos que ofrece cada programa para escoger aquel que concuerde mejor con sus necesidades individuales y sus aspiraciones.*

***Keywords** – Ingeniería Biomédica, Educación en Ingeniería Biomédica, Currículos, Comparación de Currículos, Fortalezas, Debilidades, Innovación Curricular, Tendencias, Mejores Prácticas, Toma de Decisiones.*

1. Introducción

En la sociedad existen complejos problemas y desafíos en el ámbito de la salud, es en esta realidad que la ingeniería biomédica (IB) surge como una respuesta multidisciplinaria que fusiona principios de ingeniería, medicina y biología. La IB ha adquirido en la actualidad relevancia, por este motivo la formación técnica de alta calidad es fundamental así como la creación de expertos capaces. Es en esta realidad esencial revisar y ajustar las mallas curriculares de las escuelas profesionales que garanticen con los planes de estudio, que los profesionales cumplan con las demandas del sector profesional y con los avances en la disciplina(20). Una de las metodologías interesantes para visibilizar los avances en la enseñanza de las escuelas con los mas altos estándares y resultados a nivel mundial es la comparación de las mallas curriculares, esto ha sido propuesto en investigaciones previas como Haro (2002)(21) y Barra (2005)(22), en las diferentes instituciones que brindan los servicios educativos es una práctica habitual en la

modernización de los esquemas generales de estudio. Esto incluye el análisis comparativo de las mallas curriculares(23) de programas similares de Ingeniería Biomédica en otras universidades. Esta herramienta posibilita el reconocimiento de los puntos fuertes y débiles del programa vigente en comparación con otras ofertas educativas, además de proporcionar información sobre las tendencias y las prácticas más eficaces en la capacitación de ingenieros biomédicos(16). Dentro En un planteamiento estratégico para la innovación curricular, el comparar mallas curriculares(24) no tiene que ser un objetivo en sí mismo, sino más bien un instrumento para que los programas de estudio mejoren constantemente. Según señala Casanova(23), los avances en la sociedad y la tecnología son continuos, así que es imprescindible revisar y renovar con regularidad los planes de estudio para garantizar su relevancia y su calidad (25). En este sentido, la comparación de mallas curriculares debe ser parte de un proceso más amplio de innovación curricular(26) que involucre la revisión del perfil de egreso, la evaluación de los

resultados de aprendizaje y la incorporación de las últimas tendencias en la formación de ingenieros biomédicos. En la carrera de Ingeniería biomédica de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, se tiene desde el año 2017 una malla curricular que intenta responder a los desafíos de la educación biomédica en el Perú(27,28). Este diseño ha sido actualizado en el año 2025 como respuesta a los cambios y desafíos en la formación de ingenieros en el mundo.

Criterios para la comparación de mallas curriculares

Para llevar a cabo un análisis comparativo efectivo, es importante definir criterios claros y relevantes. Algunos de los criterios que se pueden considerar son:

- **Contenidos y áreas de conocimiento:** Las áreas de conocimiento que se abordan en cada malla curricular y el equilibrio entre las ciencias básicas, las ciencias de la ingeniería y las áreas de especialización en Ingeniería Biomédica.

- **Énfasis en habilidades:** Las habilidades que se buscan desarrollar en los estudiantes (habilidades técnicas, blandas, transversales), y como estas se integran estas habilidades en la malla curricular.
- **Integración de teoría y práctica:** La forma en la que se complementan la teoría y la práctica en la formación de los estudiantes (laboratorios, proyectos, prácticas profesionales).
- **Flexibilidad y personalización:** La flexibilidad de la malla curricular a los estudiantes personalizando la formación a través de optativas o menciones.
- **Enfoque en investigación e innovación:** Fomentar la malla curricular promoviendo la participación de los estudiantes en proyectos de investigación e innovación(26).

Al analizar las diferencias entre las mallas curriculares, es importante considerar el contexto específico de cada institución y programa(29) . No se trata de copiar modelos de otras universidades, sino de identificar las mejores prácticas y adaptarlas a las necesidades y recursos propios.

El objetivo general es identificar las características comunes y distintivas de los currículos de ingeniería biomédica a nivel mundial, con el fin de proponer un modelo de excelencia, y su comparación con los diferentes programas en el Perú.

Para lograr este objetivo se comparará la estructura curricular, los contenidos, las metodologías de enseñanza, los resultados de aprendizaje y la vinculación con el sector productivo(24).

La información obtenida a través de la comparación de mallas curriculares puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones en relación con la actualización de los planes de estudio, la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías de enseñanza, y la mejora de la calidad de la formación de los ingenieros biomédicos(30).

2. Metodología y Resultados

Diseño de la investigación: El estudio utilizará un enfoque comparativo y de análisis de contenido

para examinar las mallas curriculares de programas de Ingeniería Biomédica en diferentes universidades del mundo. Se analizarán los planes de estudio, programas de cursos y otros documentos relevantes para identificar las fortalezas, debilidades y tendencias en la formación de ingenieros biomédicos a nivel global.

Selección de universidades y programas: Se seleccionarán las 10 universidades que ofrecían en cada programa de Ingeniería Biomédica acreditados y reconocidos internacionalmente. Se incluyó una muestra diversa de universidades de diferentes regiones del mundo (América del Norte, América Latina, Europa, Asia, África) para obtener una visión global de la formación en Ingeniería Biomédica.

Análisis Comparativo de Currículos de Ingeniería Biomédica

Para el presente documento se realizó un análisis comparativo de los currículos de Ingeniería Biomédica de las 10 primeras universidades

mencionadas en los rankings de U.S. News & World Report's Best Grad Schools y Global Ranking of Academic Subjects - Shanghai Ranking Consultancy para el año 2024, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Documentos en Scopus

2024			
U.S. News & World Report's Best Grad Schools		Global Ranking of Academic Subjects - Shanghai Ranking Consultancy	
Basado en el análisis de las mejores escuelas de Ingeniería y particularmente de bioingeniería e ingeniería biomédica		Basado en el análisis de las escuelas de Ingeniería Biomédica	
1	Johns Hopkins University	Harvard University	1
2	Duke University	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	2
3	Georgia Institute of Technology	Shanghai Jiao Tong University	3
4	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	Sichuan University	4
5	Stanford University	Zhejiang University	5
6	University of California, Berkeley	Stanford University	6
7	Columbia University (Fu Foundation)	Duke University	7

8	University of California--San Diego	Seoul National University	8
9	University of Pennsylvania	University of Pittsburgh	9
10	Rice University (Brown)	Sun Yat-sen University	10
11	Arizona State University (Fulton)	The Chinese University of Hong Kong	11
12	Binghamton University--SUNY (Watson)	University College London	12
13	Boise State University	Fudan University	13
14	Boston University	National University of Singapore	14
15	Brown University	Columbia University	15
16	California Institute of Technology	Queensland University of Technology	16
17	Case Western Reserve University (Case)	Nanyang Technological University	17
18	Clemson University	The University of Queensland	18
19	Cleveland State University (Washkewicz)	Tsinghua University	19
20	University of Michigan--Ann Arbor	Southern Medical University	20

Metodología de identificación de contenido detallado por currículo de cada programa identificado

Se realizó un análisis de contenido de los currículos de las universidades, identificando los cursos principales y categorizándolos en áreas de conocimiento.

Los resultados que se obtendrán de este estudio se pueden dividir en 3 puntos principales:

- **Características generales de los currículos:**

Este punto analizamos y mostramos la duración de los programas, el número de créditos totales, y las áreas de conocimiento desarrolladas, etc.

- **Análisis comparativo:** El análisis comparativo se realizará entre los currículos, la tendencia de los nuevos programas y aquellas prácticas desarrolladas por los programas educativos.

- **Resultados de aprendizaje:** Se analizarán las competencias adquiridas de manera general y específicas de los diferentes programas de IB, evaluando los resultados de las diferentes instituciones con mayor prestigio.

El análisis que se realizó se basó en la comparación de las áreas de conocimiento brindadas por las instituciones, la profundidad de la especialización

y por último la integración de la teoría con la investigación y práctica en cada programa.

- **Harvard:** El currículo de Harvard para IB se basa en el enfoque de innovación y emprendimiento, esto es incluye cursos como "I+D de empresas emergentes" y "Proyectos de diseño humanitario". Esta universidad brinda cursos especializados en áreas diversas y multidisciplinarias que van desde la ingeniería celular hasta el diseño de dispositivos médicos.

- **MIT:** La forma en la que esta entidad aborda la IB es mediante un enfoque multidisciplinario, con un currículo interdisciplinario que combina cursos de ingeniería, biología, química y física. Los estudiantes cursan asignaturas en áreas especializadas como como BioMEMS, administración de medicamentos, ingeniería de tejidos y biología sintética, entre otros.

- **Shanghai Jiao Tong University:** El programa de esta institución posee su eje

central en la integración de la teoría con la práctica, con un determinado enfoque en la aplicación. Los estudiantes participantes de IB de manera obligatoria deben crear un plan de formación práctica y participar en proyectos de investigación y laboratorios.

- **Sichuan University:** En esta universidad la preparación de los cursos de IB incluye materias fundamentales en matemáticas, ciencias básicas e ingeniería. También ofrecen cursos especializados en áreas como BioMEMS, ingeniería de tejidos, diseño de dispositivos médicos e ingeniería neural.
- **Zhejiang University:** Este currículo tiene como base los cursos fundamentales de matemáticas, ciencias básicas e ingeniería. Pero los estudiantes pueden realizar especialización en áreas como bioimagenología, biomecánica, ingeniería celular y molecular, instrumentación médica y neuroingeniería, teniendo cursos específicos en cada una de ellas.

