

Prebióticos y asma: perspectivas actuales y direcciones futuras a partir de un análisis bibliométrico

Prebiotics and asthma: current insights and future directions from a bibliometric analysis

A Farih Raharjo,^{1,2*}  Hamzah Haryo Prakoso,¹  Andre Setiawan,¹  Lisana Sidqi Aliya,¹  Tika Tazkiya Tasnim¹ 

¹Facultad de Medicina, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

²Departamento de Neumología y Medicina Respiratoria, Hospital General Dr. Moewardi, Surakarta, Indonesia

Recepción: 10/05/2026

Aceptación: 26/05/2026

Publicación: 30/06/2026

*Correspondencia: A. Farih Raharjo, Sp.P (K). farih_raharjo@staff.uns.ac.id

Resumen

ANTECEDENTES: Los prebióticos han recibido atención como estrategia de modulación del microbioma en pacientes con asma, debido a su influencia en la regulación inmunitaria a través del eje intestino-pulmón. Sin embargo, la evidencia relacionada con los prebióticos y el asma permanece distribuida entre diferentes disciplinas.

OBJETIVO: Mapear las tendencias globales de investigación, influencias de los contribuyentes y desarrollo temático en la investigación acerca de los prebióticos y el asma mediante un análisis bibliométrico.

MÉTODOLOGÍA: Se analizaron artículos y revisiones en inglés indexados en Scopus. Los términos relacionados con prebióticos y simbióticos se combinaron mediante OR y luego se vincularon con términos asociados con asma mediante AND. Los registros elegibles se evaluaron por su relevancia para prebióticos y asma. El análisis bibliométrico se llevó a cabo con Biblioshiny y VOSviewer para evaluar la producción científica, influencia de los contribuyentes, efecto de la citación, co-ocurrencia de palabras clave y tendencias temporales.

RESULTADOS: Se incluyeron 296 publicaciones de 166 fuentes. La primera publicación elegible apareció en 2002. La producción anual aumentó con el tiempo, con una tasa de crecimiento de 13.66%, y la mayor cantidad de publicaciones se registró en 2024. Las revisiones superaron a los artículos originales. Estados Unidos fue el principal país contribuyente, seguido de Australia, Países Bajos, Italia y China. El análisis de palabras clave identificó tres dominios: 1) estudios mecanísticos e inmunológicos, 2) prevención temprana de alergias y 3) modulación centrada en la microbiota. El análisis de tendencias mostró un cambio en el microbioma intestinal, los ácidos grasos de cadena corta, la disregulación inmunitaria y el eje intestino-pulmón.

CONCLUSIÓN: La investigación acerca de prebióticos y asma es reciente, pero creciente. La evidencia traslacional específica para asma sigue siendo limitada, por lo que se requieren estudios clínicos estandarizados y enfoques multiómicos integrativos.

PALABRAS CLAVE: Asma; Alergia; Análisis bibliométrico; Prebióticos; Simbióticos; Estados Unidos; Australia; Países Bajos; China; Microbioma intestinal; Ácidos grasos de cadena corta; Eje intestino-pulmón; Enfoques multiómicos.

Abstract

BACKGROUND: Prebiotics have gained attention as a microbiome-modulating strategy in asthma because they may influence immune regulation through the gut–lung axis. However, evidence on prebiotics and asthma remains distributed across allergy, immunology, nutrition, microbiology, and respiratory medicine.

OBJECTIVES: This study aimed to map global research trends, influential contributors, and thematic development in prebiotics–asthma research using bibliometric analysis.

METHODOLOGY: This bibliometric study analyzed English-language articles and reviews indexed in Scopus. Prebiotic-related and synbiotic-related terms were combined using OR and then linked with asthma-related terms using AND. Eligible records were screened for relevance to prebiotics and asthma. Bibliometric analyses and visualizations were performed using Biblioshiny and VOSviewer to evaluate publication output, leading contributors, citation impact, keyword co-occurrence, and temporal research trends.

RESULTS: A total of 296 publications from 166 sources were included. The earliest eligible publication was published in 2002. Annual scientific production increased over time, with an annual growth rate of 13.66% and the highest output in 2024. Review articles outnumbered original articles. The

United States was the leading contributor, followed by Australia, the Netherlands, Italy, and China. Keyword analysis identified three major domains: mechanistic and immunologic studies, early-life allergy prevention, and microbiota-focused modulation. Trend analysis showed a shift toward gut microbiome, short-chain fatty acids, immune dysregulation, and gut–lung axis.

CONCLUSION: Prebiotics–asthma research is a relatively recent but steadily growing field with increasing emphasis on microbiome-mediated and mechanistic pathways. However, asthma-specific translational evidence remains limited, supporting the need for standardized clinical studies and integrative multi-omic approaches.

KEYWORDS: Asthma; Allergy; Bibliometrics analysis; Prebiotics; Symbiotics; United States; Australia; Netherlands; China; Gut microbiome; Short-chain fatty acids; Gut-lung axis; multi-omic approaches.

INTRODUCCIÓN

El asma sigue siendo un importante problema de salud mundial, que afecta a más de 260 millones de personas en todo el mundo y contribuye sustancialmente a la morbilidad y la mortalidad.¹ Más allá de la inflamación de las vías respiratorias y la broncoconstricción, se ha prestado cada vez más atención al papel del microbioma en las enfermedades inflamatorias crónicas, incluido el asma, en particular a través del eje intestino-pulmón.^{2,3} Las perturbaciones microbianas en los primeros años de vida se han relacionado con una maduración inmunitaria aberrante y la consiguiente susceptibilidad a las enfermedades alérgicas de las vías respiratorias, lo que respalda el concepto de que el asma puede estar influenciada, al menos en parte, por una programación inmunitaria dependiente de la microbiota.^{2,4} Entre los mecanismos propuestos, los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) han surgido como mediadores clave, ya que pueden atenuar la inflamación alérgica de las vías respiratorias al mejorar las vías inmunitarias reguladoras y mantener la homeostasis epitelial.^{5,6}

Las intervenciones de modulación del microbioma se han convertido, por tanto, en una importante área de interés en la investigación del asma y las enfermedades alérgicas. Estas intervenciones incluyen conceptos relacionados pero distintos. Los probióticos son microorganismos vivos que pueden proporcionar beneficios para la salud, mientras que los prebióticos son sustratos que favorecen selectivamente a los microbios endógenos beneficiosos y su actividad metabólica, incluida la producción de ácidos grasos de cadena corta. Los simbióticos combinan microorganismos

vivos con sustratos destinados a favorecer la persistencia o actividad microbiana.^{7,8} En este estudio, el enfoque fue el panorama de la investigación sobre prebióticos y asma, mientras que los simbióticos y los conceptos relacionados con el microbioma se consideraron cuando aparecieron en la literatura recuperada.

