

INMUNOALÉRGICOS AMBIENTALES Y SU INFLUENCIA EN EL ASMA ENVIRONMENTAL IMMUNOALLERGIES AND THEIR INFLUENCE ON ASTHMA

Autores: ¹Anabel Estefanía Mora Caicedo y ²Maria Monserrate Cantos Sánchez.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8551-3494>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7935-4110>

¹E-mail de contacto: amora6713@uta.edu.ec

²E-mail de contacto: mn.cantos@uta.edu.ec

Afiliación: ^{1*2*}Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

Artículo recibido: 26 de Noviembre del 2025

Artículo revisado: 29 de Noviembre del 2025

Artículo aprobado: 2 de Diciembre de 2025

¹Estudiante de la carrera de Enfermería de la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

²Licenciada en Enfermería graduada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, (Ecuador). Magíster en Gestión del cuidado graduada en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, (Ecuador). Diplomado en Docencia y Didáctica Superior e Inclusión Educativa con Asistencia de la Inteligencia Artificial de la Universidad Iberoamericana del Ecuador, (Ecuador). Desde enero de 2020 hasta diciembre 2023 ejerciendo cuidado directo en Clínica Cardio Centro Manta en la Unidad de Cuidados Intensivos. Desde noviembre de 2023 hasta marzo del 2025 Docencia Universitaria en la carrera de Enfermería Universidad Estatal del Sur de Manabí, (Ecuador). Desde agosto del 2025 Docencia en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo determinar los inmunoalérgicos ambientales y su influencia en el asma. La metodología implementada consistió en una revisión sistemática de literatura científica siguiendo las directrices PRISMA 2020, incluyendo estudios publicados entre 2020 y 2025 en español, inglés y portugués. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, SciELO, Scopus y Latindex, utilizando términos controlados MeSH y DeCS. De los 203 artículos identificados inicialmente, 15 estudios cumplieron exhaustivamente los criterios de elegibilidad tras un riguroso proceso de selección en tres etapas. Los resultados evidencian que los principales inmunoalérgicos ambientales identificados incluyen ácaros del polvo doméstico, pólenes, hongos, caspa de mascotas y contaminantes atmosféricos como material particulado y gases. Estos alérgenos desencadenan respuestas inflamatorias tipo 2 mediante activación de células Th2 e ILC2s, resultando en síntomas característicos del asma. La evidencia demuestra que las intervenciones multifactoriales de control ambiental, cuando son sostenidas, pueden reducir efectivamente la carga de alérgenos y mejorar los resultados clínicos. Se concluye que la exposición a inmunoalérgicos ambientales constituye un factor de riesgo modificable esencial en la patogénesis del

asma, requiriendo enfoques integrales que combinen identificación precisa de desencadenantes, modificaciones ambientales específicas y estrategias educativas lideradas por profesionales de enfermería para optimizar el control asmático.

Palabras clave: **Asma, Alérgenos, Contaminación ambiental, Pyroglyphidae, Polen.**

Abstract

The present study aims to determine environmental immunoallergens and their influence on asthma. The methodology implemented consisted of a systematic review of scientific literature following the 2020 PRISMA guidelines, including studies published between 2020 and 2025 in Spanish, English, and Portuguese. The search was conducted in the PubMed, SciELO, Scopus, and Latindex databases, using controlled MeSH and DeCS terms. Of the 203 articles initially identified, 15 studies fully met the eligibility criteria after a rigorous three-stage selection process. The results show that the main environmental immunoallergens identified include house dust mites, pollens, fungi, pet dander, and air pollutants such as particulate matter and gases. These allergens trigger type 2 inflammatory responses through activation of Th2 cells and ILC2s, resulting in characteristic asthma symptoms. Evidence demonstrates that multifactorial environmental

control interventions, when sustained, can effectively reduce allergen burden and improve clinical outcomes. It is concluded that exposure to environmental immunoallergens constitutes an essential modifiable risk factor in the pathogenesis of asthma, requiring comprehensive approaches that combine accurate trigger identification, targeted environmental modifications, and nursing-led educational strategies to optimize asthma control.

Keywords: **Asthma, Allergens, Environmental pollution, Pyroglyphidae, Pollen.**

Resumo

O presente estudo tem como objetivo determinar os imunoalérgenos ambientais e sua influência na asma. A metodologia implementada consistiu em uma revisão sistemática da literatura científica seguindo as diretrizes PRISMA de 2020, incluindo estudos publicados entre 2020 e 2025 em espanhol, inglês e português. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, SciELO, Scopus e Latindex, utilizando termos controlados MeSH e DeCS. Dos 203 artigos inicialmente identificados, 15 estudos atenderam plenamente aos critérios de elegibilidade após um rigoroso processo de seleção em três etapas. Os resultados mostram que os principais imunoalérgenos ambientais identificados incluem ácaros, pólen, fungos, pelos de animais de estimação e poluentes atmosféricos, como material particulado e gases. Esses alérgenos desencadeiam respostas inflamatórias do tipo 2 por meio da ativação de células Th2 e ILC2s, resultando em sintomas característicos de asma. Evidências demonstram que intervenções multifatoriais de controle ambiental, quando sustentadas, podem efetivamente reduzir a carga de alérgenos e melhorar os desfechos clínicos. Conclui-se que a exposição a imunoalérgenos ambientais constitui um fator de risco modificável essencial na patogênese da asma, exigindo abordagens abrangentes que combinem identificação precisa dos gatilhos, modificações ambientais direcionadas e

estratégias educacionais lideradas por enfermeiros para otimizar o controle da asma.

Palavras-chave: Asma, Alérgenos, Poluição Ambiental, Pyroglyphidae, Pólen.

Introducción

Los inmunoalérgicos ambientales son agentes externos presentes en el medio ambiente que desencadenan reacciones de hipersensibilidad inmunomediadas en individuos genéticamente predispuestos (Murrison et al., 2019). Estos agentes incluyen alérgenos intradomiciliarios como ácaros del polvo, mohos, cucarachas y mascotas, así como alérgenos extradomiciliarios como pólenes y esporas fúngicas. La exposición a estos alérgenos ambientales constituye un factor de riesgo modificable para el desarrollo y exacerbación de enfermedades alérgicas respiratorias, siendo responsables del 8-10% de las enfermedades alérgicas a nivel mundial como el asma (Agache et al., 2023). Por tanto, el conocimiento especializado del profesional de enfermería sobre inmunoalérgicos ambientales resulta fundamental para implementar estrategias efectivas de promoción de la salud en el manejo integral del asma alérgica. Las competencias específicas incluyen la identificación de alérgenos ambientales, educación sobre modificaciones del hogar como fundas antiácaros, y desarrollo de planes de acción personalizados según patrones de exposición individual (Ibrahim et al., 2022). La evidencia demuestra que las intervenciones lideradas por enfermeras en modificaciones ambientales del hogar reducen significativamente las cargas de alérgenos y mejoran los resultados clínicos, posicionando a la enfermería como pilar fundamental en la promoción de la salud ambiental respiratoria (Pham et al., 2023).