- **Stanford University:** En esta institución educativa superior se brinda una especialización en Bioingeniería, abarca un enfoque flexible e interdisciplinario. Los alumnos pueden además elegir especializaciones en diversas ramas de IB como dispositivos biomédicos, bioimagenología, biomateriales, ingeniería celular y tisular, biología computacional y biología sintética, entre otros.
- **Duke University:** Esta universidad estadounidense posee una malla curricular con un eje central brindado por los cursos fundamentales en matemáticas, física, química y biología. Las especializaciones son elegidas por los alumnos en áreas como biomecánica, biomateriales, imágenes y espectroscopia e ingeniería neuronal.
- **Seoul National University:** El programa asiático de esta institución ofrece cursos básicos de BME en áreas como biomateriales, biomecánica, bioinstrumentación, biosensores,

imagenología médica, ingeniería celular y tisular, y biofotónica. Los estudiantes de la carrera de IB participan en un proyecto de diseño final y tienen oportunidades de investigación.

- **University of Pittsburgh:** La carrera ofrecida por la institución ofrecen cursos básicos en fundamentos de la ingeniería biomédica, biomateriales, biomecánica, ingeniería de tejidos e imágenes biomédicas. Las especializaciones son multidisciplinarias en áreas como ingeniería cardiovascular, neuroingeniería, ingeniería celular y genética, e ingeniería de rehabilitación.
- **Sun Yat-sen University:** El programa de IB se centra en ciencias básicas e ingeniería, con un énfasis en la investigación y la colaboración con hospitales. Este programa incluye cursos sobre tecnologías emergentes como la nanotecnología y la bioinformática.

- **Johns Hopkins University:** Esta institución en su malla curricular de formación posee cursos básicos de BME en áreas como biomecánica, biomateriales, bioinstrumentación, biología celular y molecular, además de fisiología. Las especializaciones que son electivas son en áreas como imagenología, biomateriales, ingeniería celular y molecular, e ingeniería de tejidos.
- **Georgia Institute of Technology:** Este programa posee sus fundamentos básicos en matemáticas, ciencias básicas e ingeniería. Además existen especializaciones en áreas como biomecánica, biomateriales, ingeniería celular y tisular, y sistemas fisiológicos.
- **University of California, Berkeley:** Aquí los estudios incluye cursos básicos de bioingeniería en áreas como biología celular y molecular, bioquímica, genética, biomecánica y bioinstrumentación. Los estudiantes pueden optar por áreas como

bioimagenología, biomateriales, administración de fármacos e ingeniería celular y tisular.

- **Columbia University:** Esta institución posee un programa de IB que ofrece cursos básicos de BME en áreas como biomecánica, biomateriales, bioinstrumentación, biología celular y molecular, y fisiología. Además los estudiantes pueden especializarse en áreas como bioingeniería celular y molecular, biomecánica, imagenología y neuroingeniería de forma electiva.
- **University of California, San Diego:** Esta universidad tiene un programa que incluye cursos básicos de bioingeniería en áreas como ingeniería biomolecular, ingeniería celular y tisular, biomecánica, bioinstrumentación y biomateriales. Los estudiantes pueden elegir optativas en áreas como bioimagenología, administración de fármacos, bioinformática y biología de sistemas.

- **University of Pennsylvania:** esta institución posee un programa que brinda cursos básicos de bioingeniería en áreas como biología celular y molecular, biomecánica, biomateriales, bioimagenología, administración de fármacos e ingeniería celular y tisular.
- **Rice University:** La malla curricular incluye cursos básicos de bioingeniería en áreas como biomecánica, biomateriales, bioinstrumentación, biología celular y molecular, fisiología y genética. Los estudiantes pueden especializarse en áreas como imagenología, biomateriales, ingeniería celular y genética, y biomecánica.

Se analizaron los diferentes programas de estas instituciones comparándolas en la formación de los Ingenieros biomédicos, basamos el análisis en encontrar las similitudes y diferencias de los currículos de las universidades mencionadas.

Metodología de comparación Similitudes y diferencias

La metodología de esta sección se basó en el análisis de los currículos de las universidades, identificando los cursos principales y categorizándolos en áreas de conocimiento. Se compararon las áreas de conocimiento cubiertas, la profundidad de la especialización, la integración de la información teoría con la formación práctica, la estructura del programa, el énfasis curricular, las oportunidades de investigación y los requisitos de graduación en cada programa.

Similitudes

- **Énfasis en fundamentos:** Todas las universidades hacen hincapié en los cursos fundamentales de matemáticas, física, química y biología.
- **Cursos básicos de bioingeniería:** La mayoría de los programas incluyen cursos básicos en biomecánica, biomateriales, bioinstrumentación y biología celular y molecular.

- **Especializaciones:** Muchas universidades ofrecen vías de especialización para que los estudiantes profundicen en áreas de interés específicas.
- **Proyecto de diseño final:** La mayoría de los programas culminan con un proyecto de diseño final que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos y habilidades a un problema de bioingeniería del mundo real.
- **Oportunidades de investigación:** Se fomenta que los alumnos participen activamente en proyectos de investigación con profesores, esto permite obtener experiencia práctica.

Diferencias

- **Estructura del programa:** La estructura del programa varía entre las universidades. Algunas universidades, como el MIT, tienen un programa de Ingeniería Biomédica dedicado, mientras que otras, como Stanford y UC Berkeley, ofrecen

Bioingeniería como una especialización dentro de un programa de ingeniería más amplio.

- **Énfasis curricular:** El énfasis curricular también varía. Algunas universidades se centran más en los fundamentos de la ingeniería, mientras que otras hacen más hincapié en las ciencias biológicas o las aplicaciones clínicas.
- **Especializaciones:** La gama de especializaciones ofrecidas también difiere. Algunas universidades ofrecen una gama más amplia de especializaciones, mientras que otras se centran en áreas específicas como la bioimagenología, la bioinstrumentación o la ingeniería celular y tisular.
- **Requisitos de investigación:** Los requisitos de investigación también varían. Algunas universidades requieren que los estudiantes participen en proyectos de investigación, mientras que otras lo fomentan pero no lo exigen.

- **Enfoque en la aplicación práctica:** Algunas universidades, como Shanghai Jiao Tong University, hacen mayor hincapié en la aplicación práctica y la preparación para el mercado laboral.
- **Integración con la medicina tradicional china:** Es probable que la Universidad de Zhejiang incorpore elementos de la medicina tradicional china en su plan de estudios.
- **Énfasis en la investigación:** La Universidad de Pittsburgh y la Sun Yat-sen University son conocidas por su fuerte enfoque en la investigación.
- **Flexibilidad:** El MIT y la Universidad de Stanford destacan la flexibilidad de sus planes de estudios, lo que permite a los estudiantes adaptar sus cursos a sus intereses y objetivos profesionales.

3. Discusión

Los currículos de Ingeniería Biomédica analizados presentan una base sólida en ciencias básicas e

ingeniería, con diferentes enfoques en la especialización y la integración de la teoría con la práctica. Algunos programas, como los de Harvard y el MIT, se centran en la innovación y el emprendimiento, mientras que otros, como los de Shanghai Jiao Tong University y Sichuan University, enfatizan la aplicación práctica. La elección del programa dependerá de los intereses y objetivos profesionales de cada estudiante.

Si hacemos un paralelismo entre las mallas curriculares mencionadas internacionales y las nacionales entre las que consideramos la Universidad Cayetano Heredia, Universidad científica del sur y Universidad Mayor de San Marcos, como 3 representativas podemos mencionar que los currículos de Ingeniería Biomédica de las universidades analizadas comparten un núcleo común de cursos de ciencias básicas, fundamentos de ingeniería y cursos básicos de BME. Sin embargo, existen diferencias en el enfoque, las especializaciones, la duración, las prácticas pre-profesionales, la investigación y la internacionalización.

Entre las semejanzas de los programas nacionales e internacionales podemos mencionar:

- Énfasis en ciencias básicas: Todas los currículos analizados incluyen cursos de ciencias básicas como matemáticas, física, química y biología, proporcionando una base sólida para comprender los sistemas biológicos y aplicar los principios de la ingeniería.
- Fundamentos de ingeniería: Los cursos de ingeniería como mecánica, circuitos eléctricos, termodinámica y programación informática son comunes en todos los currículos, introduciendo a los estudiantes a los conceptos básicos de ingeniería y sus aplicaciones en BME.
- Cursos básicos de BME: Los currículos incluyen cursos básicos de BME como bioinstrumentación, biomateriales, biomecánica e imagenología médica, que profundizan en los principios básicos de la disciplina.

- Diseño y desarrollo: Se hace especial mención cuando se menciona el diseño y el desarrollo de dispositivos con orientación médica, con cursos y proyectos que permiten a los participantes aplicar sus conocimientos para la resolución de problemas del mundo real.
- Investigación: Se fomenta la participación de los estudiantes en proyectos de investigación, brindando experiencia práctica y contribuyendo al avance del conocimiento en BME.

Cada uno de estos son importantes como línea base de formación pero las diferencias principales entre Harvard, MIT y UPCH podríamos mencionar:

Table 2. Comparación entre mallas Curriculares de Universidades nacionales (UPCH) e internacionales (Harvard, MIT).

Características	Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH)	Harvard	MIT
Enfoque	Multidisciplinario, con énfasis en la	Fuerte enfoque en la investigación	Enfoque en la aplicación

	integración de la ingeniería y las ciencias de la vida	y la innovación	de la ingeniería a la resolución de problemas biomédicos
Especialización	No se especifican especializaciones	Ingeniería celular, biomateriales, biomecánica, imágenes médicas, ingeniería genética, biología de sistemas	Bioinstrumentación, biomateriales, biomecánica, imágenes médicas, ingeniería genética, biología de sistemas
Duración	5 años	4 años	4 años
Prácticas pre-profesionales	Se mencionan prácticas pre-profesionales	No se especifican prácticas pre-profesionales	No se especifican prácticas pre-profesionales
Investigación	Se fomenta la participación en proyectos de investigación	Fuerte énfasis en la investigación, con oportunidades para participar en laboratorios de renombre	Fuerte énfasis en la investigación, con oportunidades para participar en laboratorios de renombre
Internacionalización	Oportunidades de intercambio internacional	Oportunidades de intercambio internacional	Oportunidades de intercambio internacional

necesidades del mercado laboral y las tendencias de investigación en el campo de la bioingeniería.