A pesar del creciente interés en esta área, la investigación sobre prebióticos y simbióticos en el asma sigue estando dispersa en la alergología, la inmunología, la nutrición, la microbiología y la medicina respiratoria. Esta fragmentación dificulta identificar cómo se ha desarrollado el campo, qué contribuyentes y publicaciones han dado forma a la literatura y qué temas están surgiendo. El mapeo bibliométrico puede ayudar a abordar esta brecha al resumir los patrones de publicación, las estructuras de citación, los principales contribuyentes y la evolución de las palabras clave en un campo de investigación multidisciplinario.⁹ En consecuencia, este estudio tuvo como objetivo mapear las tendencias globales de investigación, los contribuyentes influyentes y el desarrollo temático en la investigación sobre prebióticos y asma utilizando el análisis bibliométrico.

MÉTODOS

Este estudio bibliométrico se llevó a cabo a través de cuatro etapas secuenciales: búsqueda de fuentes y estrategia, criterios de elegibilidad y selección, extracción de datos y control de calidad, y análisis y síntesis de datos. El flujo de trabajo completo de selección y análisis del estudio, incluido el número de registros identificados, excluidos e incluidos en el análisis final, se presenta en **Figura 1**.

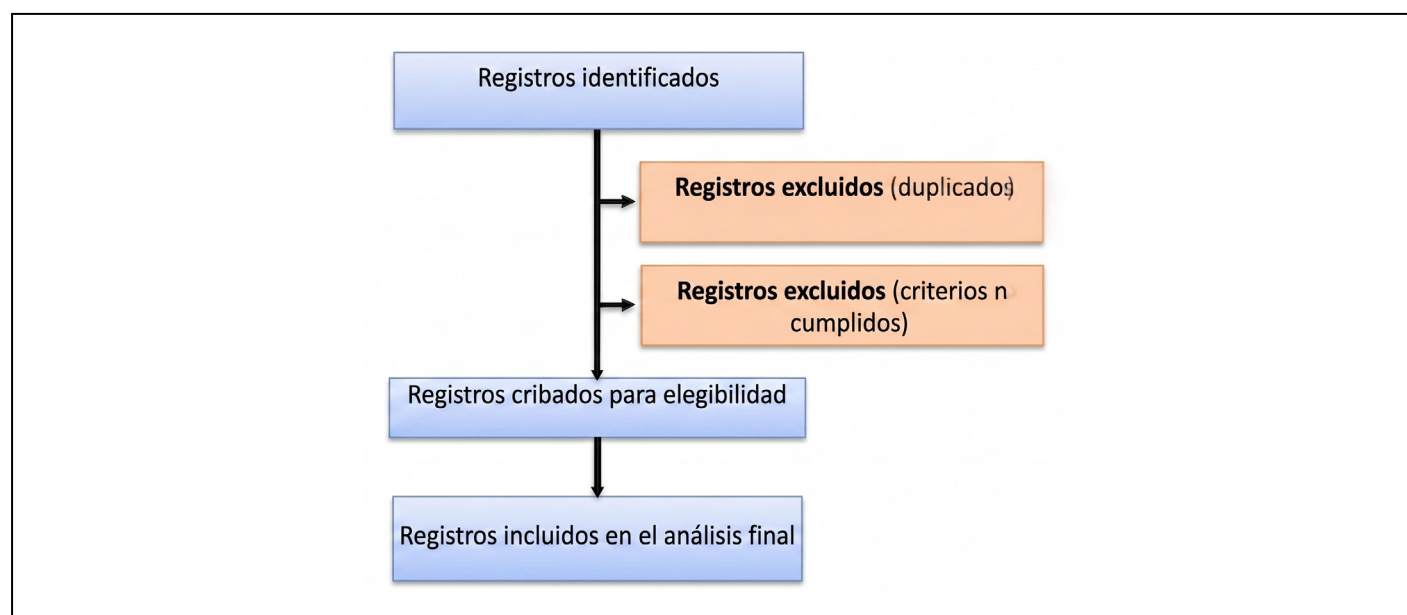


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección y análisis del estudio.

Búsqueda de fuentes y estrategia

Los registros bibliográficos se recuperaron de la base de datos Scopus debido a su amplia cobertura de literatura biomédica y de ciencias de la vida y su compatibilidad con las herramientas de análisis bibliométrico. La búsqueda se aplicó a los campos TITLE-ABS-KEY sin restricción de año de publicación. Los términos relacionados con prebióticos y los términos relacionados con simbióticos se combinaron utilizando OR, y el conjunto resultante se combinó con términos relacionados con el asma utilizando AND. La búsqueda inicial en Scopus identificó 678 registros. Tras aplicar filtros de base de datos para la etapa de publicación final, idioma inglés y tipo de documento limitado a artículos o revisiones, se excluyeron 114 registros. Los registros restantes fueron seleccionados utilizando criterios de elegibilidad predefinidos de título/resumen y texto completo. Los desacuerdos durante la selección se resolvieron por consenso entre los tres revisores; si no se llegaba a un consenso, la decisión final se tomaba por mayoría de votos basada en los criterios de elegibilidad y exclusión predefinidos. Un total de 296 registros cumplieron con los criterios de elegibilidad y se incluyeron en el análisis bibliométrico final.

Extracción y análisis de datos

La extracción de datos se basó en variables bibliométricas estandarizadas, incluida la autoría, el título del artículo, las afiliaciones institucionales, las palabras clave, la revista fuente, el recuento de citas y el año de publicación. La visualización y el análisis bibliométricos se realizaron utilizando Biblioshiny del paquete Bibliometrix R (versión 4.1.3) y VOSviewer (versión 1.6.18).^{10,11} Los análisis incluyeron el mapeo bibliométrico descriptivo de la producción de publicaciones, los patrones de citación, los principales contribuyentes y las características de las fuentes, junto con el mapeo de co-ocurrencia de palabras clave y el análisis de temas de tendencia. El análisis de co-ocurrencia de palabras clave se realizó en VOSviewer utilizando conteo completo, un umbral de ocurrencia mínima de palabra clave de 15 y normalización de fuerza de asociación. Se aplicó un archivo de tesoro para armonizar términos sinónimos y variantes, y se utilizó un archivo de lista de eliminación para excluir términos no informativos. La interpretación siguió los procedimientos bibliométricos establecidos considerando las limitaciones inherentes a los indicadores bibliométricos.¹²

RESULTADOS

Información principal

Se recuperaron un total de 296 publicaciones sobre asma y prebióticos de 166 fuentes. Aunque no se aplicó ninguna restricción temporal durante la búsqueda, la publicación más temprana identificada en el conjunto de datos se publicó en 2002. La producción científica anual (**Figura 2A**) mostró un aumento general con el tiempo, con una tasa de crecimiento anual del 13.66% y la mayor producción registrada en 2024 (32 artículos). El conjunto de datos incluyó 1,249 autores, con una tasa de coautoría internacional del 25.68% y un promedio de 5.13 coautores por documento. Los artículos de revisión (n = 188) superaron en número a los artículos originales (n = 108). El promedio de citas por año (**Figura 2B**) fluctuó a lo largo del período de estudio y

alcanzó su nivel más alto alrededor de 2010, mientras que la producción de publicaciones continuó aumentando en años posteriores.