Por su parte, el asma es una condición respiratoria crónica caracterizada por limitación variable del flujo aéreo espiratorio que causa

disnea y sibilancias, definida por un historial de síntomas respiratorios que varían en tiempo e intensidad (Levy et al., 2023). Constituye una carga epidemiológica significativa: en 2019 afectó a 262 millones de personas en el mundo (World Health Organization, 2024). La prevalencia continental varía desde 3,44% en Asia hasta 8,33% en Oceanía, siendo los países de altos ingresos los que reportan las tasas más elevadas, mientras que anualmente se registran 455.000 muertes por asma a nivel global (Wang et al., 2023). A nivel mundial, existe una prevalencia de síntomas asmáticos de 9,1% en niños de 6-7 años, 11,0% en adolescentes de 13-14 años y 6,6% en adultos, con amplias variaciones entre centros de salud a nivel mundial (Asher et al., 2021). La evidencia indica un aumento de prevalencia en África y regiones del Mediterráneo Oriental, con disminución en el Sudeste Asiático y Pacífico Occidental; y mayor prevalencia en países de altos ingresos. Los factores ambientales determinantes incluyen contaminación del aire interior y exterior, exposición a alérgenos, e impactos del cambio climático que alteran la distribución geográfica y concentración de alérgenos (Agache et al., 2023).

A nivel de Latinoamérica, la mayoría del asma infantil es primariamente no atópica, contrastando con patrones en países desarrollados, debido a la regulación inmune mejorada inducida por exposiciones intensas a factores ambientales como infecciones infantiles y condiciones ambientales urbanas pobres (Cooper et al., 2023). Los cambios climáticos afectan la producción de polen y propiedades alergénicas debido a niveles elevados de CO₂ y cambios de temperatura, siendo particularmente relevante para países latinoamericanos donde el cambio climático afecta las estaciones de polen y proliferación de mohos. Los estudios en México demuestran

aumentos generales en la sensibilización a aeroalérgenos durante 14 años con perfiles de sensibilización diferentes entre zonas húmedas y secas, sugiriendo influencia climática en la distribución de alérgenos ambientales (D'Amato et al., 2020). En Ecuador, un estudio transversal de 1.338 estudiantes en Cuenca y Santa Isabel demostró una prevalencia de enfermedades alérgicas respiratorias del 12,0% y sensibilización a aeroalérgenos del 53,8%, con los ácaros del polvo doméstico como alérgeno primario 11,2% (Morillo-Argudo et al., 2020). Los aeroalérgenos más prevalentes fueron *D. pteronyssinus* 36,4%, *D. farinae* 35,3%, *B. tropicalis* 2,1% y cucarachas 22,5%, con diferencias regionales significativas entre las zonas urbanas de la sierra y subtropicales interandinas. El tabaquismo familiar aumentó las alergias respiratorias, mientras que la exposición a animales de granja en el primer año de vida mostró efectos protectores (Cabrera et al., 2021).

Es así como esta crisis de control del asma severo afecta a 260 millones de personas con asma mal controlada globalmente en 2019, con evidencia controvertida sobre la efectividad de las medidas de evitación de alérgenos ambientales, donde la mayoría de metaanálisis encontrados, que expresa el control de ácaros del polvo no afectó significativamente el manejo asmático (Pham et al., 2023). Los pacientes de bajo nivel socioeconómico enfrentan mayores exposiciones a alérgenos, comportamientos de salud deficientes y barreras para medidas efectivas de control ambiental, mientras que el cambio climático aumenta la exposición a alérgenos y la severidad de la enfermedad. Las intervenciones simples como cubiertas impermeables para camas han demostrado ser ineficaces, requiriendo enfoques multifacéticos complejos que son difíciles de implementar y mantener (Romero et

al., 2022). Por este motivo, el presente estudio se justifica debido a que, el asma afecta a un rango de 9,8 -17,9% de la población global con más de 260 millones de personas teniendo asma mal controlada en 2019, generando costos anuales de \$81.9 mil millones solo en Estados Unidos, incluyendo \$53 mil millones en costos médicos y \$28.9 mil millones en pérdidas de productividad (Pham et al., 2023). La evidencia creciente muestra que la alergia es esencial en la patogénesis del asma, particularmente el asma severa, con alérgenos ambientales siendo desencadenantes principales, requiriendo más estudios sobre métodos de evitación clínicamente efectivos. Los factores ambientales representan contribuyentes modificables a la morbilidad y mortalidad por asma, con patrones que varían por geografía y clima, afectando a millones globalmente y justificando inversión sustancial en investigación (Nurmagambetov et al., 2018). Por todo ello, este estudio tiene como objetivo determinar los inmunoalérgicos ambientales y su influencia en el asma, con el fin de identificar los factores ambientales que desencadenan o agravan esta enfermedad respiratoria y proporcionar evidencia científica que permita diseñar estrategias de prevención, control y manejo clínico más efectivas para reducir la incidencia y gravedad del asma en la población expuesta a dichos alérgenos.

Materiales y Métodos

La presente investigación se estructuró como una revisión sistemática de la literatura científica disponible, orientada hacia la identificación, análisis crítico y síntesis de evidencia empírica relacionada con el papel de los inmunoalérgicos ambientales en el desarrollo, exacerbación y manejo del asma bronquial. La metodología adoptó un enfoque sistemático y riguroso que permita generar conclusiones válidas y confiables sobre la

influencia de los diversos alérgenos ambientales en la fisiopatología asmática y sus implicaciones clínicas. El estudio se desarrolló siguiendo los principios metodológicos establecidos en las directrices PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantizando así la calidad metodológica, la transparencia en el proceso investigativo y la reproducibilidad de los resultados obtenidos. Esta aproximación sistemática facilitó la síntesis integral de la evidencia científica disponible sobre la relación entre la exposición a alérgenos ambientales y el desarrollo del asma, así como las estrategias terapéuticas y preventivas más efectivas (Page et al., 2021). Para los criterios de inclusión se consideraron estudios primarios como ensayos clínicos, estudios observacionales y revisiones sistemáticas que abordaran la relación entre inmunoalérgenos ambientales y asma, publicados entre 2020 y 2025 en español, inglés o portugués, tanto en población pediátrica como adulta, y que reportaran resultados relacionados con función pulmonar, control del asma o calidad de vida. Se excluyeron reportes de casos, editoriales, cartas al editor y estudios centrados en alérgenos alimentarios. También se excluyeron investigaciones con limitaciones metodológicas significativas, entendiéndose estas como estudios sin descripción clara del diseño metodológico, ausencia de cálculo de tamaño muestral, falta de análisis estadístico apropiado, instrumentos de medición no validados, o ausencia de consideraciones éticas documentadas. Adicionalmente, se excluyeron estudios sin información suficiente sobre las variables principales de interés como exposición a alérgenos ambientales, función pulmonar o control del asma, así como duplicados identificados mediante revisión de autores, años de publicación y poblaciones estudiadas, y estudios enfocados en otras

patologías respiratorias diferentes al asma bronquial.