4. Conclusiones

Este análisis comparativo proporciona una visión general de los currículos de Ingeniería Biomédica de varias universidades líderes en el mundo. Los estudiantes interesados en seguir una carrera en este campo deben considerar cuidadosamente los diferentes enfoques y especializaciones ofrecidos por cada programa para elegir el que mejor se adapte a sus necesidades.

Los programas de Ingeniería Biomédica de las universidades mencionadas en el documento adjunto comparten un enfoque común en los fundamentos de la ingeniería y las ciencias de la vida, pero difieren en su estructura, énfasis curricular, especializaciones, requisitos de investigación, enfoque en la aplicación práctica, integración con la medicina tradicional china, énfasis en la investigación y flexibilidad del plan de estudios. Estas diferencias reflejan las fortalezas y prioridades de cada universidad, así como las

1.3. REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LA METODOLOGÍA DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA BIOMÉDICA, EXPERIENCIAS Y PROSPECTIVA EN EL PERÚ.

Resumen – En la presente investigación se presenta una revisión sistemática de la aplicación de la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP) en la educación de Ingeniería Biomédica. El ABP, un metodología de enseñanza que se centra en el estudiante, esto es buscando la enseñanza a través de desafíos para aprender a través de la resolución de problemas del mundo real, de esta manera incentivar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo. Esta investigación tiene una temporalidad de 32 años, entre 1992 a 2024, donde se analizan un total de 82 publicaciones indexadas a Scopus. En este análisis se observa un aumento gradual en la cantidad de documentos publicados a lo largo del tiempo. Existen 2 años particulares con un mayor número de investigaciones respaldadas por publicaciones en el 2003 con 12 publicaciones y 2004 con 7 publicaciones. En el rango de tiempo mencionado en promedio, se han publicado 3.15 publicaciones por año referentes al ABP como metodología de enseñanza en ingeniería biomédica. Estados Unidos lidera con 46 contribuciones, seguido por México (4), Reino Unido (4) y China (3). En Latinoamérica, México y Colombia han analizado esta metodología. En Perú, solo hay una investigación publicada en Scopus sobre un caso de éxito. El análisis de la literatura muestra que el ABP se ha implementado en cursos de bioinstrumentación, biomecánica, biomateriales e ingeniería clínica. Los estudios que evaluaron la efectividad del ABP encontraron mejoras en el rendimiento académico, las habilidades de resolución de problemas y la motivación de los estudiantes. El ABP es un método prometedor para la educación en ingeniería biomédica, pero su implementación puede ser desafiante.

Keywords – Aprendizaje basado en problemas, Ingeniería biomédica, educación, programas.

1. Introducción

El aprendizaje basado en problemas (ABP) se desarrolló a partir del método de casos de Harvard y las ideas de J. Bruner sobre el aprendizaje por descubrimiento, se implementó inicialmente en la década de 1950 en la Escuela de Medicina de la Universidad de Case Western Reserve en EE. UU(31).

En cuanto a estudios, se observa que países como España, en Europa además de Cuba y México en América son los países con la mayor cantidad de investigaciones relacionadas con el Metodología ABP y el Aprendizaje, cada uno con cuatro publicaciones. Le siguen Brasil, Chile, EE. UU y Costa Rica, cada uno con dos publicaciones, predominando en estos estudios el uso del método cuantitativo(27).

El Perú es un país con un sistema de salud deficiente, por este motivo es que a nivel de políticas públicas existe la intención de incentivar la investigación y la formación universitaria fomentando sobre todo enfoques transdisciplinarios e innovadores como la

metodología de ABP. El enfoque de esta metodología busca promover el aprendizaje aplicable a la resolución de desafíos evaluativos, de esta manera se valoran las diferencias individuales y fomentan métodos alternativos como la autoevaluación y la coevaluación(32,33).

El ABP esta metodología tiene sus fundamentos en los principios metacognitivos de la dialéctica de Hegel y el método dialéctico de Sukkat, esto permite en la enseñanza el análisis profundo de situaciones reales mediante preguntas se formulan para dar alguna solución a una problemática identificada, así se incentiva que al compartir las respuestas se comprenda y compare las mejores soluciones a la situación específica o general(34). Así los estudiantes no solo reciben la información, sino se hacen responsables activos de su aprendizaje mediante la formulación de sus propias preguntas(35).

Como técnica educativa el ABP incentiva un aprendizaje activo y reflexivo, centrado en la solución de problemas y la combinación de conocimientos y habilidades. Entre los requisitos

para que el ABP se implemente adecuadamente también se necesita una colaboración, un enfoque multidisciplinario y evaluación continua para asegurar resultados significativos y duraderos(36). Planteada como se detalla, esta metodología en su propia naturaleza promueve el trabajo en equipo y la integración de diversas perspectivas y especialidades, lo que enriquece el proceso de aprendizaje (37).

La enseñanza tradicional de la IB se potencia al aplicar ABP al integrar ciencias básicas, conocimientos clínicos, mejorar la comunicación, y potenciar la motivación, enfocándose en la resolución de problemas clínicos esenciales para la práctica médica(38). Cuando a la IB se integran las ciencias básicas con las clínicas, el ABP fomenta una comprensión más profunda y práctica de los conceptos, mejorando las habilidades clave como la comunicación y participación activa.

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es un metodología de enseñanza que se centra en el estudiante, en los últimos años la educación en esta temática se ha tornado popular en la educación en

ingeniería biomédica en especial en los países con mayor éxito como Estados Unidos. La visión pedagógica desafía a los estudiantes aprendiendo mediante la experiencia de resolver problemas del mundo real(39). En ABP, es mejor que los estudiantes trabajan en pequeños grupos para analizar y resolver un problema cuidadosamente seleccionado, identificando la información necesaria para resolver el problema real responsabilizándose del proceso. Esta metodología aporta significativamente al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, para la resolución de problemas e incentivando trabajo en equipo, así como el aprendizaje autodirigido y la responsabilidad del propio aprendizaje(2).

En el Perú la implementación del ABP en la educación de ingeniería es limitada, y aún más en la educación de la IB. Desde el 2017, cuando se creó la carrera de pregrado de ingeniería biomédica se ha implementado este método ABP en el Curso de Introducción a la Ingeniería Biomédica, este grado brindado por la Universidad Peruana Cayetano Heredia(UPCH)(8). Con esto se han

establecido rubricas de evaluación y el aprendizaje en grupos pequeños, relevante en la formación de los estudiantes. En la educación peruana existe una deficiencia de métodos, técnicas y estrategias efectivas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje(35). Esta dificultad no responde específicamente a las necesidades de carreras profesionales como IB que por su propia naturaleza sean multidisciplinarias. En este contexto, la necesidad de una búsqueda de información relevante con la revisión sistemática planteada que permita identificar y analizar los aprendizajes basados en problemas en el ámbito de la ingeniería biomédica es crucial(27).

El objetivo principal de este trabajo de investigación es analizar la efectividad del ABP en el desarrollo de las competencias de diseño, ejecución y desarrollo de problemas en ingeniería biomédica en diferentes programas a nivel internacional reportados.

2. Materiales and Métodos

Tipo de Investigación: Revisión sistemática de literatura.

Fuentes de Información:

Algunas Bases de datos académicas como: Scopus, Web of Science, SciELO, etc.

Documentos oficiales del Ministerio de Educación y organismos reguladores.

Documentos generados por expertos en educación en Ingeniería Biomédica y profesionales del campo.

Criterios de Inclusión y Exclusión: Se definieron los criterios para seleccionar los estudios y documentos relevantes a esta investigación.

Estrategia de Búsqueda: Se han empleado algoritmos de búsqueda con las consideraciones de las palabras clave y haciendo uso de operadores booleanos para realizar búsquedas sistemáticas en las fuentes de información.

Extracción y Análisis de Datos: Se desarrolló una matriz de datos para recopilar y organizar la información relevante de los estudios seleccionados. Además análisis cualitativo y cuantitativo de los datos.

El análisis realizado en esta investigación tiene como base la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), cuyo objetivo es una revisión detallada de los modelos de búsqueda de algoritmos(40). Esta metodología, ha sido considerada debido a su rigurosidad y claridad en la presentación de los resultados, esto permitió una recopilación detallada y sistemática de la información relevante, así se ha garantizado la exhaustividad y calidad del análisis sobre los distintos modelos de búsqueda de algoritmos(12).

A. Diagrama de Flujo

La investigación Para facilitar la comprensión de las tareas asignadas y las decisiones tomadas durante el proceso, esta investigación empleará un diagrama de flujo secuencial. Este diagrama, elaborado siguiendo los lineamientos de PRISMA y nuestra adaptación específica para la revisión sistemática, ofrecerá una representación visual clara y ordenada de cada etapa del estudio. De esta manera, los lectores podrán seguir de manera precisa el desarrollo de la investigación y

comprender de forma intuitiva el flujo de trabajo y las decisiones adoptadas en cada fase del proceso de revisión (41).

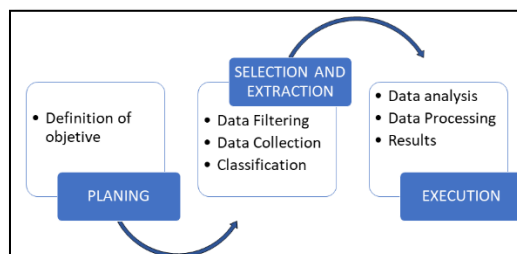


Fig. 1 Diagrama de trabajo

La estructura de la investigación ha seguido el diagrama de flujo descrito en la Figura 1. Este comienza enfatizando la importancia de la definición de un objetivo relevante y claro que permita delinear el proceso de selección de información de la base de datos de forma concisa mediante el uso de las palabras claves, que indiquen los parámetros de selección para la mejor calidad de los resultados obtenidos. La selección se realizará en la interfaz de scopus que realiza la selección de manera efectiva mediante una lógica booleana.