Productividad de autores, países, instituciones y fuentes clave

Figura 3 presenta los principales contribuyentes en términos de autores, países, instituciones y fuentes. Johan Garssen fue el autor más prolífico, seguido de Gert Folkerts y Susan L. Prescott, mientras que los restantes autores principales contribuyeron dentro de un rango de publicación más estrecho. A nivel de país, Estados Unidos lideró la producción de investigación, seguido de Australia, Países Bajos, Italia y China. Otros países con alta contribución incluyeron Canadá, Alemania, Reino Unido, España y Francia. A nivel institucional, el Utrecht Institute for Pharmaceutical Sciences ocupó el primer lugar, seguido por la University of Rochester School of Medicine and Dentistry y la Universiteit Utrecht. Otras instituciones altamente productivas incluyeron The University of British Columbia, The University of Western Australia y la Università degli Studi di Milano. En términos de productividad por fuente, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *Nutrients* y *Frontiers in Immunology* fueron las fuentes líderes, seguidas de *Allergy*, *Clinical and Experimental Allergy*, *Frontiers in Pediatrics* y *World Allergy Organization Journal*.

Publicaciones más citadas e impacto de citación

La presenta las 10 publicaciones más citadas sobre investigación de prebióticos, simbióticos y asma, clasificadas por citas totales, citas por año y citas totales normalizadas. La publicación más citada fue *The First Microbial Colonizers of the Human Gut: Composition, Activities, and Health Implications of the Infant Gut Microbiota*, con 1,466 citas totales y 162.89 citas por año. La segunda publicación clasificada fue *Probiotics and prebiotic galacto-oligosaccharides in the prevention of allergic diseases: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial*, con 643 citas totales y 33.84 citas por año. Varias publicaciones también mostraron valores altos de citación normalizada. *The First Microbial Colonizers of the Human Gut* tuvo una puntuación de citación total normalizada de 9.48, seguida de *Bifidobacteria-mediated immune system imprinting early in life* (8.88) y *Postbiotics—A Step Beyond Pre- and Probiotics* (6.35). Otras publicaciones altamente citadas incluyeron *The Gastrointestinal Microbiome: A Review* (520 citas), *Production of Chitooligosaccharides and Their Potential Applications in Medicine* (518 citas) e *Inflammatory Disease Processes and Interactions with Nutrition* (483 citas).

En general, las publicaciones más citadas abordaron la microbiota intestinal infantil, intervenciones con prebióticos y probióticos, postbióticos, bifidobacterias, nutrición, composición del microbioma gastrointestinal y regulación inmunitaria. En las 10 publicaciones principales, las citas totales oscilaron entre 414 y 1,466, las citas por año oscilaron entre 18.82 y 162.89, y las citas totales normalizadas oscilaron entre 1.54 y 9.48.

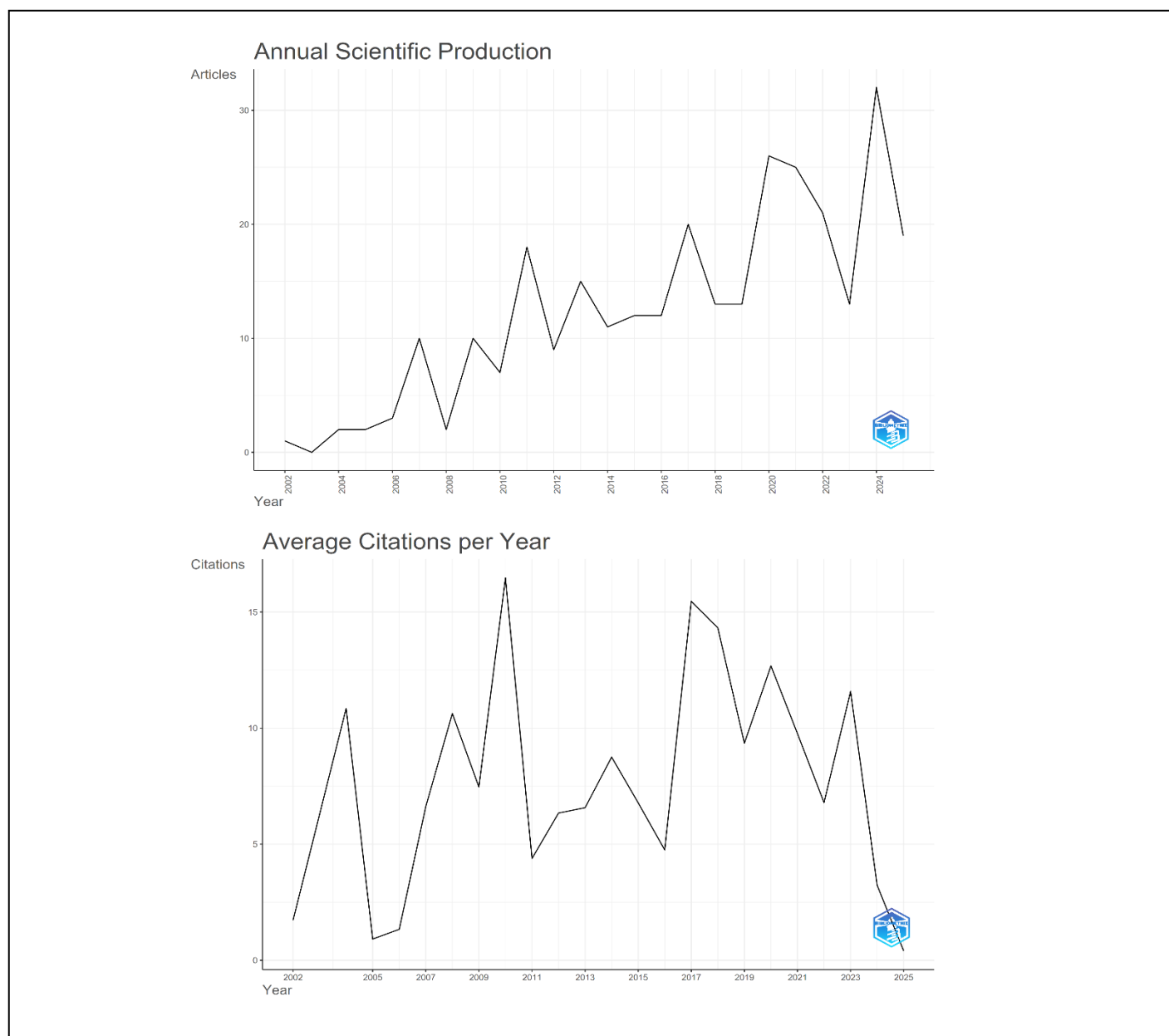


Figura 2. Características generales del conjunto de datos bibliométricos. **A)** Producción científica anual sobre prebióticos y asma de 2002 a 2025. **B)** Promedio de citas por año a lo largo del período de estudio.