La búsqueda se realizó en bases de datos como: PubMed, SciELO, Scopus y Latindex, utilizando términos controlados MeSH y DeCS combinados con palabras clave como "environmental allergens", "indoor/outdoor allergens", "dust mites", "pollen", "mold", "pet dander", "asma" y "bronchial asthma". Se aplicaron operadores booleanos (AND, OR, NOT) para optimizar la sensibilidad y especificidad de la búsqueda. La selección de estudios fue ejecutada de manera independiente mediante un proceso estructurado en tres etapas sucesivas: evaluación de títulos, análisis de resúmenes y revisión de texto completo. La extracción de datos abarcó las características fundamentales de cada estudio, incluyendo información sobre los autores, año, país, base de datos, revista, título del artículo, tipo de estudio, objetivos y resultados principales obtenidos en términos de control del asma, función respiratoria y calidad de vida. El proceso de selección bibliográfica implementó rigurosamente las directrices PRISMA 2020 mediante cuatro fases metodológicas consecutivas y sistemáticas propias de la metodología. Durante la fase inicial de identificación se localizaron 203 artículos distribuidos estratégicamente entre las cuatro bases de datos especializadas seleccionadas. La eliminación posterior de 39 artículos duplicados resultó en 164 estudios únicos que fueron sometidos a un proceso de cribado exhaustivo mediante revisión sistemática de títulos y resúmenes, lo que condujo a la exclusión de 127 estudios por incumplimiento de criterios predefinidos de elegibilidad. Los 37 artículos restantes fueron evaluados meticulosamente mediante revisión de texto completo, resultando en la exclusión de 22 estudios adicionales por

las siguientes razones metodológicas específicas: inadecuación metodológica significativa, población no relevante para los objetivos del estudio, insuficiencia de datos cuantitativos y duplicación de poblaciones estudiadas. Finalmente, 15 investigaciones cumplieron exhaustivamente con la totalidad de los criterios de elegibilidad establecidos y fueron incorporadas en la síntesis cualitativa de la revisión sistemática, constituyendo la base empírica fundamental para el análisis comprehensivo de la influencia de los inmunoalérgicos ambientales en la patogénesis y manejo del asma bronquial (ver Figura 1).

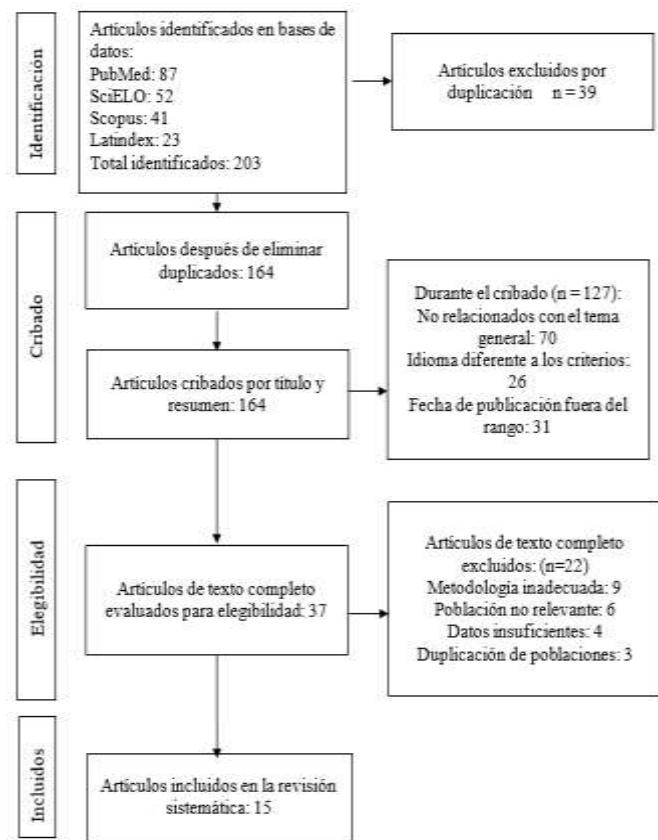


Figura 1: Diagrama PRISMA

Resultados y Discusión

Se presenta el análisis de los resultados obtenidos tras la extracción de los datos arrojados por los artículos seleccionados. A continuación, se muestra la tabla (ver tabla 1):