B. Planificación

En la sección de *Planificación* se detalla el proceso de gestión de la información utilizando las capacidades de búsqueda booleana de Scopus. En

esta etapa, los datos se filtran según el tipo de documento y el año de publicación, y luego se organizan en archivos .CSV para su análisis posterior. Este procedimiento convierte los datos en bruto en un formato más accesible, presentándolos en tablas y gráficos. Estas representaciones visuales están diseñadas para destacar características clave, como la novedad, el número de citas, el año de publicación y el impacto general, lo que facilita una evaluación exhaustiva de los hallazgos de la investigación. Al realizar la búsqueda de datos en la base de datos de Scopus, es crucial enfocarse en las tendencias relacionadas con el aprendizaje basado en problemas para la educación de la ingeniería biomédica. Es importante destacar que esta búsqueda, sino que debe abarcar diversos puntos como las metodologías, de enseñanza, los resultados de la educación y algunos filtros, lo que permitirá obtener una comprensión más completa y multifacética del tema en cuestión.

C. Selección y extracción

La segunda sección del estudio se enfocará detalladamente en el procesamiento de la información, comenzando con la configuración precisa de búsquedas booleanas especializadas en Scopus. Este proceso estará dirigido específicamente a la investigación de la metodología del aprendizaje basado en problemas para la educación e la ingeniería biomédica desde diferentes sectores. Durante esta fase crucial, se recopilará información relevante según los filtros previamente establecidos, aunque será necesario realizar una selección manual rigurosa de los documentos que cumplan con los parámetros deseados, descartando aquellos que no se alineen con los objetivos principales del proyecto.

Los documentos seleccionados en esta etapa incluirán una variedad de tipos, todos los estudios centrados en el aprendizaje basado en problemas (ABP) es un método de enseñanza que se centra en el estudiante y que desafía a los alumnos a aprender a través de la experiencia de resolver problemas del mundo real, el aprendizaje diferenciado, entre otros puntos relacionados. Cabe destacar que la

búsqueda no estará restringida por el idioma, permitiendo la inclusión de documentos de diferentes campos de estudio y disciplinas, siempre que ofrezcan soluciones y análisis de la enseñanza de la disciplina (42).

El período temporal considerado para este análisis abarcará desde 1992 hasta 2024. Durante este intervalo, se analizó el volumen de documentos generados anualmente, además de examinar datos clave como los autores más citados, los países con mayor actividad investigativa en el campo, el número de documentos producidos por país o territorio, las publicaciones atribuidas a cada autor, las revistas científicas con mayor número de publicaciones sobre el tema, y la distribución temporal de dichas publicaciones.

Los resultados obtenidos en Scopus se ajustaron con precisión la fórmula booleana, modificándose para incluir o excluir criterios según sea necesario. Además, para no omitir información relevante, se procedió a guardar algunas investigaciones de manera manual. Como etapa final, se realizó la extracción y clasificación de los archivos .CSV y

.BIB, organizándolos según criterios de prioridad, año de publicación, revista, número de citas y otros datos relevantes para su posterior análisis.

D. Ejecución

Con la finalidad de ejecutar el análisis de la revisión bibliográfica, el procesamiento de datos para esta investigación se realizará utilizando Python mediante Anaconda. Uno de los puntos importantes es la visualización de los datos mediante un enfoque global para lo cual utilizaremos VOSviewer. Con estos procedimientos aprovechamos las herramientas tecnológicas disponibles para el análisis y la representación gráfica, que se basan en Python y sus bibliotecas especializadas(43).

Al realizar la investigación uno de los puntos importantes son explorar las interrelaciones entre las investigaciones seleccionadas, los autores, y el tema específico como el uso de ABP para la enseñanza de IB, es ahí donde VOSviewer es vital como la herramienta principal del proceso. Esta herramienta además nos posibilita la creación de mapas de coautoría, cocitación y palabras clave,

brindando una visión profunda del desarrollo y las dinámicas del campo de estudio(44).

La capacidad de Python para gestionar eficientemente información y entornos no reales, es fundamental para la ejecución de scripts de análisis de datos. Otra herramienta utilizada es Dask, esta nos apoya en la manipulación de grandes conjuntos de datos, realiza procesamientos paralelos permitiendo el manejo de datos aun cuando la memoria de la PC pudieran resultar insuficientes. Seaborn es una herramienta de interfaz de alto nivel para la generación de gráficos que utilizaremos para crear visualizaciones estadísticas atractivas e informativas, así se generan representaciones gráficas complejas con menos código.

Al potenciar el VOSviewer que usamos para el análisis estadístico con las capacidades de Python y con el uso de las bibliotecas de Dask y Seaborn, siendo ejecutadas mediante Anaconda, esto permitirá una exploración detallada de la base de datos extraída para la revisión bibliográfica de SCOPUS. Con esta nueva visión se realizo la

selección y extracción de aquella información importante y relevante, que permitió mejorar el análisis de la revisión bibliográfica realizada a partir de la producción científica, los autores y las revistas en el periodo del 1992 al 2024. Esta metodología es solida para evaluar las tendencias de la metodología de ABP en la educación de la IB, que nos proporciona una amplia perspectiva de la investigación.

3. Resultados

Se presentan a continuación los resultados de la revisión realizada.

a. Selección y Extracción

La metodología PRISMA, al aplicarla un punto importante corresponde a los algoritmo de álgebra booleana que buscan detallar los objetivos de la investigación y los filtros para lograr un adecuado contenido de la revisión sistemática con mayor precisión, en la búsqueda de la integración adecuada del contenido, buscando el cumplimiento del objetivo del presente. Además, estos algoritmos han incorporado las últimas tecnologías, como el machine learning, inteligencia artificial y una

amplia gama de técnicas avanzadas de procesamiento de datos, en consonancia con las exigencias y avances actuales en el campo.

(TITLE-ABS-KEY (biomedical AND engineering) AND TITLE-ABS-KEY (problem-based AND learning) AND TITLE-ABS-KEY (methodology) OR TITLE-ABS-KEY (teaching) OR TITLE-ABS-KEY (result)) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "CHEM") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATE") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHYS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATH") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CENG")) AND (EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Economics") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Italy") OR EXCLUDE (EXACTKEYWORD , "Biophysics")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "sh"))

b. Ejecución

Table 1. Documents in Scopus

Tipo de documento	Cantidad (82)	Porcentaje
Artículo	34	41.46
Short Survey	5	6.10
Revisión	8	9.76
Conferencia publicación	35	42.68

La base de datos de publicaciones indexadas Scopus contiene una amplia gama de documentos científicos recopilados desde revistas revisadas por pares y conferencias indexadas, esta particularidad garantiza una cobertura exhaustiva de la literatura académica. En la tabla 1, mostramos que los tipos de producción científica seleccionados son artículos, revisiones y ponencias en conferencias, esto debido a la naturaleza de cada uno y su aporte a los documentos que contienen información crucial para las búsquedas y la mejora de las gráficas a procesar. Además, también se aplicaron algunos criterios de "bronce" y "oro" para la selección de los artículos y la documentación científica, esto beneficia significativamente los resultados obtenidos. También es importante mencionar el uso de la interfaz de Scopus,

aprovechando al máximo sus herramientas y funcionalidades para optimizar estas búsquedas y garantizar la calidad de los datos recopilados.

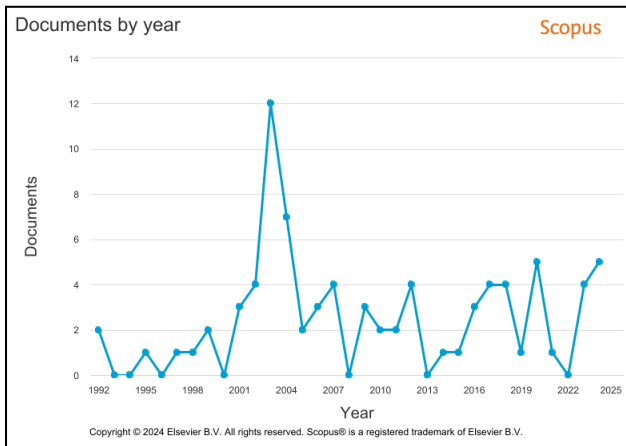


Fig. 2 Documentos por Año

El diagrama de la figura 2 se aprecia la evolución de la cantidad de documentos publicados en intervalos quinquenales desde 1992 hasta noviembre del 2024, centrándose en la revisión sistemática de la aplicación de la metodología del aprendizaje basado en problemas y su desarrollo a través de los últimos 32 años, esto en el contexto del análisis de la metodología y lecciones aprendidas.

La representación gráfica revela un aumento gradual en el número de publicaciones a lo largo del tiempo, partiendo de 2 documentos en 1992 y avanzando en el 2024 con un total de 5

documentos, en estos años hubo un total de 82 publicaciones en el tema en revistas indexadas. Los años con el mayor número de publicaciones son 2003 con 12 publicaciones y en el 2004, con 7 publicaciones. En promedio se publican aproximadamente 3.15 publicaciones por año referente al aprendizaje basado en problemas como metodología de la enseñanza en ingeniería biomédica.