Estructura de palabras clave y evolución temporal

La red de coocurrencia y el análisis de temas de tendencia de la investigación sobre prebióticos y asma se muestran en la **Figura 4**. La red de coocurrencia se organizó en torno a tres dominios principales: estudios mecanísticos e inmunológicos (clúster azul), prevención de alergias en los primeros años de vida (clúster verde) y modulación centrada en la microbiota (clúster rojo). El clúster azul incluyó *asma*, *animales*, *oligosacáridos*, *ácidos grasos de cadena corta*, *inflamación del tracto respiratorio*, *citocinas* y *linfocitos T reguladores*. El clúster verde vinculó *enfermedad alérgica*, *alergia alimentaria*, *embarazo*, *lactante* y *prevención*. El clúster rojo estuvo anclado por *prebióticos*, *probióticos*, *microbioma*, *microbioma intestinal*, *disbiosis* y *microbiología*. Los nodos periféricos incluyeron *eje intestino-pulmón*, *población de*

alto riesgo, *alimentación del lactante*, *macrófago*, *eosinófilo*, *células Th17* y *linfocito CD4⁺*.

El análisis de temas de tendencia mostró una progresión temporal en la investigación de prebióticos y asma de 2005 a 2024. Los primeros estudios (2005–2010) enfatizaron principalmente antioxidantes, vitaminas (*ácido ascórbico*, *betacaroteno*, *selenio*, *alfatocoferol*) y actividad antineoplásica o antiinflamatoria. Entre 2011 y 2016, los términos que aparecieron con frecuencia incluyeron *ensayo controlado aleatorizado*, *estudio clínico*, *lactante*, *enfermedad alérgica*, *inmunoglobulina* y *cesárea*. A partir de 2017, los términos dominantes incluyeron *microbioma intestinal*, *ácidos grasos de cadena corta*, *Faecalibacterium*, *Bacteroides*, *eje intestino-pulmón*, *desregulación inmunitaria* y *citocina*. Las palabras clave más recientes también incluyeron *trasplante de microbiota fecal*, *fenotipo* y *contaminación del aire*.

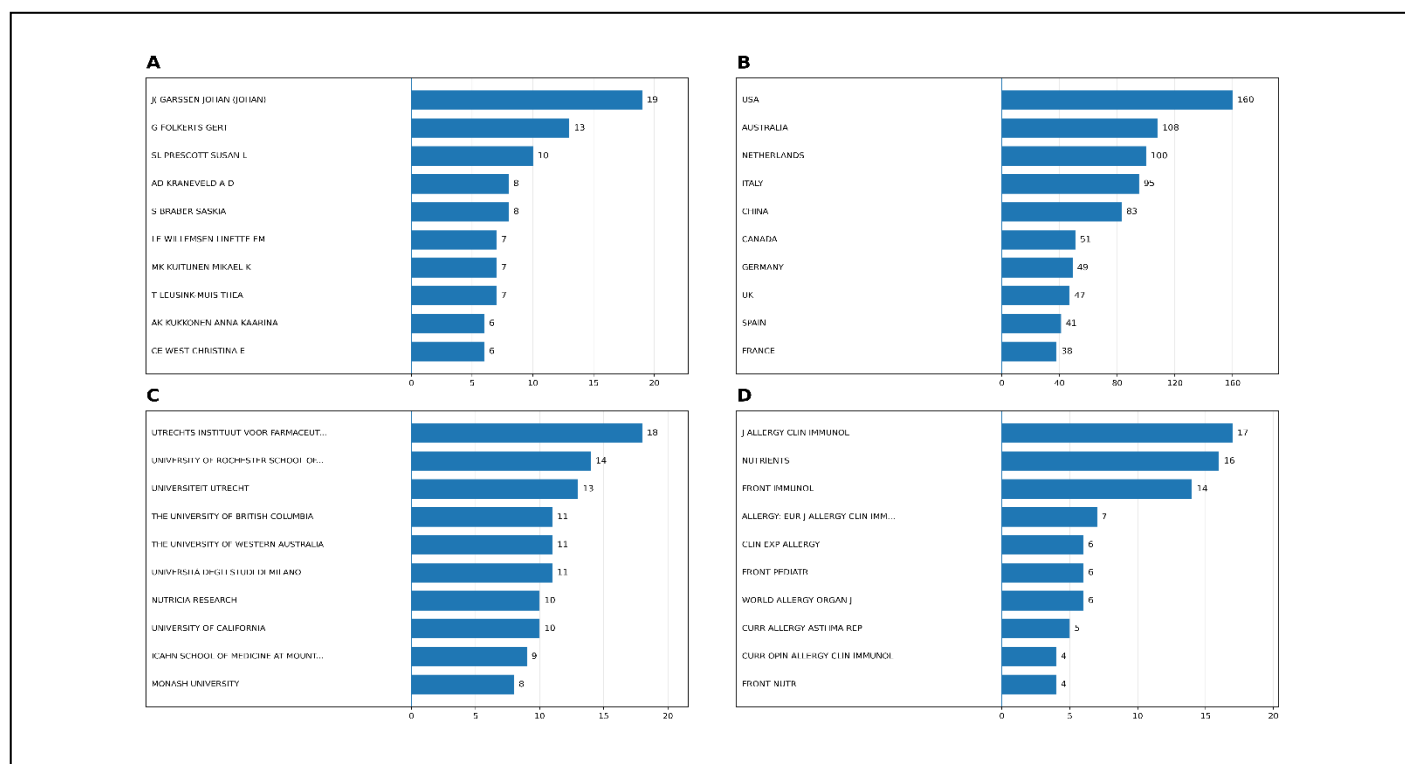


Figura 3. Autores (A), países (B), instituciones (C) y fuentes (D) más productivos en el conjunto de datos bibliométricos, clasificados por número de publicaciones.

DISCUSIÓN

Descripción general

Este análisis bibliométrico proporciona una visión actualizada de las tendencias mundiales de investigación sobre prebióticos y asma, destacando un campo que es relativamente reciente pero que se expande de forma constante. Aunque no se aplicó ninguna restricción temporal, la publicación elegible más temprana en el presente conjunto de datos apareció en 2002, y la producción científica anual aumentó gradualmente con el tiempo, con fluctuaciones interanuales, alcanzando su punto máximo en 2024. Este patrón es consistente con el creciente interés científico en el eje intestino-pulmón como marco biológico que vincula la dieta, los metabolitos microbianos y la inflamación de las vías respiratorias.^{2,3,13}

Otro hallazgo notable es que los artículos de revisión superaron en número a los artículos originales. Este patrón sugiere que el campo permanece en una fase de consolidación, con un esfuerzo sustancial dirigido a sintetizar la evidencia mecanística y traslacional, mientras que la investigación de intervención específica para el asma sigue siendo comparativamente limitada. El perfil de citación indica además que la base intelectual de este campo está fuertemente conformada por la literatura más amplia sobre el microbioma, la nutrición y la regulación inmunitaria. Varias publicaciones muy citadas abordaron la microbiota intestinal infantil, las bifidobacterias, los postbióticos, la composición del microbioma gastrointestinal, la nutrición y la maduración inmunitaria, en lugar de intervenciones prebióticas específicas para el asma. Por lo tanto, el im-

pacto de las citas en este conjunto de datos debe interpretarse como un reflejo de los conceptos fundamentales que informaron la investigación sobre prebióticos y asma, no como evidencia directa de avances en los estudios de intervención específicos para el asma. Esta distinción es importante porque la evidencia traslacional específica para el asma sigue siendo comparativamente limitada, a pesar de la sólida base mecanística que vincula los metabolitos microbianos, la regulación inmunitaria y la inflamación de las vías respiratorias.^{4,14-16} Estos hallazgos basados en citas deben interpretarse dentro del alcance de la literatura indexada en Scopus, ya que la acumulación de citas puede variar según las bases de datos bibliográficas y los históricos de indexación.