Tabla 1. Resultados obtenidos de artículos seleccionados

Nº	Autor/Año/País	Base de datos	Revista	Título del artículo	Tipo de estudio	Objetivos	Resultados
1	Cong Xie et al., 2024, China.	PubMed	Frontiers in Immunology	Immunologic aspects of asthma: from molecular mechanisms to disease pathophysiology and clinical translation	Revisión sistemática	Examinar los avances recientes en immunología del asma para facilitar la fenotipificación y las intervenciones estratificadas o personalizadas para pacientes	Los inmunoaérgicos ambientales identificados incluyen ácaros del polvo doméstico, pólenes, hongos y caspa de mascotas que desencadenan asma tipo 2-alto. Estos alérgenos activan células dendríticas que presentan抗原s a células T naïve, diferenciándolas hacia células Th2. La exposición provoca liberación de citocinas alarminas epiteliales (IL-25, IL-33, TSLP) que activan ILC2s y células Th2. Las principales reacciones incluyen producción de IL-4 induciendo cambio de clase a IgE y sensibilización alérgica, IL-5 activando eosinófilos con inflamación eosinofílica característica, e IL-13 causando hiperplasia de células caliciformes, hiperreactividad bronquial y remodelación de vías respiratorias (Xie et al., 2024).
2	Andrew O'Keefe et al., 2024, Canadá.	PubMed	Allergy, Asthma & Clinical Immunology	Asthma	Revisión de directrices clínicas y recomendaciones	Proporcionar una revisión comprensiva de la literatura actual y directrices para el diagnóstico y manejo apropiado del asma en adultos y niños	Identifica ácaros del polvo doméstico, caspa de animales, mosquitos y pólenns como alérgenos principales, además de irritantes como productos perfumados y humo de tabaco. Enfatiza la importancia de identificar y evitar desencadenantes ambientales específicos. Los alérgenos desencadenan respuestas inflamatorias tipo 2 mediante activación de células Th2 e ILC2s, resultando en síntomas variables de sibilancias, disnea, opresión torácica y tos (O'Keefe et al., 2024).
3	Delgado et al., 2023, España.	Scopus	Open Respiratory Archives	Necesidades no cubiertas en asma alérgica grave	Consenso de expertos mediante metodología Delphi	Identificar las necesidades no cubiertas en el conocimiento y manejo del asma alérgica grave	Mediante consenso Delphi identifican ácaros del polvo doméstico, caspa de animales, mosquitos y pólenns como principales inmunoaérgicos que activan respuestas inflamatorias tipo 2. Los irritantes ambientales potencian la respuesta alérgica provocando exacerbaciones. El control ambiental requiere identificación y evitación de desencadenantes específicos para prevenir exacerbaciones asmáticas (Delgado et al., 2023).
4	Bronte-Moreno et al., 2023, España.	Scopus	Open Respiratory Archives	Impact of Air Pollution on Asthma: A Scoping Review	Revisión narrativa exploratoria	Analizar la evidencia actual sobre los efectos patológicos de la contaminación del aire en el desarrollo y exacerbación del asma	Identifican contaminantes ambientales como material particulado (PM10, PM2.5, PM0.1), gases (NO2, O3, SO2, CO) y contaminantes de interior (humo de tabaco, compuestos orgánicos volátiles, formaldehído). Estos contaminantes potencian la respuesta alérgica al interactuar sinérgicamente con alérgenos tradicionales. La exposición a NO2 causa desarrollo de asma pediátrica, estimándose que el trece por ciento de casos nuevos anuales se relacionan con este contaminante. Los niños presentan mayor vulnerabilidad debido a su alta tasa respiratoria e inmadurez pulmonar (Bronte-Moreno et al., 2023).
5	Wang & Liu, 2024, China.	PubMed	BMC Immunology	Immunological factors, important players in the development of asthma	Revisión narrativa sobre mecanismos inmunológicos	Examinar los mecanismos inmunológicos subyacentes en diferentes tipos de asma	Los inmunoaérgicos ambientales desencadenan dos endotípos inmunológicos principales. En asma eosinofílico tipo 2-alto, provocan activación de células Th2 e ILC2s secretando citocinas tipo 2 (IL-4, IL-5, IL-13) en respuesta a alarminas epiteliales (IL-25, IL-33, TSLP), con sensibilización IgE, inflamación eosinofílica y buena respuesta a terapias anti-tipo 2. En asma neutrofílico tipo 2-bajo, desencadenan respuestas Th17 y Th1 con producción de IL-17A, TNF-α e IFN-γ, asociándose a mayor gravedad, resistencia a glucocorticoides y peor pronóstico (Wang & Liu, 2024).
6	Remo Frei, Kristina Heye, Caroline Roduit, 2022, Suiza.	PubMed	Pediatric Allergy and Immunology	Environmental influences on childhood allergies and asthma — The Farm effect	Revisión narrativa	Resumir el conocimiento sobre cómo el ambiente y estilo de vida de las granjas influye en la homeostasis inmune intrauterina y en la infancia, enfocándose en mecanismos inmunes inducidos por componentes microbianos o diversidad microbiana ambiental.	Vivir en granjas protege contra asma y enfermedades alérgicas, con reducción del riesgo de 32-78%. Los principales inmunoaérgenos identificados incluyen ácaros (Der p 1, Der f 1), cucaracha (Blg g 1/2), ratón (Mus m 1/2), gato (Fel d 1), perro (Can f 1), y mosquitos (Ait a 1, Asp f 1). Los mecanismos protectores incluyen exposición temprana (prenatal y primer año) a N-glicolilneuramínico ácido y arabinogalactano que inducen respuestas antiinflamatorias; endotoxinas (LPS) que modulan TLR aumentando células T reguladoras y citocinas reguladoras (IL-10, TGF-beta); diversidad microbiana ambiental alta (OR 0.62-0.86); y factores nutricionales como lactancia con sIgA elevado, diversidad alimentaria, y leche de granja no procesada que aumentan SCFA (especialmente butirato) mediante bacterias productoras que protegen vía expansión de células T reguladoras (Frei et al., 2022).
7	Omer Kalayci et al., 2022, Internacional (múltiples países)	PubMed	World Allergy Organization Journal	The role of environmental allergen control in the management of asthma	Revisión narrativa/expert review	Explorar el potencial de intervención contra la exposición a los principales alérgenos implicados en asma (ácaros, mosquitos, roedores, cucarachas, mascotas, pólenns y mosquitos exteriores)	Los principales inmunoaérgenos: ácaros (Der p 1, Der f 1), cucaracha (Blg g 1/2), ratón (Mus m 1/2), gato (Fel d 1), perro (Can f 1), y mosquitos (Ait a 1, Asp f 1). Para ácaros, las intervenciones multifactoriales (fundas impermeables, lavado con agua caliente, control de humedad <50%, HEPA, remoción de alfombras) reducen efectivamente niveles y morbilidad cuando son sostenidas. Para mosquitos interiores, remediación de humedad y ventilación reducen niveles 75% con menos días sintomáticos. Para roedores, IPM reduce 90% alérgenos asociándose con 0.8 menos visitas agudas/año. Para cucaracha, IPM profesional reduce 80-90% exposición mejorando morbilidad. Para gatos/perros, remoción es más efectiva; alternativas incluyen exclusión del dormitorio, fundas y HEPA. Para alérgenos exteriores, cerrar ventanas, aire acondicionado y HEPA son recomendados, pero con evidencia limitada. Características clínicas: 40-85% de niños con asma alérgica sensibilizados a ácaros, 60-80% urbanos a cucaracha, alta prevalencia de ratón en urbanos (95% hogares), con exposición asociada a mayor morbilidad (Kalayci et al., 2022).
8	González-Díaz et al., 2022, México	PubMed	Revista Alergia México	Environmental pollution and allergy / Contaminación ambiental y alergia	Artículo de revisión	Analizar la relación entre la contaminación ambiental (cambio climático, contaminantes atmosféricos y alérgenos extramuros) y el desarrollo y exacerbación de enfermedades alérgicas respiratorias, específicamente asma.	Los principales inmunoaérgenos ambientales identificados incluyen contaminantes atmosféricos (PM2.5, PM10, NO2, O3, SO2) y aeroalérgenos (polen de gramíneas, Ambrosia, árboles; ácaros del polvo doméstico). La contaminación del aire induce estrés oxidativo que genera inflamación eosinofílica en las vías respiratorias, aumenta la sensibilización alérgica atópica y eleva la susceptibilidad a infecciones en pacientes asmáticos. El cambio climático ha modificado la exposición a alérgenos extramuros aumentando la intensidad de floración, potencia alergénica del polen y duración de las temporadas polinicas (González-Díaz et al., 2022).