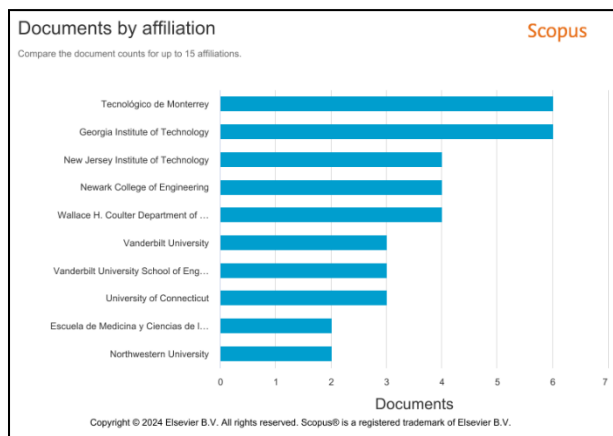
Este gráfico evidencia un interés relativamente similar en promedio cada dos años referentes a la educación de la ingeniera biomédica mediante la metodología de el aprendizaje basado en problemas, al no encontrar tantas publicaciones en ese tema destaca la importancia de realizar una revisión sistemática sobre este tema. Dicha revisión podría ofrecer una visión exhaustiva y actualizada de las tendencias y avances en este campo, proporcionando a investigadores y responsables de la formación de los nuevos ingenieros biomédicos la información necesaria para tomar decisiones fundamentadas. Este método fomenta el desarrollo de habilidades de

pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo, así como el aprendizaje autodirigido y la responsabilidad del propio aprendizaje.

La distribución temporal de estas publicaciones refleja una atención sostenida a lo largo del tiempo en la producción científica, con una presencia continua de estudios desde al menos 1992. Estos resultados subrayan la relevancia y actualidad del tema de investigación, resaltando la importancia de continuar explorando y analizando la literatura científica reciente para comprender mejor las tendencias y avances en la educación y en las nuevas tendencias en los métodos de enseñanza y experiencias para tomarlas como guía en la educación de la ingeniería biomédica debido a lo trascendente de esta carrera.

Fig. 3 Documentos por afiliación

De acuerdo con los resultados mostrados en la figura 3 sobre la afiliación institucional más frecuente en las publicaciones sobre el aprendizaje basado en problemas se da en el Tecnológico de Monterrey, al igual que Georgia Institute of Technology con 6 publicaciones. En el tema específico de este estudio hemos encontrado a 4 instituciones que han publicado 3 artículos en revistas indexadas y estas son New Jersey Institute of Technology, el Newark College of engineering y el Wallace H. Coulter Department of Biomedical Engineering, con 3 publicaciones tenemos a Vanderbilt University, Vanderbilt University School of Engineering y University of Connecticut, entre las más importantes también podemos citar a Northwestern University, entre las otras entidades que tenemos están Jhon Hopkins y muchas otras universidades. Entre ellas están ubicadas aquellas universidades con la mejor posición en la enseñanza de la ingeniería biomédica, esto es una muestra que la enseñanza en las mejores universidades para la formación de



los profesionales. Una mención especial se debe dar a Vanderbilt University ubicada en Tennesse, Estados Unidos, encabeza la lista con 40 publicaciones sobre la enseñanza de la ingeniería biomédica, esto es una demostración de su calidad educativa y de ABP como un método útil y de Vanguardia.

En cuanto a la distribución geográfica, la concentración de instituciones en Estados Unidos subraya la relevancia de la investigación en este país. Estos datos sugieren que la investigación en este campo formativo a nivel pregrado y posgrado de la Ingeniería Biomédica Estados Unidos es líder y merece un análisis exhaustivo para aprender que estrategias se utilizan en este análisis, así como también en el aprendizaje basado en problemas como la metodología orientada a la Ingeniería Biomédica.

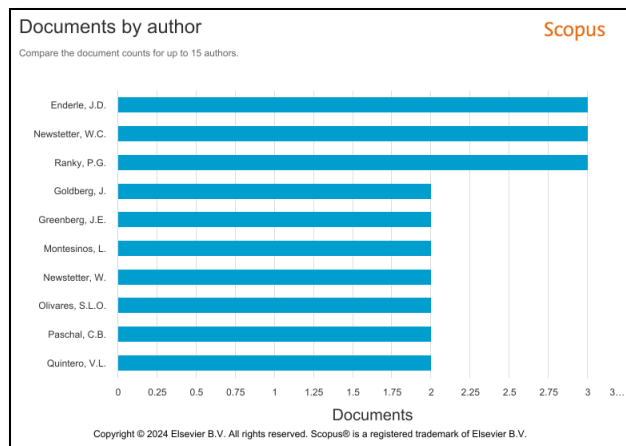


Fig. 4 Documentos por Autor

Los datos presentados en la figura 4 muestran la frecuencia con la que se mencionan autores en la literatura científica relacionada con la revisión sistemática del aprendizaje basado en problemas para la educación de la ingeniería Biomédica. Destacan los investigadores Enderle; Newsletter y Ranky con 3 publicaciones respectivamente. Enderle es profesor emerito de la Universidad de Connecticut con 268 papers indexados a la fecha y con h de 15; además Newsletter W. directora general del Georgia Institute of Technology con 85 artículos en total indexados a la fecha y con un nivel de h 23, por ultimo Ranky P. con 97 documentos y un nivel h de 12, pero que a no ha publicado e indexado papers desde el 2015. Asimismo, se observa una diversidad de autores

con menor número de publicaciones, lo cual sugiere una participación extendida pero no centralizada en determinado lugar.

La afiliación de los autores es de Universidades de Estados Unidos, de los mostrados en la grafica los investigadores Olivares S. L.O. y Quintero V.L. son del Tecnológico de Monterrey en Mexico. Estos resultados subrayan la amplitud de las investigaciones y como se centralizan en Estados Unidos, por ese motivo su análisis y estudio es de gran relevancia para la revisión sistemática propuesta.

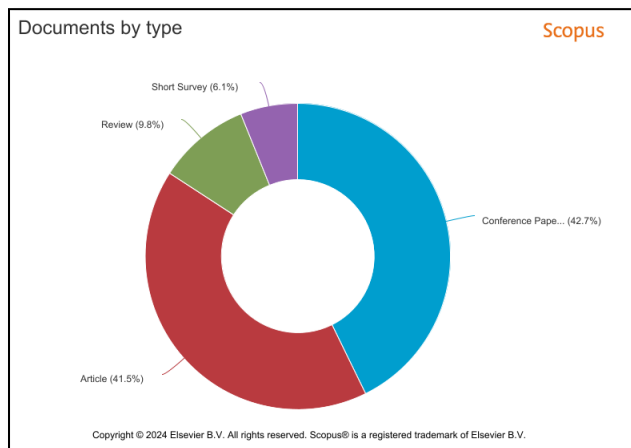


Fig. 5 Documentos por tipo

De la figura 5 se desprende que las publicaciones en la rama de la educación de la ingeniería biomédica, se destaca los hallazgos publicados en Conferencias indexadas (42.7%), casi en la misma

medida de artículos en revistas revisadas por pares(41.5%) evidenciando la robustez de la investigación en este campo. Estos estudios abordan una amplia gama de aspectos relacionados con la aplicación de la enseñanza de la ingeniería biomédica con la metodología propuesta de aprendizaje basado en problemas, lo que contribuye a una comprensión más completa de los beneficios de esta metodología en la enseñanza.

Debido a la cantidad de publicaciones en el medio sobre este tema las revisiones sistemáticas son las menos frecuentes con solo (9.8%). Esto sugiere que la utilización o planteamiento del aprendizaje basado en problemas para la educación de la Ingeniería Biomédica ha sido estudiada y utilizada como una metodología importante a plantear y que podríamos replicar en el Perú. En resumen, estos datos subrayan la diversidad y profundidad de la literatura revisada, ofreciendo una visión completa de las tendencias y avances en la aplicación de nuevas visiones y metodologías en la enseñanza buscando una evolución en la enseñanza de esta profesión.

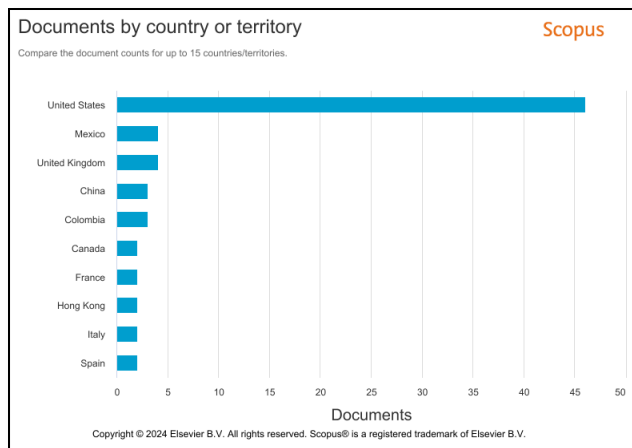


Fig. 6 Documentos por país

De la figura 6 se desprende que: Estados Unidos lidera con 46 contribuciones, seguida por México(4), Reino Unido(4) y China(3). Esta información destaca la diferencia entre Estados Unidos y los demás países en más de 12 veces el número de publicaciones sobre el tema y otros países. Si nos centramos en Asia de los mostrados tenemos China y Hong Kong presentan publicaciones en esta metodología, en Europa Reino Unido, Francia, Italia y España. Lo principal es la consideración de México, Colombia como países considerados latinos que han analizado esta metodología en la enseñanza de la Ingeniería biomédica y es alentador en ese sentido, y aunque esta es importante nuestro norte en esta rama sería

Estados Unidos convirtiéndose en el principal referente.

Cabe mencionar que referente al tema en el Perú existe 1 investigación publicada por el Ingeniero Luis Vilcahuamán y la profesora Rosana Rivas(45), reportando un caso de éxito que se puede extrapolar a otras escuelas. Al conocer la relevancia de la implementación del aprendizaje basado en problemas para Ingeniería biomédica y debido a su naturaleza, debería constituirse en una metodología a implantar en más programas como una forma útil y enriquecedora para los alumnos. El ABP es un método prometedor para la educación en ingeniería biomédica, ya que promueve el aprendizaje activo y la aplicación de conocimientos a problemas del mundo real. Sin embargo, su implementación puede ser desafiante, requiriendo planificación, recursos y capacitación docente

Este análisis cuantitativo subraya la amplitud de la literatura disponible y sugiere la relevancia de explorar detenidamente las tendencias y enfoques específicos que estas publicaciones ofrecen en

relación con la educación y enseñanza de la Ingeniería biomédica.