Desde una perspectiva geográfica, la productividad de la investigación estuvo liderada por Estados Unidos, seguido de Australia, Países Bajos, Italia y China. A nivel institucional, el Utrecht Institute for Pharmaceutical Sciences, la University of Rochester School of Medicine and Dentistry y la Universiteit Utrecht fueron las afiliaciones más productivas, mientras que *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, *Nutrients* y *Frontiers in Immunology* fueron las principales fuentes de publicación. Esta distribución refleja el carácter multidisciplinario del campo, que también ha sido descrito en la literatura más amplia en la interfaz de la alergia, la inmunología, la ciencia del microbioma y la nutrición.^{7,8,15} La contribución de los centros norteamericanos y europeos puede reflejar la presencia de una infraestructura de investigación del microbioma establecida, que incluye grandes iniciativas de colaboración en Estados Unidos y redes dedicadas al microbioma traslacional en los Países Bajos. Mientras tanto, la presen-

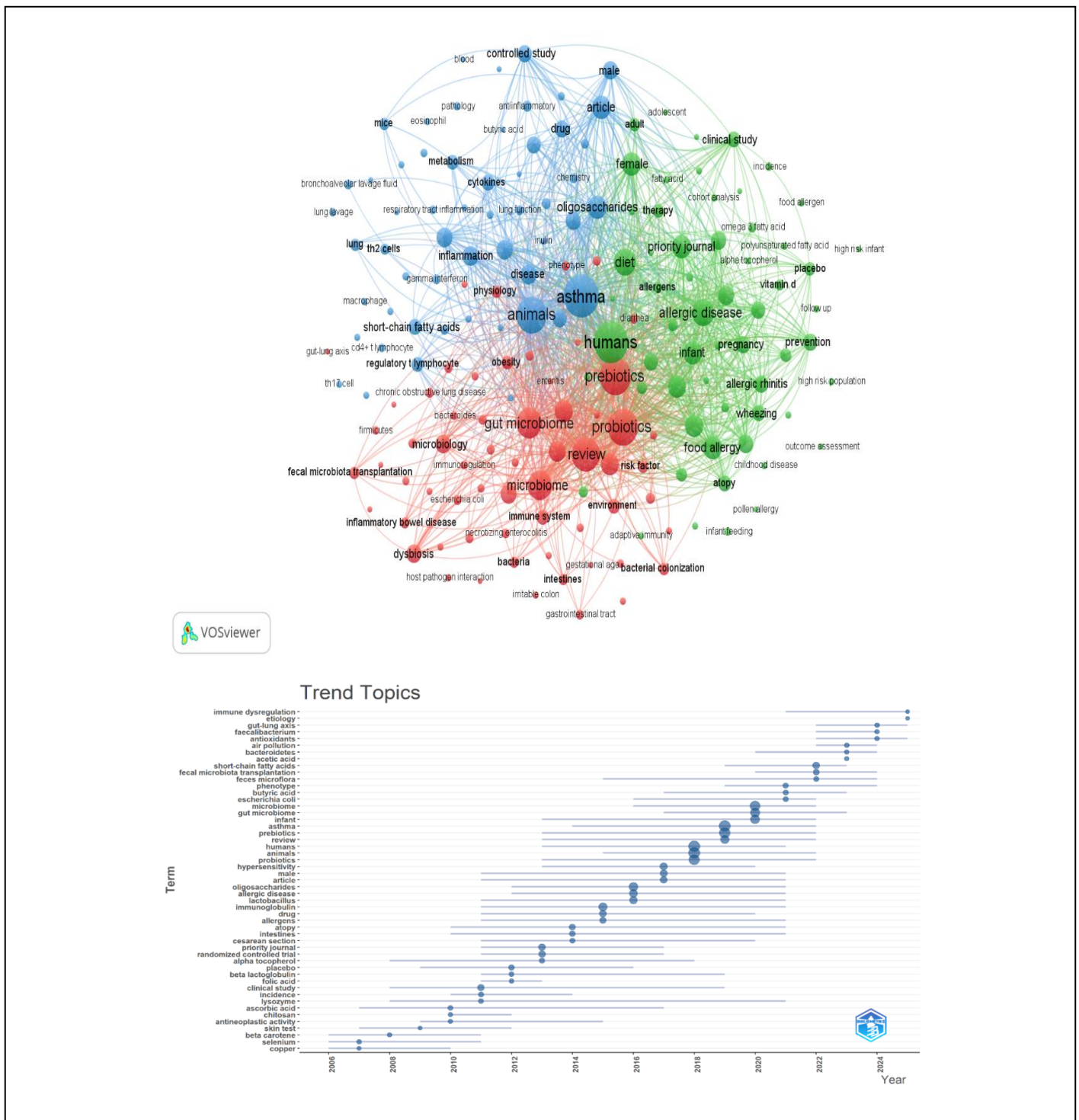


Figura 4. Estructura de palabras clave y evolución temporal en la investigación sobre prebióticos y asma. **(A)** Mapeo de la red de co-ocurrencia de palabras clave de autor, que muestra los principales grupos temáticos relacionados con el asma, la modulación del microbioma, las enfermedades alérgicas y la investigación de prebióticos/probióticos. **(B)** Análisis de temas de tendencia que muestra la distribución temporal de los términos recurrentes y el cambio en el enfoque de la investigación desde temas tempranos relacionados con la nutrición y los antioxidantes hacia el microbioma intestinal, la disregulación inmunitaria y las intervenciones basadas en la microbiota.

cia de China entre los principales contribuyentes puede sugerir una diversificación geográfica en curso en esta área. Sin embargo, este patrón debe interpretarse como una representación de la literatura indexada en Scopus. La prominencia de determinados países, instituciones y revis-

tas puede reflejar en parte su mayor visibilidad dentro de las redes de publicación indexadas en Scopus, mientras que las revistas regionales, locales, no inglesas o no indexadas pueden estar menos representadas.

Evidencia mecanística y traslacional sobre la modulación de prebióticos en el asma

El cambio temático hacia el microbioma intestinal, los ácidos grasos de cadena corta, la disregulación inmunitaria y el eje intestino-pulmón es biológicamente plausible y está respaldado por la literatura mecanística actual. Los prebióticos se discuten cada vez más no sólo como sustratos dietéticos, sino también como moduladores de la interacción entre el huésped y los microbios a través de su capacidad para estimular microbios endógenos beneficiosos y mejorar la producción de ácidos grasos de cadena corta.^{6,8,16,17} Entre estos metabolitos, el acetato, el propionato y el butirato son particularmente relevantes porque se han relacionado con vías inmunitarias reguladoras implicadas en la inflamación alérgica de las vías respiratorias.^{5,6,17-19} Los estudios experimentales han demostrado que los AGCC pueden atenuar la inflamación de las vías respiratorias a través de efectos en las células T reguladoras, el equilibrio de las citocinas, la homeostasis epitelial y la polarización de los macrófagos.¹⁷⁻²² Estos mecanismos proporcionan una base biológica para la creciente prominencia de los temas relacionados con el microbioma y los metabolitos en el presente análisis bibliométrico.