9	Wypych-Ślusarska et al., 2022, Polonia	PubMed	Haahtela et al., 2021, Finlandia (colaboración internacional)	Respiratory Symptoms, Allergies, and Environmental Exposures in Children with and without Asthma	Estudio transversal	Comparar la prevalencia de síntomas respiratorios y alergias en niños con y sin asma.	Los principales inmunoalergénos asociados fueron: alergia al polvo doméstico (39,3% en asmáticos vs 10,6% controles), polen (47,7% vs 16,3%), alérgenos de mascotas (30,9% vs 8,3%), fiebre del heno (47,7% vs 16,6%), conjuntivitis alérgica (31,8% vs 10,6%) y dermatitis atópica (34,1% vs 16,5%), no se observaron diferencias estadísticamente significativas en prevalencia de asma según exposición a humo de tabaco ambiental (8,9% expuestos vs 8,8% no expuestos), presencia de mascotas en el hogar (9,0% vs 8,7%) o presencia de humedad/moho en la vivienda (11,3% vs 8,2%), sugiriendo que otros factores confundentes pueden estar involucrados (Wypych-Ślusarska et al., 2022).
10	Haahtela et al., 2021, Finlandia (colaboración internacional)	PubMed	Allergy	Immunological resilience and biodiversity for prevention of allergic diseases and asthma	Artículo de revisión	Presentar conocimientos recientes sobre resiliencia inmunológica y biodiversidad como factores protectores para la prevención primaria de enfermedades alérgicas y asma.	La reducción del contacto con la diversidad microbiana ambiental es una causa clave de pérdida de resiliencia inmunológica en poblaciones urbanas, asociada al aumento del asma alérgica y otras enfermedades atópicas. Los principales inmunoalergénos identificados incluyen polvo doméstico, polen, alérgenos de mascotas, fiebre del heno, conjuntivitis alérgica y dermatitis atópica, siendo más frecuentes en entornos urbanos que rurales. Los estudios muestran menor prevalencia de asma y rinitis en niños rurales, lo que resalta el papel protector del contacto microbiano diverso. Intervenciones de control ambiental, como el enriquecimiento de patios con suelo natural, la conexión con la naturaleza y hábitos saludables (lactancia materna, dieta mediterránea, ejercicio, exposición ambiental moderada y uso prudente de antibióticos) fortalecen la regulación inmunológica y favorecen el manejo integral del asma alérgica (Haahtela et al., 2021).
11	Hassen et al., 2024, Bélgica	Scopus	Environmental Research	Association of environmental pollutants with asthma and allergy, and the mediating role of oxidative stress and immune markers in adolescents	Estudio epidemiológico transversal analítico	Examinar asociaciones transversales entre contaminantes ambientales y asma/alergia en adolescentes	Los principales inmunoalergénos ambientales asociados con el asma incluyen fatales (MnBP, MBzP), bisfenoles (BPA, BPF, BPS), pesticidas (2,4-D, TCPY, glifosato), PFAS (PFOA, PFNA, PFOS) y PCBs. Entre ellos, los fatales mostraron la relación más fuerte con la inflamación de las vías respiratorias y la activación de mecanismos inmunes tipo 2 mediados por eosinófilos. Los pesticidas y PAHs también contribuyen al estrés oxidativo y sensibilización alérgica, favoreciendo síntomas respiratorios. Asimismo, los PCBs y organoclorados se vinculan con procesos inflamatorios cutáneos y respiratorios. En conjunto, estos compuestos actúan como desencadenantes y potenciadores del asma alérgica (Hassen et al., 2024).
12	Lin et al., 2020, China	PubMed	Allergy Asthma Immunology Research	Important Role of Immunological Responses to Environmental Exposure in the Development of Allergic Asthma	Revisión narrativa	Revisar y sintetizar la evidencia sobre factores ambientales que modulan el desarrollo de asma alérgica, particularmente exposiciones microbianas de granjas y áreas rurales que ejercen efectos protectores	Los principales inmunoalergénos ambientales protectores frente al asma incluyen la endotoxina (LPS) presente en ambientes rurales y de granja, microorganismos como Acinetobacter Iwoffii y Lactococcus lactis, y PAMPs como polisacáridos y glucanos del polvo agrícola. Estos estimulan receptores TLR2, TLR4 y CD14, fortaleciendo la inmunidad innata y promoviendo respuestas Th1 y T reguladoras (Tregs) que reducen la inflamación alérgica. Factores como el contacto con ganado, leche no pasteurizada, lactancia materna y vida rural aumentan la exposición microbiana beneficiosa, disminuyendo la prevalencia de asma. Por el contrario, el ambiente urbano, con microbioma menos diverso, se asocia con mayor riesgo de enfermedad (Lin et al., 2020).
13	Kelly et al., 2022, Estados Unidos	PubMed	Journal of Allergy and Clinical Immunology:	The environmental microbiome, allergic disease and asthma	Revisión narrativa exhaustiva	Proporcionar un marco conceptual sobre los dos mecanismos primarios mediante los cuales el microbioma ambiental impacta enfermedades alérgicas y asma	Los principales inmunoalergénos ambientales con efecto protector frente al asma en el primer año de vida incluyen la microbiota de ambientes de granja (familias Lachnospiraceae, Ruminococcaceae y Prevotellaceae), la endotoxina bacteriana —con efecto antiinflamatorio según su origen microbiano—, y microorganismos como Acinetobacter Iwoffii y Lactococcus lactis. También destacan los metabolitos microbianos como los ácidos grasos de cadena corta (acetato, butirato y propionato), que modulan las células T reguladoras y reducen la inflamación alérgica. En contraste, los virus respiratorios (Rhinovirus y Virus Sincitial Respiratorio), ciertas bacterias colonizadoras (Haemophilus, Streptococcus, Moraxella) y hongos como Volutella actúan como exacerbadores del asma establecido. El microbioma urbano, menos diverso y con predominio de Veillonella, Rothia y Haemophilus, se asocia con mayor inflamación tipo Th2, mientras que el microbioma tipo granja, rico en microbios de rumiantes, ejerce un efecto protector mediante tolerancia inmunológica y regulación epigenética (Kelly et al., 2022).
14	Sánchez-Zuno GA et al., 2021, México-Guatemala	Scielo	Revista Alergia México	Enfermedades reumáticas y alergias, la dualidad del sistema inmunológico	Revisión narrativa basada en evidencia	Explorar el posible vínculo entre alergias como desencadenante de enfermedades reumáticas autoinmunes, analizar aspectos básicos y generales de ambas enfermedades	Las alergias y trastornos atópicos, como la rinitis alérgica, el asma y la dermatitis atópica, afectan al 30-40% de la población mundial y se caracterizan por una respuesta inmunitaria tipo Th2, con producción de IL-4, IL-5 e IL-13, que inducen síntesis de IgE y reclutamiento de eosinófilos. La IL-33 desempeña un papel central en la inflamación alérgica de las vías respiratorias al activar mastocitos, eosinófilos y células Th2. Además, se destaca que infecciones previas pueden modificar la respuesta inmune y predisponer a enfermedades reumáticas, donde las alergias pueden actuar como comorbilidades, aunque no se abordan estrategias de control ambiental para el asma alérgica (Sánchez-Zuno et al., 2021).
15	Gohal G et al., 2024, Arabia Saudita	PubMed	Journal of Clinical Medicine,	A Review on Asthma and Allergy: Current Understanding on Molecular Perspectives	Revisión de literatura	Explorar el papel crítico de biomarcadores alérgicos y desregulación del sistema inmune en el desarrollo y evolución del asma	Los principales biomarcadores alérgicos asociados al asma incluyen niveles elevados de IgE, eosinofilia en sangre y vías respiratorias, FeNO como marcador de inflamación eosinofílica, y citoquinas Th2 (IL-4, IL-5, IL-13) implicadas en la respuesta alérgica. También destacan los mastocitos y leucotrienos, responsables de la broncoconstricción y la inflamación sostenida. En Arabia Saudita, la prevalencia de asma alcanza el 27,5% en escolares y el 11,3% en adultos, con sensibilización frecuente a polen, ácaros y pelo de gato. Aunque el estudio no incluye medidas ambientales, resalta la importancia de terapias personalizadas basadas en biomarcadores y perfiles inmunológicos para mejorar el manejo del asma alérgica (Gohal et al., 2024).