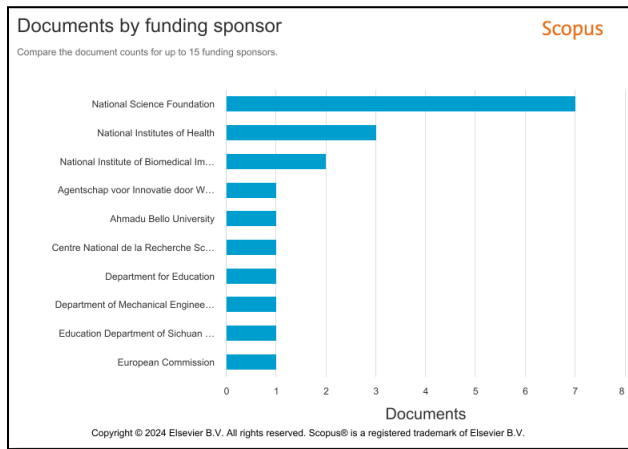


Fig. 7 Documentos por ente Financiador

En la figura 7 revelan que de los financiadores de estos estudios los que más invierten en este punto es Estados Unidos lo cual visualiza la importancia en la educación de ingeniería biomédica y la constante preocupación por nuevos métodos de enseñanza que eleven la calidad de sus profesionales. El National Science Institute lidera con 7 proyectos de investigación que se encuentran afiliados, seguido por la National Institutes of Health con 3, y El departamento de medicina de Jhon Hopkins que participa con 2 publicaciones financiadas, luego existen múltiples instituciones consideradas en la afiliación con solo una publicación en países como México, España, la

comunidad europea, Instituciones de Canadá entre otras. Esta participación en diferentes países, resaltando la relevancia global de la investigación en este ámbito.

Este panorama muestra una diversidad de patrocinadores, a nivel internacional, lo que refleja un interés global en relación con la importancia en la investigación en la enseñanza de este tema. La participación de universidades de prestigio y centros de investigación de renombre, sugiere una producción importante por la relevancia de la temática, el carácter multidisciplinario de la carrera de IB, además explica la colaboración entre instituciones académicas y la investigación en este campo. El análisis realizado a los financiadores muestra una visión exhaustiva de las fuentes de financiación y el apoyo institucional detrás de la investigación relacionada con la educación y preparación a nivel pregrado y postgrado de la IB, esto muestra que es primordial comprender la importancia y la calidad de la investigación en este campo específico.

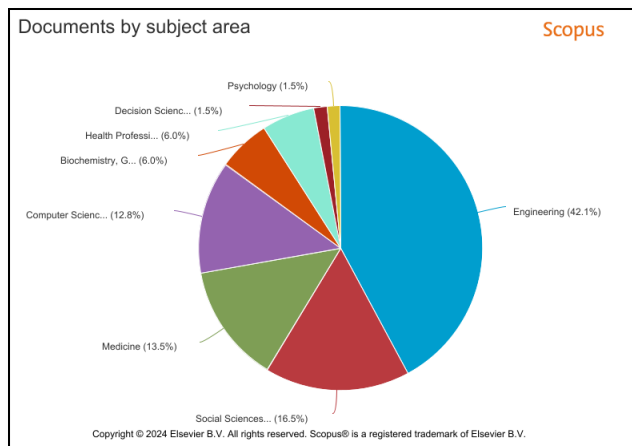


Fig. 8 Documentos indexados por área de estudio

La figura 8 muestra un claro dominio de la ingeniería como rama de estudio principal en los artículos publicados representando el 42.1% de los artículos que exploran la educación de la IB con esta metodología. Podemos inferir un interés elevado y dedicación en la temática orientado hacia fortalecer las capacidades de la formación del Ingeniero biomédico. Las áreas de otro interés significativo son dadas por las ciencias sociales con 16.5% y medicina 22.8% en este contexto resalta la importancia de la investigación biomédica para entender y abordar eficazmente formación de los profesionales y su naturaleza multidisciplinaria, que muestra que no solo es el hecho de la construcción de dispositivos, sino el

manejo social de las intervenciones y su análisis mediante el punto de vista de la medicina.

Además, se evidencia un interés significativo en disciplinas como la ciencia de la computación(12.8%), que demuestra la participación de esta metodología ABP en el desarrollo de tecnología, y si agrupamos los otros disciplinas podemos ver el carácter Multidisciplinario, con el 9% de artículos es importante y muestra la diversidad en la temática. Para entender las tendencias en la educación de IB en pregrado, es crucial adoptar un enfoque no solo la ingeniería y la medicina, es mejor unir diversas disciplinas que permiten cubrir la naturaleza multidisciplinaria de este campo. La diversidad de áreas de conocimiento involucradas en la investigación y los avances en ingeniería biomédica refuerza la necesidad de un enfoque interdisciplinario. En este contexto, el aprendizaje basado en problemas (ABP) surge como una metodología educativa con gran potencial para la ingeniería biomédica, ya que promueve una formación integral que fomenta la

interdisciplinariedad, la innovación y la capacidad de resolver problemas de salud de manera efectiva.

4. Discusión

La presente investigación se basa en una revisión sistemática sobre la aplicación de la metodología del aprendizaje basado en problemas en la educación en Ingeniería Biomédica (IB). En el mundo, el país con mayor producción científica ha reportado 82 publicaciones entre 1992 y 2024, es Estados Unidos. Si contrastamos este resultado con el Perú vemos que siguiendo la misma indicación solo se encontraron 1 investigaciones publicadas en Scopus, sobre una experiencia que demuestra la efectividad de la metodología. Esta diferencia entre el país con mayor relevancia en la ingeniería biomédica en el mundo y el Perú es un indicador del camino que aún tenemos pendiente en esta materia. Es así que se destaca la necesidad de una formación integral que fomente la innovación en la educación en el Perú para el desarrollo de la IB en el país.

Rave(46) en el 2015, analiza el desarrollo de las habilidades de la investigación que toma como su

principal herramienta la revisión sistemática para la formación de los profesionales y la investigación sobre todo en el área de ingeniería e IB. Rave(46) en su investigación del realiza una revisión sistemática, con estricta metodología basada en la evidencia, como una eficiente herramienta para la formación de investigadores en ingeniería, en la que se promueve la lectura crítica, el análisis, la síntesis y la escritura científica. Entre las similitudes con esta investigación se busca la aplicación de los conocimientos a la solución de los problemas de la realidad, incentivando la necesidad de un aprendizaje activo. Entre las diferencias, esta publicación de Rave(46) se enfoca en la importancia de la escritura como herramienta en el proceso de investigación, mientras que la presente investigación sobre ABP aborda la importancia del aprendizaje basado en problemas (ABP) en la educación de ingeniería biomédica.

La investigación de Chen(47), analiza las diferentes maneras implementación de la metodología ABP, además que aborda los retos que esto representa en la educación en la rama de

ingeniería. Analizando los retos y desafíos desde diferentes niveles como individual, institucional y cultural. Para esta investigación se revisaron 108 artículos de investigación. Chen muestra diferentes maneras de implementar la metodología en diferentes niveles, como un curso, muchos cursos, currículo y proyecto. El artículo concluye brindando recomendaciones sobre próximas direcciones de investigación para los investigadores y educadores de educación en ingeniería. Si comparamos con la presente investigación coinciden en la importancia del ABP para el desarrollo de habilidades cruciales para los ingenieros como pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo. Entre las diferencias están que Chen[19] y su equipo se enfoca en los desafíos de la implementación del ABP en la educación en ingeniería en general, mientras que esta investigación la enfoca exclusivamente en ingeniería biomédica.

Arriola Castro(48), en el realizo una investigación en el 2024 donde se implanto la metodología del ABP en la educación básica en el Perú, evaluando

la efectividad en nuestra realidad. Encontrándose un impacto positivo en formación de los alumnos en los aspectos de la resolución de problemas, el pensamiento crítico y desde la experiencia real el aumentando de la motivación. Los resultados de la revisión mostraron a la metodología ABP como efectiva para incentivar la resolución de problemas y promover el pensamiento crítico, logrando así mejorar las experiencias de aprendizaje y el rendimiento académico desde los participantes. También podemos mencionar que se atribuye a la metodología ABP, fomentar la interacción social, el desarrollo de habilidades en investigación, el incremento del aprendizaje científico, la creatividad y las habilidades comunicativas en los estudiantes de educación básica. La presente investigación que analiza la presencia del ABP en la educación de la ingeniería biomédica, busca aumentar la efectividad, el estudio de Arriola nos da una muestra esperanzadora, aunque se aplican a diferentes niveles educativos. Lo más importante de la investigación es la experiencia en un ámbito peruano, que brinda un esperanzador panorama

para la aplicación de la metodología en otros ámbitos como la ingeniería biomédica.

Jin(49), Leaman y Lu, publicado en 2024, presentan una revisión de herramientas de búsqueda de biomédica basadas en inteligencia artificial, aquí se discuten las ventajas y desventajas de diferentes plataformas. Esta investigación presentó una revisión de más de 30 herramientas de búsqueda de literatura biomédica, categorizadas por su funcionalidad para diferentes casos de uso. El estudio se centra en las mejoras recientes en la búsqueda de literatura biomédica impulsadas por la inteligencia artificial (IA). Se discuten las ventajas y desventajas de PubMed, el motor de búsqueda más utilizado, y se describen herramientas basadas en IA para cinco necesidades específicas: medicina basada en evidencia, medicina de precisión y genómica, búsqueda semántica, recomendación de literatura y minería de literatura. El artículo de Jin Q.(49) en el 2024 analiza el impacto de los modelos de lenguaje grandes como ChatGPT en la búsqueda de información biomédica. En comparación a esta

investigación que busca la aplicación de (ABP) en la educación de ingeniería biomédica, este artículo se centra en las herramientas de búsqueda de literatura biomédica basadas en IA. Si bien las dos investigaciones abordan la importancia de la tecnología en la educación e investigación, una la realiza en base al uso de una herramienta y el otro como una nueva metodología.