Sin embargo, la traducción de estos hallazgos mecanísticos a la práctica clínica específica del asma sigue siendo limitada. En comparación con los probióticos, los prebióticos y los simbióticos se han estudiado menos extensamente en entornos clínicos específicos del asma, a pesar de su ventaja conceptual de modular la función microbiana sin depender únicamente de la colonización persistente por organismos vivos exógenos.^{16,17,23} La evidencia clínica actual es difícil de sintetizar porque los estudios varían en la formulación del prebiótico, la dosis, la duración de la intervención, el momento de la exposición, los grupos de comparación y las definiciones de los resultados. Además, el asma en sí misma es heterogénea, con diferencias en el grupo de edad, el estado alérgico, el fenotipo inflamatorio, la gravedad de la enfermedad y la terapia de base que podrían modificar la respuesta a las intervenciones dirigidas al microbioma.

La heterogeneidad del microbioma complica aún más la traducción clínica. La composición microbiana basal, la dieta, la exposición a antibióticos, la geografía y los factores ambientales en los primeros años de vida pueden influir en si un sustrato prebiótico determinado produce efectos metabólicos o inmunológicos consistentes en todas las poblaciones. Como resultado, los hallazgos de los estudios mecanísticos o de cohortes clínicas seleccionadas pueden no ser directamente generalizables a poblaciones más amplias de asmáticos. Esta brecha entre la plausibilidad mecanística y la aplicabilidad clínica es consistente con el perfil bibliométrico observado en este estudio, donde los artículos de revisión superaron en número a los estudios originales y las publicaciones muy citadas estuvieron dominadas por la literatura fundacional sobre microbioma y nutrición en lugar de ensayos de intervención específicos para el asma.^{16,23,24}

Fortalezas, limitaciones y orientaciones futuras

Este estudio tiene varios puntos fuertes. Proporciona una visión bibliométrica actualizada del crecimiento de las

publicaciones, los principales contribuyentes, las publicaciones influyentes y el desarrollo temático en la investigación sobre prebióticos y asma utilizando herramientas de mapeo estandarizadas. Al combinar indicadores descriptivos con la co-ocurrencia de palabras clave y el análisis de temas de tendencia, captura tanto las dimensiones estructurales como las temporales de la literatura, lo cual es particularmente útil en un campo distribuido en múltiples disciplinas y fuentes de publicación.

También deben reconocerse varias limitaciones. En primer lugar, el análisis se restringió a la base de datos Scopus y a las publicaciones en lengua inglesa, lo que puede haber excluido estudios relevantes indexados en otros lugares o publicados en otras lenguas. En segundo lugar, los indicadores bibliométricos se ven influidos por la antigüedad de la publicación, el retraso en las citas y las prácticas de indexación, que pueden favorecer a los artículos conceptuales más antiguos o amplios frente a los estudios traslacionales más recientes. En tercer lugar, el presente análisis describe la estructura y la evolución de la literatura, pero no evalúa la calidad metodológica de los estudios individuales ni permite extraer conclusiones causales sobre la eficacia clínica. En cuarto lugar, el crecimiento observado en la producción de publicaciones puede reflejar en parte la expansión más amplia de la investigación del microbioma en la medicina, más que un aumento acelerado único en la investigación de prebióticos específicos para el asma.

Por lo tanto, las investigaciones futuras deberían centrarse en una mayor integración clínica. Serán necesarios más ensayos de prebióticos y simbióticos específicos para el asma, protocolos de intervención mejor estandarizados y una caracterización más clara de los fenotipos del asma para mejorar la comparabilidad entre los estudios y reforzar la relevancia traslacional. Además, los enfoques multiómicos que integran la metagenómica, la metabolómica y el inmunofenotipado pueden ayudar a aclarar cómo la función microbiana, y no solo la composición taxonómica, conforma la enfermedad alérgica de las vías respiratorias. También será importante una mayor diversificación geográfica, porque la composición del microbioma, la dieta y la epidemiología del asma varían según las poblaciones y pueden afectar a la generalización de los hallazgos actuales.

CONCLUSIÓN

Este análisis bibliométrico demuestra que la investigación sobre prebióticos y asma ha evolucionado hasta convertirse en un campo multidisciplinario en crecimiento que abarca la alergología, la inmunología, la ciencia del microbioma y la nutrición. La literatura ha pasado de temas generales de nutrición y alergias a la investigación mecanística de la modulación del microbioma intestinal, los ácidos grasos de cadena corta y la disregulación inmunitaria. Aunque el campo está respaldado por una base mecanística sustancial, la evidencia traslacional e intervencionista específica para el asma sigue siendo comparativamente limitada. Por lo tanto, las tendencias bibliométricas observadas deben interpretarse como indicadores del desarrollo de la investigación y no como evidencia de eficacia clínica. Los estudios

futuros deberían priorizar la validación clínica rigurosa, los protocolos de intervención estandarizados y la investigación multiómica.

DECLARACIONES

Información de subvenciones / divulgación financiera

Los autores no recibieron ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación en los sectores público, comercial o sin ánimo de lucro para este trabajo.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este manuscrito. La declaración de conflicto de intereses de cada autor se proporciona a continuación: A. Farih Raharjo, Sp.P(K) declara no tener conflictos de intereses relacionados con este manuscrito. Hamzah Haryo Prakoso, MD declara no tener conflictos de intereses relacionados con este manuscrito. Andre Setiawan, MD declara no tener conflictos de intereses relacionados con este manuscrito. Lisana Sidqi Aliya, MD declara no tener conflictos de intereses relacionados con este manuscrito. Tika Tazkiya Tasnim, MD declara no tener conflictos de intereses relacionados con este manuscrito.

Declaración de aprobación ética

Este estudio se basó exclusivamente en datos bibliográficos de literatura publicada indexada en Scopus. No involucró a participantes humanos, datos de pacientes, muestras biológicas, sujetos animales ni ninguna intervención. Por lo tanto, no se requirió la aprobación del comité de ética.

Declaración de consentimiento informado

No aplicable. Este estudio no involucró a participantes humanos, datos de pacientes ni información personal identificable.

Agradecimientos

Los autores no tienen agradecimientos que declarar.

Declaración de membresía en el consejo editorial

Los autores declaran que ninguno de ellos es miembro del consejo editorial de la revista.

Declaración sobre el uso de IA y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del manuscrito, los autores utilizaron ChatGPT (OpenAI) para apoyar la edición de idiomas, la claridad de las oraciones, el flujo del manuscrito y la consistencia del formato. Todos los resultados asistidos por IA fueron revisados, verificados con los datos originales y el contenido del manuscrito, y revisados manualmente por los autores según fuera necesario. Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido final del manuscrito.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos analizados en este estudio se obtuvieron de Scopus. El conjunto de datos bibliométricos final y los resultados del análisis están disponibles bajo petición razonable.