Fuente: elaboración propia

Tras analizar los resultados, los inmunoalérgicos intradomiciliarios constituyen los principales desencadenantes del asma alérgica a nivel global. Según Xie et al. (2024), los ácaros del polvo doméstico, pólenes, hongos y caspa de mascotas activan células dendríticas que presentan antígenos a células T naïve, diferenciándolas hacia células Th2 y desencadenando cascadas inflamatorias características. Esta observación es respaldada por Kalayci et al. (2022), quienes documentan que entre el 40 y 85 por ciento de niños con asma alérgica presentan sensibilización a ácaros del polvo, siendo *Dermatophagoides pteronyssinus* y *Dermatophagoides farinae* los alérgenos primarios identificados. En concordancia, O'Keefe et al. (2024) enfatizan la importancia crítica de identificar y evitar desencadenantes ambientales específicos, destacando que los ácaros del polvo doméstico, caspa de animales, mohos y pólenes desencadenan respuestas inflamatorias tipo 2 mediante activación de células Th2 e ILC2s. Sin embargo, Delgado et al. (2023) señalan mediante consenso Delphi que los irritantes ambientales no solo actúan como desencadenantes primarios, sino que potencian la respuesta alérgica provocando exacerbaciones agudas que requieren identificación y evitación sistemática de desencadenantes específicos para prevenir crisis asmáticas.

La contaminación atmosférica emerge como factor modificador crucial que amplifica el efecto de los alérgenos tradicionales en la patogénesis del asma. Bronte-Moreno et al. (2023) identifican contaminantes ambientales como material particulado en sus diferentes fracciones (PM10, PM2.5, PM0.1) y gases irritantes (NO₂, O₃, SO₂, CO) que potencian sinéricamente la respuesta alérgica al interactuar con alérgenos convencionales,

estimando que el trece por ciento de casos nuevos anuales de asma pediátrica se relacionan específicamente con exposición a dióxido de nitrógeno. Esta perspectiva es complementada por González et al. (2022), quienes demuestran que la contaminación del aire induce estrés oxidativo generando inflamación eosinofílica en las vías respiratorias, aumentando la sensibilización alérgica atópica y elevando la susceptibilidad a infecciones en pacientes asmáticos, mientras que el cambio climático ha modificado sustancialmente la exposición a aeroalérgenos extramuros al aumentar la intensidad de floración, potencia alergénica del polen y duración de las temporadas polínicas. Adicionalmente, Hassen et al. (2024) expanden el espectro de contaminantes relevantes al identificar ftalatos, bisfenoles, pesticidas, sustancias perfluoroalquiladas y bifenilos policlorados como inmunoalérgicos ambientales asociados con asma, demostrando que los ftalatos muestran la relación más fuerte con inflamación de vías respiratorias y activación de mecanismos inmunes tipo 2 mediados por eosinófilos, actuando como desencadenantes y potenciadores del asma alérgica.

Los mecanismos inmunológicos subyacentes a la respuesta asmática frente a inmunoalérgicos ambientales presentan una heterogeneidad significativa que determina fenotipos clínicos distintos. Wang y Liu (2024) describen dos endotipos inmunológicos principales, donde los inmunoalérgicos ambientales desencadenan en asma eosinofílico tipo 2-alto la activación de células Th2 e ILC2s secretando citocinas tipo 2 (IL-4, IL-5, IL-13) en respuesta a alarminas epiteliales (IL-25, IL-33, TSLP) con sensibilización IgE y buena respuesta a terapias antitipo 2, mientras que en asma neutrofílico tipo 2-bajo desencadenan respuestas Th17 y Th1 con producción de IL-17A, TNF- α e IFN- γ .

asociándose a mayor gravedad y resistencia a glucocorticoides. Esta caracterización es apoyada por Gohal et al. (2024), quienes identifican biomarcadores alérgicos específicos incluyendo niveles elevados de IgE, eosinofilia en sangre y vías respiratorias, fracción exhalada de óxido nítrico como marcador de inflamación eosinofílica, y citocinas Th2 implicadas en la respuesta alérgica, resaltando además que la prevalencia de asma alcanza el 27.5 por ciento en escolares y el 11.3 por ciento en adultos en Arabia Saudita con sensibilización frecuente a polen, ácaros y pelo de gato. Por su parte, Sánchez-Zuno et al. (2021) enfatizan que las alergias y trastornos atópicos afectan al 30 a 40 por ciento de la población mundial caracterizándose por una respuesta inmunitaria tipo Th2 con producción de IL-4, IL-5 e IL-13 que inducen síntesis de IgE y reclutamiento de eosinófilos, destacando el papel central de la IL-33 en la inflamación alérgica de las vías respiratorias al activar mastocitos, eosinófilos y células Th2.

Las estrategias de control ambiental para reducir la exposición a inmunoalérgicos presentan eficacia variable según el tipo de alérgeno y la implementación de intervenciones multifactoriales sostenidas. Kalayci et al. (2022) documentan que para ácaros del polvo las intervenciones multifactoriales que incluyen fundas impermeables, lavado con agua caliente, control de humedad inferior al 50 por ciento, filtros HEPA y remoción de alfombras reducen efectivamente los niveles de alérgenos y morbilidad cuando son sostenidas en el tiempo, mientras que para mohos interiores la remediación de humedad y ventilación adecuada reducen niveles en un 75 por ciento con disminución de días sintomáticos, y para roedores y cucarachas el manejo integrado de plagas profesional reduce la exposición en 80 a 90 por ciento mejorando significativamente la

morbilidad asmática. Sin embargo, esta perspectiva optimista contrasta con las observaciones de Wypych et al. (2022), quienes reportan que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en prevalencia de asma según exposición a humo de tabaco ambiental, presencia de mascotas en el hogar o presencia de humedad y moho en la vivienda, aunque sí identifican asociaciones significativas con alergia al polvo doméstico (39.3 por ciento en asmáticos versus 10.6 por ciento en controles), polen (47.7 por ciento versus 16.3 por ciento) y alérgenos de mascotas (30.9 por ciento versus 8.3 por ciento), sugiriendo que otros factores confundentes pueden estar involucrados en la relación entre exposición ambiental y desarrollo de asma.

El papel protector de exposiciones microbianas tempranas representa un paradigma fundamental para comprender la prevención primaria del asma alérgica mediante modulación de la respuesta inmunológica. Frei et al. (2022) demuestran que vivir en granjas protege contra asma y enfermedades alérgicas con reducción del riesgo de 32 a 78 por ciento, identificando mecanismos protectores que incluyen exposición temprana prenatal y durante el primer año de vida a N-glicolilneuramínico ácido y arabinogalactano que inducen respuestas antiinflamatorias, endotoxinas bacterianas que modulan receptores tipo toll aumentando células T reguladoras y citocinas reguladoras como IL-10 y TGF-beta, diversidad microbiana ambiental alta, y factores nutricionales como lactancia con IgA secretora elevado y leche de granja no procesada que aumentan ácidos grasos de cadena corta mediante bacterias productoras que protegen vía expansión de células T reguladoras. Esta evidencia es complementada por Lin et al. (2020), quienes identifican la endotoxina LPS presente en ambientes rurales y

de granja, microorganismos como *Acinetobacter lwoffii* y *Lactococcus lactis*, y patrones moleculares asociados a patógenos como polisacáridos y glucanos del polvo agrícola como inmunoalérgicos ambientales protectores que estimulan receptores TLR2, TLR4 y CD14 fortaleciendo la inmunidad innata y promoviendo respuestas Th1 y T reguladoras que reducen la inflamación alérgica.