La investigación de Montesinos(50) del 2023 publicado en BMC Medical Education, en su investigación describe y analiza el diseño e implementación de un curso sobre gestión hospitalaria para estudiantes de Ingeniería Biomédica en México de 16 semanas sobre gestión hospitalaria. El curso se centró en el aprendizaje experiencial transdisciplinario, utilizando el modelo ADDIE, con el ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb para utilizar los procesos de atención médica en experiencias de aprendizaje específicas. Los estudiantes analizaron y desarrollaron un nuevo diseño de atención con la finalidad de la mejora y optimización de los procesos utilizando algunas herramientas de la

ingeniería industrial. La metodología enseñanza-aprendizaje en esta investigación beneficio a los participantes en función de 3 aspectos clave la participación, transdisciplinariedad y aprendizaje, pero uno de las debilidades del proceso es el tiempo involucrado. Entre las semejanzas entre con el presente estudio podríamos mencionar la importancia de la aplicación de los conocimientos a problemas del mundo real y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Entre las diferencias principales se considera el abordaje del ABP en la educación de ingeniería biomédica, donde la metodología está centrada en el aprendizaje en base a la experiencia con un carácter transdisciplinario. Un punto resaltante es la similitud de la población en México y Perú, por lo que nos brinda una visión alentadora de los resultados que podríamos lograr de implementar esa visión en el país. En el presente estudio se ha utilizado la revisión de la literatura para medir la efectividad de la aplicación de la metodología ABP en IB, su importancia radica en la aplicación de conocimientos a problemas del

mundo real y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. El ABP se presenta como una metodología prometedora para la formación de ingenieros biomédicos en Perú, fomentando la innovación, la interdisciplinariedad y la resolución de problemas de salud. La experiencia peruana en ABP en otras ramas de la educación, ofrece un panorama alentador para su aplicación en la IB como una nueva metodología con esperanzadores resultados.

5. Conclusiones

La enseñanza de la ingeniería biomédica por las mejores escuelas a nivel mundial ha expresado un interés en la aplicación de la metodología de ABP. Poco a poco mas universidades y programas han implantado esta metodología siendo tema de estudio e investigación que ha aumentado desde 1992 al 2024, en 3.15 publicaciones por año aproximadamente. En los años de 2003 tuvo 12 publicaciones y en el 2004 se alcanzaron 7 publicaciones estos son los que cuentan con mayor producción. Estados Unidos lidera la producción científica en ABP para Ingeniería Biomédica con

46 contribuciones. En Latinoamérica, México (4 publicaciones) y Colombia (1 publicación) han realizado investigaciones en este campo.

En el Perú existe escasa investigación en este tema y se ha encontrado solo una investigación publicada en Scopus sobre la aplicación del ABP en Ingeniería Biomédica (45). El análisis muestra que las áreas de aplicación del ABP en Ingeniería Biomédica, son cursos de bioinstrumentación, biomecánica, biomateriales e ingeniería clínica. La efectividad del ABP y necesidad de mayor investigación es evidente. Los resultados de la revisión sugieren que el ABP es efectivo para preparar a los futuros ingenieros biomédicos ante los desafíos del mundo real. Sin embargo, se necesita más investigación para evaluar completamente su impacto en diferentes contextos y poblaciones de estudiantes, especialmente en Perú. El estudio destaca la necesidad de una mayor investigación sobre el ABP en Ingeniería Biomédica en Perú, con el fin de desarrollar estrategias que fomenten la innovación y la formación integral de los estudiantes.

II. CONCLUSIONES

El trabajo presentado se ha presentado en el marco de la presente investigación de los avances en la formación de los nuevos Ingenieros biomédicos en el mundo, basándonos en la producción científica reportada en Scopus.

Se comenzó analizando mediante una revisión sistemática la educación en general de la ingeniería biomédica, su historia y prospectiva en el Perú. De esta primera parte se ha concluido que la investigación en educación en Ingeniería Biomédica es amplia a nivel mundial, pero existe un predominio marcado en Estados Unidos y Europa. En el Perú, aunque aún no existen muchas publicaciones en esta temática (solo dos en Scopus), existen esfuerzos notables como la creación de la carrera en la UPCH-PUCP, que fue la primera en ofrecer estos estudios a nivel nacional con importantes hallazgos. Además, se evidencia la necesidad de fortalecer la formación investigadora, actualizar planes de estudio y adoptar metodologías innovadoras para responder a la naturaleza multidisciplinaria de la carrera.

Esta investigación continua en la segunda sección, aquí realizamos un análisis comparativo de los currículos de escuelas de Ingeniería Biomédica en el mundo, fortalezas y debilidades. De este estudio se concluyó que los programas revisados comparten una base sólida en matemáticas, ciencias básicas y de la vida, pero difieren en estructura, duración, énfasis curricular, áreas de especialización e integración de investigación. Existen algunas universidades priorizan la innovación y el emprendimiento, otras la práctica profesional y otras la investigación intensiva. Estas diferencias reflejan la diversidad de necesidades

laborales y de investigación globales. Para el Perú, el análisis permite identificar buenas prácticas que pueden adaptarse localmente enfatizando en los trabajos de investigación que nos permitan visualizar diferentes ramas de la ingeniería biomédica.

Por último en la sección final se realizó una revisión sistemática de la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en Ingeniería Biomédica, experiencias y prospectiva en el Perú. De esta investigación se concluyó que entre 1992 y 2024 se registraron 82 publicaciones sobre ABP en Ingeniería Biomédica, con liderazgo claro de Estados Unidos (46 contribuciones). En Latinoamérica destacan México (4) y Colombia (1); en Perú solo se encontró **un caso publicado en Scopus**. El ABP se ha aplicado con éxito en cursos de bioinstrumentación, biomecánica, biomateriales e ingeniería clínica. Los resultados muestran que mejora el rendimiento, el pensamiento crítico, la motivación y la preparación para enfrentar problemas reales. Sin embargo, su implementación en Perú sigue siendo muy limitada, y se requiere más investigación, recursos y formación docente

De forma unificada esta investigación concluye que la **educación en Ingeniería Biomédica en el Perú está en una etapa inicial**, pero con gran potencial de desarrollo si se fortalecen tres ejes:

- Reconocer la multidisciplinariedad del campo y consolidar programas locales.
- Adaptar las buenas prácticas expresadas en los Currículos internacionales de las mejores escuelas de ingeniería biomédica sin perder de vista la realidad nacional.

- Especialmente el ABP, como estrategia prometedora para formar ingenieros biomédicos competentes, críticos y creativos , crece como una Metodologías pedagógicas innovadoras que podría enfocarse en nuestra realidad.

III. RECOMENDACIONES

La presente investigación muestra evidencia a partir de las publicaciones que la educación en Ingeniería Biomédica está en expansión y transformación a nivel global, con énfasis en la multidisciplinariedad, la innovación curricular y metodologías activas como el ABP. Sin embargo, en Perú persisten limitaciones de investigación, desarrollo curricular y aplicación de enfoques pedagógicos innovadores. Debido a los mencionado se recomienda:

- Fortalecer la investigación educativa en Ingeniería Biomédica.
- Adaptar modelos internacionales exitosos a la realidad peruana.
- Promover el ABP y otras metodologías activas para una formación integral que prepare a los futuros ingenieros biomédicos frente a desafíos reales en salud y tecnología.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Enderle JD, Bronzino JD. Introduction to Biomedical Engineering. Introduction to Biomedical Engineering. 2011;1–1253.
2. Foo JYA. The Retrospective Analysis of Bibliographical Trends for Nine Biomedical Engineering Journals from 1999 to 2007. Ann Biomed Eng [Internet]. 2009 Jul;37(7):1474–81. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10439-009-9700-7>
3. Webster JG, Nimunkar AJ. Medical Instrumentation: Application and Design. John Wiley & Sons; 2020.
4. Kohane IS. Bioinformatics and clinical informatics: the imperative to collaborate. J Am Med Inform Assoc. 2000;7(5):512–6.
5. Sejdíć E, Su FC. What the future holds for Biomedical Engineering Online? Biomed Eng Online [Internet]. 2019 Jul 24 [cited 2025 Sep 14];18(1):81. Available from: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12938-019-0702-x>
6. Atala A. Tissue engineering for the replacement of organ function in the genitourinary system. Am J Transplant. 2004;4 Suppl 6:58–73.
7. Langer R, Tirrell DA. Designing materials for biology and medicine. Nature. 2004 Apr;428(6982):487–92.
8. Rivas R, Vilcahuamán L, Cieza M, Clark T, Voigt HF. Biomedical engineering education in Peru in 2015: A unique and innovative collaboration in Latin America. In 2015. p. 1612–5.
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ [Internet]. 2021 Mar 29 [cited 2025 Sep 15];372. Available from: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>
10. Cieza-Terrones M, De la Flor JC, Rico-Fontalvo J, Daza-Arnedo R, Valga F, Cieza-Armas M, et al. The Use of Bioimpedance in Renal Problems and Monitoring for Volume Analysis: A Literature Review. International Journal of Engineering Trends and Technology. 2024 Aug 1;72(8):415–28.
11. León-Untiveros G, Garcia-Lino C, Rosales-Pariona I, León-Untiveros J, Huamani-Huaracca A, Ramos-Cosi S, et al. Systematic Review on Technological Devices for Anemia Screening from 2003 to 2024. International Journal of Engineering Trends and Technology. 2024 May 1;72(5):203–15.
12. Huamani-Huaracca A, Ramos-Cosi S, Cieza-Terrones M, Leon-Untiveros G, Cardenas-Pineda L, Alva-Mantari A. Systematic Review of Medical Devices with Technological Features for Measuring Lung Sounds from 2004 to 2024. International Journal of Electronics and Communication Engineering [Internet]. 2024 Oct 30 [cited 2025 Sep 17];Volume 11(10):109–18. Available from: <https://www.internationaljournalsrsg.org/IJECE/paper-details?Id=706>
13. Mantas J. Biomedical and Health Informatics Education - the IMIA Years. Yearb Med Inform. 2016 Aug;Suppl 1(Suppl 1):S92–S102.
14. Monzon J. The challenges of biomedical engineering education in latin america. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2005;2005:2403–5.
15. Lustick DR, Zaman MH. Biomedical engineering education and practice challenges and opportunities in improving health in developing countries.