REFERENCIAS

- World Health Organization. Asthma 2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>
- Fрати F, Salvatori C, Incorvaia C, et al. The role of the microbiome in asthma: the gut-lung axis. *Int J Mol Sci* 2018; 20 (1): 123. doi:10.3390/ijms20010123
- Durack J, Lynch SV. The gut microbiome: relationships with disease and opportunities for therapy. *J Exp Med* 2019; 216 (1): 20-40. doi:10.1084/jem.20180448
- Fujimura KE, Lynch SV. Microbiota in allergy and asthma and the emerging relationship with the gut microbiome. *Cell Host Microbe* 2015; 17 (5): 592-602. doi:10.1016/j.chom.2015.04.007
- Cait A, Hughes MR, Antignano F, et al. Microbiome-driven allergic lung inflammation is ameliorated by short-chain fatty acids. *Mucosal Immunol* 2018; 11 (3): 785-795. doi:10.1038/mi.2017.75
- Trompette A, Gollwitzer ES, Yadava K, et al. Gut microbiota metabolism of dietary fiber influences allergic airway disease and hematopoiesis. *Nat Med* 2014; 20 (2): 159-166. doi:10.1038/nm.3444
- Fiocchi A, Cabana MD, Mennini M. Current use of probiotics and prebiotics in allergy. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2022; 10 (9): 2219-2242. doi:10.1016/j.jaip.2022.06.038
- Brosseau C, Selle A, Palmer DJ, Prescott SL, et al. Prebiotics: mechanisms and preventive effects in allergy. *Nutrients* 2019; 11 (8): 1841. doi:10.3390/nu11081841
- Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, et al. How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *J Bus Res* 2021; 133: 285-296. doi:10.1016/j.jbusres.2021.04.070
- van Eck NJ, Waltman L. Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics* 2017; 111 (2): 1053-1070. doi:10.1007/s11192-017-2300-7
- Aria M, Cuccurullo C. bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. *J Informetr* 2017; 11 (4): 959-975. doi:10.1016/j.joi.2017.08.007
- Ilyas MF, Lukas GA, Lado A, et al. A bibliometric study of worldwide scientific literature on somatopsychics (1913-2022). *Bratisl Lek Listy* 2024; 125 (7): 441-449. doi:10.4149/BLL_2024_68
- Dang AT, Marsland BJ. Microbes, metabolites, and the gut-lung axis. *Mucosal Immunol* 2019; 12 (4): 843-850. doi:10.1038/s41385-019-0160-6
- Kozyrskyj AL, Bahreinian S, Azad MB. Early life exposures. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 2011; 11 (5): 400-406. doi:10.1097/ACI.0b013e328349b166
- Barcik W, Boutin RCT, Sokolowska M, Finlay BB. The role of lung and gut microbiota in the pathology of asthma. *Immunity* 2020; 52 (2): 241-255. doi:10.1016/j.immuni.2020.01.007
- Sestito S, D'Auria E, Baldassarre ME, et al. The role of prebiotics and probiotics in prevention of allergic diseases in infants. *Front Pediatr* 2020; 8: 583946. doi:10.3389/fped.2020.583946
- Myhrstad MCW, Tunsjø H, Charnock C, Telle-Hansen VH. Dietary fiber, gut microbiota, and metabolic regulation-current status in human randomized trials. *Nutrients* 2020; 12 (3): 859. doi:10.3390/nu12030859
- Huang MT, Chiu CJ, Tsai CY, et al. Short-chain fatty acids ameliorate allergic airway inflammation via sequential induction of PMN-MDSCs and Treg cells. *J Allergy Clin Immunol Glob* 2023; 2 (4): 100163. doi:10.1016/j.jacig.2023.100163
- Vinolo MAR, Rodrigues HG, Nachbar RT, Curi R. Regulation of inflammation by short-chain fatty acids. *Nutrients* 2011; 3 (10): 858-876. doi:10.3390/nu3100858

- Huang T, Long Y, Ou Y, Li J, et al. Association between circulating fatty acid metabolites and asthma risk: a two-sample bidirectional Mendelian randomization study. *BMC Med Genomics* 2023; 16 (1): 112. doi:10.1186/s12920-023-01545-4
- Huang C, Du W, Ni Y, Lan G, et al. The effect of short-chain fatty acids on M2 macrophages polarization in vitro and in vivo. *Clin Exp Immunol* 2022; 207 (1): 53-64. doi:10.1093/cei/uxab028
- Yuan G, Wen S, Zhong X, et al. Inulin alleviates offspring asthma by altering maternal intestinal microbiome composition to increase short-chain fatty acids. *PLoS One* 2023; 18 (4): e0283105. doi:10.1371/journal.pone.0283105
- Fan D, Hu J, Lin N. Effects of probiotics, prebiotics, synbiotics and postbiotics on pediatric asthma: a systematic review. *Front Nutr* 2025; 12: 1586129. doi:10.3389/fnut.2025.1586129
- Sheng W, Ji G, Zhang L. Immunomodulatory effects of inulin and its intestinal metabolites. *Front Immunol* 2023; 14: 1224092. doi:10.3389/fimmu.2023.1224092

Tabla complementaria 1. Estrategia de búsqueda paso a paso en Scopus, detalles de los filtros y criterios de selección.

Etapas	Detalles	Registros
Búsqueda 1	TITLE-ABS-KEY (prebiotic* OR inulin OR "galactose oligosaccharide" OR "galactose oligomer" OR oligogalactose OR fructan* OR fructooligosaccharide* OR "fructo-oligosaccharide*" OR oligofructose OR galactooligosaccharide* OR "galacto-oligosaccharide*" OR oligosaccharide* OR lpdolax OR "Raftilose P95")	127,919
Búsqueda 2	TITLE-ABS-KEY (synbioti* OR synbiotic*)	6,453
Búsqueda 3	TITLE-ABS-KEY (asthma*)	332,224
Búsqueda 4	#1 OR #2	129,452
Búsqueda 5	#3 AND #4	678
Búsqueda 6	#5 AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))	564
	• Excluidos por etapa de publicación: artículo en prensa (n = 1).	1 excluido
	• Excluidos por idioma: Chino (n = 5), Alemán (n = 4), Español (n = 3), Francés (n = 3), Checo (n = 2), Ucraniano (n = 1), Ruso (n = 1), Polaco (n = 1), Japonés (n = 1).	21 excluidos
	• Excluidos por tipo de documento: capítulos de libros (n = 35), editoriales (n = 17), documentos de conferencias (n = 27), notas (n = 9), encuestas cortas (n = 5), cartas (n = 4), erratas (n = 2), libros (n = 1).	100 excluidos
Duplicados eliminados	No se identificaron duplicados.	0 excluidos
Cribado de título/resumen y texto completo	Se excluyeron los registros si no estaban relacionados con el asma, o si el asma se mencionaba solo como antecedente familiar. También se excluyeron los registros si las intervenciones se limitaban a probióticos, inulina u otros oligosacáridos utilizados como marcadores de permeabilidad intestinal, oligosacáridos endógenos/complejos como mucina, heparina, Le ^x y glicanos sulfatados que no se consideraban prebióticos, o productos herbales que no cumplieran con los criterios de prebióticos. El cribado de texto completo utilizó los mismos criterios basados en el contenido con confirmación del contenido completo del artículo.	268 excluidos
Resolución de desacuerdos	Los desacuerdos durante el cribado se resolvieron por consenso entre los tres revisores; si no se alcanzaba un consenso, la decisión final se tomaba por mayoría de votos basada en los criterios de elegibilidad y exclusión predefinidos.	—
Conjunto de datos final	Registros incluidos en el análisis bibliométrico final.	296

TITLE-ABS-KEY: campos de título, resumen y palabras clave en Scopus; PUBSTAGE: etapa de publicación; DOCTYPE: tipo de documento.