En consonancia, Kelly et al. (2022) proporcionan un marco conceptual detallado identificando la microbiota de ambientes de granja con familias *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae* y *Prevotellaceae*, endotoxina bacteriana con efecto antiinflamatorio según su origen microbiano, y metabolitos microbianos como ácidos grasos de cadena corta (acetato, butirato y propionato) que modulan células T reguladoras y reducen la inflamación alérgica, contrastando con el microbioma urbano menos diverso con predominio de *Veillonella*, *Rothia* y *Haemophilus* que se asocia con mayor inflamación tipo Th2. Finalmente, Haahtela et al. (2021) enfatizan que la reducción del contacto con diversidad microbiana ambiental es una causa clave de pérdida de resiliencia inmunológica en poblaciones urbanas asociada al aumento del asma alérgica, demostrando menor prevalencia de asma y rinitis en niños rurales y destacando que intervenciones como enriquecimiento de patios con suelo natural, conexión con la naturaleza y hábitos saludables incluyendo lactancia materna, dieta mediterránea, ejercicio, exposición ambiental moderada y uso prudente de antibióticos fortalecen la regulación inmunológica y favorecen el manejo integral del asma alérgica.

Conclusiones

Se concluye que los inmunoalérgicos ambientales ejercen una influencia directa y

significativa en el desarrollo, exacerbación y control del asma bronquial. Los principales agentes identificados incluyen ácaros del polvo doméstico (*Dermatophagoides pteronyssinus* y *Dermatophagoides farinae*), caspa de animales (*Fel d 1* de gatos y *Can f 1* de perros), pólenes, mohos (*Alternaria* y *Aspergillus*), cucarachas y contaminantes atmosféricos como material particulado, dióxido de nitrógeno y ozono. Estos alérgenos desencadenan respuestas inflamatorias tipo 2 mediadas por células Th2 y linfocitos innatos tipo 2, resultando en producción de citocinas características (IL-4, IL-5, IL-13), sensibilización IgE, infiltración eosinofílica y remodelación de las vías respiratorias, fenómenos que explican la sintomatología asmática y la hiperreactividad bronquial característica de esta enfermedad respiratoria crónica.

Los mecanismos fisiopatológicos mediante los cuales los inmunoalérgicos ambientales influyen en el asma involucran cascadas inmunológicas complejas y diferenciadas según el endotipo asmático. En el asma alérgica tipo 2-alto, la exposición a aeroalérgenos provoca la liberación de alarminas epiteliales (IL-25, IL-33, TSLP) que activan células dendríticas, las cuales presentan抗ígenos a células T naïve diferenciándolas hacia células Th2 productoras de citocinas proinflamatorias. La IL-4 induce el cambio de clase hacia IgE provocando sensibilización alérgica, la IL-5 activa eosinófilos generando inflamación eosinofílica característica, y la IL-13 causa hiperplasia de células caliciformes, hiperreactividad bronquial y remodelación de vías respiratorias. En contraste, en el asma neutrofílica tipo 2-bajo, los alérgenos ambientales combinados con contaminantes atmosféricos desencadenan respuestas Th17 y Th1 con producción de IL-17A, TNF- α e IFN- γ , asociándose a mayor gravedad, resistencia a glucocorticoides y peor

pronóstico clínico, lo que subraya la heterogeneidad inmunológica del asma bronquial.

Las estrategias de control ambiental demuestran efectividad variable según el tipo de alérgeno y la complejidad de las intervenciones implementadas. Para ácaros del polvo doméstico, las medidas multifactoriales sostenidas que incluyen fundas impermeables para colchones y almohadas, lavado de ropa de cama con agua caliente superior a 60°C, control de humedad relativa por debajo del cincuenta por ciento, uso de filtros HEPA y remoción de alfombras reducen significativamente los niveles de alérgenos y la morbilidad asmática. Para mohos interiores, la remediación de fuentes de humedad y la ventilación adecuada disminuyen los niveles de esporas fúngicas en setenta y cinco por ciento con reducción de días sintomáticos. Para roedores y cucarachas, el manejo integrado de plagas profesional reduce la exposición en ochenta a noventa por ciento asociándose con menos visitas agudas anuales. Sin embargo, las intervenciones simples aisladas han demostrado ser ineficaces, requiriendo enfoques multifacéticos personalizados que consideran patrones individuales de exposición y factores socioeconómicos que condicionan la adherencia y mantenimiento de estas medidas preventivas.

Finalmente se establece la necesidad de implementar estrategias integrales de prevención primaria, secundaria y terciaria que incorporen educación sobre modificaciones ambientales del hogar, identificación temprana de sensibilizaciones mediante pruebas cutáneas o determinación de IgE específica, control ambiental personalizado según perfiles alergénicos individuales, tratamiento farmacológico optimizado basado en

biomarcadores inflamatorios y fenotipos asmáticos, e inmunoterapia específica cuando esté indicada. El profesional de enfermería desempeña un rol fundamental en la promoción de la salud respiratoria mediante la educación al paciente y familia sobre medidas de evitación de desencadenantes, desarrollo de planes de acción personalizados, monitoreo de la adherencia terapéutica y coordinación multidisciplinaria del cuidado. La implementación de estas estrategias basadas en evidencia científica contemporánea permitirá reducir la incidencia de nuevos casos de asma alérgica, mejorar el control de la enfermedad establecida, disminuir la frecuencia y gravedad de las exacerbaciones, optimizar la calidad de vida de los pacientes y reducir los costos sociosanitarios asociados a esta patología respiratoria crónica de elevada prevalencia mundial.

Referencias Bibliográficas

- Agache, I., Laculiceanu, A., Spanu, D., & Grigorescu, D. (2023). The concept of One Health for allergic diseases and asthma. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 15(3), 290–302. <https://doi.org/10.4168/aair.2023.15.3.290>
- Asher, M., Rutter, C., Bissell, K., Chiang, C., Sony, A., Ellwood, E., Ellwood, P., Garcia, L., Marks, G., Morales, E., Pearce, N., Robertson, S., Strachan, D., Wamai, R., & Wehrhahn, M. (2021). Worldwide trends in the burden of asthma symptoms in school-aged children. *The Lancet*, 398(10311), 1569–1580. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01450-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01450-1)
- Bronte, O., Gonzalez, F., Munoz, X., Pueyo, A., Ramos, J., & Urrutia, I. (2023). Impact of air pollution on asthma: A scoping review. *Open Respiratory Archives*, 5(2), 100229. <https://doi.org/10.1016/j.opresp.2022.100229>
- Cabrera, A., Picado, C., Rodriguez, A., & Garcia, L. (2021). Asthma, rhinitis and eczema symptoms in Quito, Ecuador. *BMJ*