- 2011 Atlanta Conference on Science and Innovation Policy [Internet]. 2011 Sep;1–5. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6064477/>
16. Linsenmeier RA, Saterbak A. Fifty Years of Biomedical Engineering Undergraduate Education. *Ann Biomed Eng.* 2020;48(6):1590–615.
 17. White JA, Gaver DP, Butera RJ, Choi B, Dunlop MJ, Grande-Allen KJ, et al. Core Competencies for Undergraduates in Bioengineering and Biomedical Engineering: Findings, Consequences, and Recommendations. *Ann Biomed Eng.* 2020 Mar 1;48(3):905–12.
 18. Enderle JD, Bronzino JD. Introduction to Biomedical Engineering. *Introduction to Biomedical Engineering.* 2011;1–1253.
 19. Haro Maldonado ER. Diseño curricular para formación de investigación para la escuela de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2019 Sep; Available from: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/5183>
 20. Barra MV. Base de comparación de mallas curriculares de carreras de ingeniería civil. *Revista Iberoamericana de Educación [Internet].* 2005 Aug 10 [cited 2025 Sep 14];36(6):1–13. Available from: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2786>
 21. Lustick DR, Zaman MH. Biomedical engineering education and practice challenges and opportunities in improving health in developing countries. 2011 Atlanta Conference on Science and Innovation Policy: Building Capacity for Scientific Innovation and Outcomes, ACSIP 2011, Proceedings. 2011;
 22. Guerra-Guerrero V, Miño-González C, Poblete-Troncoso M, Cofré-González C, Vásquez P, Jara Rojas A. Innovación curricular en la educación superior: Experiencias vividas por docentes en una Escuela de Enfermería. *Univ Salud.* 2017 Dec;20:53.
 23. Casanova MA. El Diseño Curricular como Factor de Calidad Educativa. *REICE Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación [Internet].* 2012;10(4). Available from: <https://revistas.uam.es/reice/article/view/2984>
 24. Blanco R. La Equidad y la Inclusión Social: Uno de los desafíos de la Educación y la Escuela Hoy. *Revista latinoamericana de educación inclusiva, ISSN 0718-5480, ISSN-e 0718-7378, Vol 1, N° 1, 2007 (Ejemplar dedicado a: Miscelánea), págs 9-18 [Internet].* 2007 [cited 2025 Sep 14];1(1):9–18. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9806759&info=resumen&idioma=ENG>
 25. Acevedo-Gutiérrez LE, Cartagena-Rendón CM, Palacios-Moya L, Gallegos-Ruiz-Conejo AL. Análisis comparativo de mallas curriculares de programas tecnológicos de mercadeo. *Revista CEA [Internet].* 2019;5(9):97–112. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/6381/638169086006/html/>
 26. Rivas R, Vilcahuamán L, Cieza M, Clark T, Voigt HF. Biomedical engineering education in Peru in 2015: A unique and innovative collaboration in Latin America. *IFMBE Proc [Internet].* 2015 [cited 2025 Sep 15];51:1612–5. Available from:

- <https://www.scopus.com/pages/publications/84944327898?origin=resultslist>
27. Cano E. Evaluación de la calidad educativa. [http://ist-iiiep.iiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=011551/\(100\)](http://ist-iiiep.iiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=011551/(100)). 1998 Jan;
 28. Mantas J. Biomedical and Health Informatics Education - the IMIA Years. *Yearb Med Inform*. 2016 Aug;Suppl 1(Suppl 1):S92–S102.
 29. Leandro AIC. El aprendizaje basado en problemas (ABP) como predictor del desempeño académico. *Revista ConCiencia EPG* [Internet]. 2024;9(1):67–89. Available from: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/717/7174847004/>
 30. Darío R, Arenas M, Eladio H, Caycho C, Delgado Baltazar MP. Método ABP y aprendizaje de vectores en estudiantes universitarios: una revisión de la literatura científica del 2015 – 2020. *TecnoHumanismo*, ISSN-e 2710-2394, Vol 1, N° 9, 2021 (Ejemplar dedicado a: Energías Renovables), págs 52-68 [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep 14];1(9):52–68. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8179021&info=resumen&idioma=SPA>
 31. Meza LKH, Serna LIP. Necesidades educativas especiales en Perú: una revisión sistemática. *Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación* [Internet]. 2024 Oct;10(20):25–47. Available from: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_arete/article/view/28346
 32. Albanese MA, Mitchell S. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Acad Med*. 1993 Jan;68(1):52–81.
 33. Tijerina LBM. La Metodología ABP una Opción para el Desarrollo de la Inteligencia Emocional. *Revista de Investigación e Innovación Educativa* [Internet]. 2023 May;1(1):17–22. Available from: <https://rinve.mx/rv/article/view/3>
 34. Jesus Marlene Julca-Asto MI, Luby Duran-Llaro KI. El método Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el proceso enseñanza – aprendizaje. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol 7, N° 6 (JUNIO 2022), 2022, págs 2310-2321 [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 14];7(6):2310–21. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042489&info=resumen&idioma=ENG>
 35. Bueno PM. Aprendizaje basado en problemas (ABP) y habilidades de pensamiento crítico ¿una relación vinculante? *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* [Internet]. 2018 Apr;21(2):91–108. Available from: <https://revistas.um.es/reifop/article/view/323371>
 36. Camayo G, Leon G, Alvitez J, Mendoza R, Temoche A, Munive-Degregori A, et al. Emotional intelligence, depression, and risk factors in pregnant Peruvian Andean adolescents: A multivariate logistic regression study. *Int J Prev Med*. 2022 Jan 1;13(1):148.
 37. Potu BK, Shwe WH, Jagadeesan S, Aung T, Cheng PS. Scope of Anatomy Teaching in Problem-based Learning (PBL) Sessions of Integrated Medical Curriculum. *International Journal of morphology* [Internet].

- 2013;31(3):899–901. Available from:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9484303>
38. León-Untiveros G, Garcia-Lino C, Rosales-Pariona I, León-Untiveros J, Huamani-Huaracca A, Ramos-Cosi S, et al. Comparative and Quantitative Analysis of Vulnerability in Emergency Situations in Schools for Children Under 13 Years of Age Pre and Post-Pandemic In PERU. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2024;72(5):243–51.
 39. León-Untiveros G, Garcia-Lino C, Rosales-Pariona I, León-Untiveros J, Huamani-Huaracca A, Ramos-Cosi S, et al. Systematic Review on Technological Devices for Anemia Screening from 2003 to 2024. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2024;72(5):203–15.
 40. Higuera Reyes DM. Revisión sistemática PRISMA. Evaluación de Algoritmos y modelos para la toma de decisiones en la gestión de enfermedades crónicas como la Diabetes Mellitus Tipo II. 2021 Sep; Available from: <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/32668>
 41. Sánchez Serrano S, Pedraza Navarro I, Donoso González M. ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA?: Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Bordón: Revista de pedagogía*, ISSN-e 2340-6577, ISSN 0210-5934, Vol 74, N° 3, 2022, págs 51-66 [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 15];74(3):51–66. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8583045&info=resumen&idioma=SPA>
 42. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021 Mar;372:n71.
 43. Fabiano N, Gupta A, Bhambra N, Luu B, Wong S, Maaz M, et al. How to optimize the systematic review process using AI tools. *JCPP Advances* [Internet]. 2024;4(2):e12234. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcv2.12234>
 44. Passas I. Bibliometric Analysis: The Main Steps. *Encyclopedia* 2024, Vol 4, Pages 1014-1025 [Internet]. 2024 Jun 20 [cited 2025 Sep 15];4(2):1014–25. Available from: <https://www.mdpi.com/2673-8392/4/2/65/htm>
 45. Vilcahuamán L, Rivas R. Health technopole: innovation applied to clinical engineering & health technology management education. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* [Internet]. 2010 [cited 2025 Sep 15];2010:6837–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21096296/>
 46. Aguascalientes DE, Iván J, Rave P. El artículo de revisión sistemática como vehículo de escritura, investigación y publicación en ingeniería. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, ISSN-e 1665-4412, N° 64, 2015, págs 70-77 [Internet]. 2015 [cited 2025 Sep 15];(64):70–7. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5470294&info=resumen&idioma=ENG>
 47. Chen J, Kolmos A, Du X. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education* [Internet]. 2021 [cited 2025 Sep 15];46(1):90–115.

- Available from: <https://vbn.aau.dk/en/publications/forms-of-implementation-and-challenges-of-pbl-in-engineering-educ>
48. Arriola Castro CL, Jacobi Romero DJ, Flores Lezama TC, Gonzales Agama SH, Arriola Castro CL, Jacobi Romero DJ, et al. Revisión sistemática sobre Aprendizaje Basado en Proyectos en estudiantes de educación básica. *Revista Tribunal* [Internet]. 2024 Jul;4(8):222–41. Available from: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2959-65132024000200222&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 49. Jin Q, Leaman R, Lu Z. PubMed and beyond: biomedical literature search in the age of artificial intelligence. *EBioMedicine* [Internet]. 2024 Feb;100. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964\(24\)00023-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/ebiom/article/PIIS2352-3964(24)00023-9/fulltext)
 50. Montesinos L, Salinas-Navarro DE, Santos-Diaz A. Transdisciplinary experiential learning in biomedical engineering education for healthcare systems improvement. *BMC Med Educ*. 2023 Apr;23(1):207.