Los detalles específicos de cada categoría bajo la Búsqueda 6 describen los registros excluidos por los filtros de la base de datos Scopus. Estas categorías pueden solaparse y no deben sumarse como recuentos de exclusión mutuamente excluyentes.

Tabla complementaria 2A. Parámetros de construcción de la red.

Componente	Parámetro	Ajuste / Descripción
Software	Software utilizado	VOSviewer
Versión del software	Versión	1.6.18
Tipo de análisis	Tipo de análisis	Análisis de co-ocurrencia
Unidad de análisis	Unidad analizada	Palabras clave
Fuente de datos	Metadatos bibliográficos	Archivo de exportación de Scopus
Fuente de palabras clave	Campo de palabra clave	Palabras clave de autor y palabras clave indexadas disponibles en los metadatos de Scopus
Método de conteo	Enfoque de conteo	Conteo completo
Umbral de inclusión de palabras clave	Número mínimo de ocurrencias de palabras clave	15 ocurrencias
Normalización	Método de normalización	Fuerza de asociación
Clasificación por grupos (Clustering)	Inicios aleatorios	10
Clasificación por grupos (Clustering)	Iteraciones	10
Clasificación por grupos (Clustering)	Semilla aleatoria	0
Clasificación por grupos (Clustering)	Tamaño mínimo del grupo	1
Visualización de líneas de red	Fuerza mínima de línea	0
Visualización de líneas de red	Número máximo de líneas	10,000
Visualización	Peso del nodo	Ocurrencia
Armonización de términos	Archivo de tesauro	Aplicado para fusionar términos de palabras clave sinónimos, ortográficos, singulares/plurales y variantes antes de la visualización
Exclusión de términos	Archivo de lista de eliminación	Aplicado para excluir el término genérico no sustantivo "article" (artículo) antes de la visualización

VOSviewer: visualizador de similitudes (visualization of similarities viewer).

Tabla complementaria 2B. Mapeo de tesauro utilizado para la armonización de términos.

Etiqueta estandarizada	Etiquetas originales reemplazadas
alergenos	alergeno
enfermedad alérgica	enfermedad alérgica; trastornos alérgicos; alergia
animales	animal; célula animal; experimento animal; modelo animal; tejido animal; modelos de enfermedad, animal; no humano
antibióticos	agentes antibacterianos; agente antibiótico; terapia antibiótica
antiinfeccioso	agente antiinfeccioso
antiinflamatorio	actividad antiinflamatoria; agente antiinflamatorio
asma	asma alérgica
dermatitis atópica	dermatitis atópica; dermatitis, atópica
bacterias	bacteria
bifidobacterium	bifidobacteriaceae; bifidobacterium bifidum; bifidobacterium breve; bifidobacterium longum
lactancia materna	leche materna; amamantamiento; leche humana; leche, humana
niños	niño; niño, preescolar; niño en edad preescolar
estudio clínico	artículo clínico; ensayo clínico; ensayo clínico controlado; estudio clínico principal
citocinas	citocina; producción de citocinas
diabetes mellitus	diabetes mellitus dependiente de insulina
dieta	suplementación dietética; terapia dietética; fibra dietética; ingesta dietética; suplemento dietético; suplementos dietéticos
enfermedad	asociación de enfermedades; exacerbación de la enfermedad; modelo de enfermedad; predisposición a la enfermedad; gravedad de la enfermedad
fármaco	efectos de los fármacos; eficacia del fármaco; seguridad del fármaco; efecto del fármaco; terapia farmacológica; mecanismo del fármaco
disbiosis	desequilibrio microbiano
medio ambiente	ambiental; exposición ambiental; factor ambiental
alergia alimentaria	alergia alimentaria; hipersensibilidad alimentaria
alimentación con fórmula	leche artificial; leche de fórmula; fórmula infantil

...continuación tabla complementaria 2B.

Etiqueta estandarizada	Etiquetas originales reemplazadas
microbioma intestinal	microbioma gastrointestinal; microbiota intestinal; microflora intestinal; flora intestinal; microbiota intestinal; flora del intestino
humanos	humano
hipersensibilidad	hipersensibilidad, inmediata
inmunidad	respuesta inmunitaria; inmunidad innata
inmunoglobulina	inmunoglobulina a; nivel de inmunoglobulina en sangre; inmunoglobulina e; inmunoglobulina g
lactante	infancia; lactante, recién nacido; recién nacido
enfermedad inflamatoria intestinal	eii (ibd)
interleucinas	interleucina 10; interleucina 13; interleucina 17; interleucina 1beta; interleucina 33; interleucina 4; interleucina 5; interleucina 6
intestinos	intestino
lactobacillus	lactobacillus acidophilus; lactobacillus casei; lactobacillus paracasei; lactobacillus rhamnosus
ratones	ratón albino bagg; ratones, balb c endogámicos; ratón
microbiología	microbiológico; microbiología
microbioma	colonización microbiana; comunidad microbiana; diversidad microbiana; inmunidad microbiana; microbiota; microflora
oligosacáridos	fructooligosacárido; galactooligosacárido; oligosacárido
prebióticos	prebiótico; agente prebiótico
prevención	prevención y control; prevención primaria
probióticos	probiótico; agente probiótico
ensayo controlado aleatorizado	ensayo clínico controlado; procedimiento de doble ciego; método de doble ciego; ensayo controlado aleatorizado; ensayo controlado aleatorizado (tema); eca (rct)
revisión	artículo de revisión
ácidos grasos de cadena corta	ácido graso de cadena corta; ácido graso volátil; ácidos grasos, volátiles
simbióticos	agente simbiótico

...continuación tabla complementaria 2B.

Etiqueta estandarizada	Etiquetas originales reemplazadas
revisión sistemática	metaanálisis; metaanálisis (tema); revisión sistemática de la literatura
células th2	célula th2
terapia	duración del tratamiento; resultado del tratamiento
receptor tipo toll	receptor tipo toll 4
vitamina d	suplementación con vitamina d

Las etiquetas estandarizadas se muestran en la columna de la izquierda, mientras que las variantes de palabras clave originales fusionadas en cada etiqueta estandarizada se muestran en la columna de la derecha. Se utilizó un archivo de lista de eliminación para excluir el término "article" (artículo) porque es un término genérico relacionado con el documento más que un concepto de investigación sustantivo.