- Open Respiratory Research*, 8(1), e001004.
<https://doi.org/10.1136/bmjresp-2021-001004>
- Cooper, P., Figueiredo, C., Rodriguez, A., Santos, L., Ribeiro, R., Carneiro, V., Amorim, L., Alcantara, N., Cruz, A., Simoes, S., Gerbase, M., Saldiva, S., Cruz, A., Moncayo, A., Rodrigues, L., Barreto, M., & SCAALA Study Group. (2023). Understanding and controlling asthma in Latin America. *Clinical and Translational Allergy*, 13(3), e12232. <https://doi.org/10.1002/clt2.12232>
- D'Amato, G., Chong, H., Monge, O., Vitale, C., Ansotegui, I., Rosario, N., Haahtela, T., Galan, C., Pawankar, R., Murrieta, M., Cecchi, L., Bergmann, C., Ridolo, E., Ramon, G., Gonzalez, S., D'Amato, M., & Annesi, I. (2020). Climate change and respiratory allergy. *Allergy*, 75(9), 2219–2228. <https://doi.org/10.1111/all.14476>
- Delgado, J., Navarro, A., Alvarez, F., Cisneros, C., & Dominguez, J. (2023). Necesidades no cubiertas en asma alérgica grave. *Open Respiratory Archives*, 5(4), 100282. <https://doi.org/10.1016/j.opresp.2023.100282>
- Frei, R., Heye, K., & Roduit, C. (2022). Environmental influences on childhood allergies and asthma – The farm effect. *Pediatric Allergy and Immunology*, 33(6), e13807. <https://doi.org/10.1111/pai.13807>
- Gohal, G., Moni, S., Bakkari, M., & Elmobark, M. (2024). A review on asthma and allergy: Molecular perspectives. *Journal of Clinical Medicine*, 13(19), 5775. <https://doi.org/10.3390/jcm13195775>
- Gonzalez, S., Lira, C., Villarreal, R., & Canseco, J. (2022). Contaminación ambiental y alergia. *Revista Alergia México*, 69(Supl 1), s24–s30. <https://doi.org/10.29262/ram.v69iSupl1.1010>
- Haahtela, T., Alenius, H., Lehtimaki, J., Sinkkonen, A., Fyhrquist, N., Hyoty, H., Ruokolainen, L., & Makela, M. (2021). Immunological resilience and biodiversity. *Allergy*, 76(12), 3613–3626. <https://doi.org/10.1111/all.14895>
- Hassen, H., Govarts, E., Remy, S., Cox, B., Iszatt, N., Portengen, L., Covaci, A., Schoeters, G., Den Hond, E., Henauw, S., Bruckers, L., Koppen, G., & Verheyen, V. (2024). Environmental pollutants, asthma and allergy in adolescents. *Environmental Research*, 265, 120445. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120445>
- Ibrahim, Y., Naji, S., Mobayed, H., & Nesf, M. (2022). Contributions of nurse specialists in allergy and immunology. *Qatar Medical Journal*, 2022(2), 7. <https://doi.org/10.5339/qmj.2022.fqac.7>
- Kalayci, O., Miligkos, M., Pozo, C., Sayed, Z., Gomez, R., Hossny, E., Souef, P., Nieto, A., Phipatanakul, W., Pitrez, P., Xepapadaki, P., Jiu-Yao, W., & Papadopoulos, N. (2022). Environmental allergen control in asthma. *World Allergy Organization Journal*, 15(3), 100634. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2022.100634>
- Kelly, M., Bunyavanich, S., Phipatanakul, W., & Lai, P. (2022). The environmental microbiome, allergic disease, and asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology in Practice*, 10(9), 2206–2217.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2022.06.006>
- Levy, M., Bacharier, L., Bateman, E., Boulet, L., Brightling, C., Buhl, R., Brusselle, G., Cruz, A., Drazen, J., Duijts, L., Fleming, L., Inoue, H., Ko, F., Krishnan, J., Mortimer, K., Pitrez, P., Sheikh, A., Yorgancioglu, A., & Reddel, H. (2023). GINA 2022: Key recommendations for primary care. *npj Primary Care Respiratory Medicine*, 33(1), 7. <https://doi.org/10.1038/s41533-023-00330-1>
- Lin, X., Ren, X., Xiao, X., Yang, Z., Yao, S., Wong, G., Liu, Z., Wang, C., Su, Z., & Li, J. (2020). Immune responses to environmental exposure in allergic asthma. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 12(6), 934–948. <https://doi.org/10.4168/aair.2020.12.6.934>
- Morillo, D., Andrade, D., Rodas, C., Perkin, M., Gebreegziabher, T., Zuniga, G., Tupiza, F., Erazo, D., Vicuna, Y., Guevara, M., Arias, M., Vaca, M., Rodriguez, A., Cookson, W.,

- Moffatt, M., Chico, M., & Cooper, P. (2020). Allergies in Ecuadorian adolescents. *World Allergy Organization Journal*, 13(11), 100478.
<https://doi.org/10.1016/j.waojou.2020.100478>
- Murrison, L., Brandt, E., Myers, J., & Hershey, G. (2019). Environmental exposures and mechanisms in allergy and asthma. *Journal of Clinical Investigation*, 129(4), 1504–1515. <https://doi.org/10.1172/JCI24612>
- Nurmagambetov, T., Kuwahara, R., & Garbe, P. (2018). The economic burden of asthma in the United States. *Annals of the American Thoracic Society*, 15(3), 348–356. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201703-259OC>
- O'Keefe, A., Connors, L., Ling, L., & Kim, H. (2024). Asthma. *Allergy, Asthma & Clinical Immunology*, 20(Suppl 3), 81. <https://doi.org/10.1186/s13223-025-00949-4>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hrobjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., & Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pham, D., Le, K., Truong, D., Le, H., & Trinh, T. (2023). Environmental allergen reduction in asthma management. *Frontiers in Allergy*, 4, 1229238. <https://doi.org/10.3389/falgy.2023.1229238>
- Romero, C., Ojanguren, I., Espejo, D., Granados, G., Gonzalez, F., Cruz, M., Munoz, X., & Sastre, J. (2022). Influence of the environment on asthma characteristics. *Scientific Reports*, 12(1), 20522. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25028-1>
- Sanchez, G., Oregon, E., Hernandez, J., Gonzalez, G., Vargas, R., & Munoz, J. (2021). Enfermedades reumáticas y alergias. *Revista Alergia México*, 68(4), 264–275. <https://doi.org/10.29262/ram.v68i4.984>
- Wang, Y., & Liu, L. (2024). Immunological factors in the development of asthma. *BMC Immunology*, 25(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s12865-024-00644-w>
- Wang, Z., Li, Y., Gao, Y., Fu, Y., Lin, J., Lei, X., Jiang, H., Zhang, H., Xie, W., Wang, H., Qian, Z., McMillin, S., Chu, C., Wang, X., Deng, Y., Zhang, Y., Pan, R., Yi, W., Xu, Z., & Su, H. (2023). Global, regional, and national burden of asthma, 1990–2019. *Respiratory Research*, 24(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s12931-023-02475-6>
- World Health Organization. (2024). *Asthma* [Fact sheet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/asthma>
- Wypych, A., Grot, M., Kujawinska, M., Nigowski, M., Krupa, K., Oleksiuk, K., Glogowska, J., & Grajek, M. (2022). Respiratory symptoms, allergies, and environmental exposures in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11180. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811180>
- Xie, C., Yang, J., Gul, A., Li, Y., Zhang, R., Yalikun, M., Wubuli, A., Ma, X., & Xiang, Y. (2024). Immunologic aspects of asthma. *Frontiers in Immunology*, 15, 1478624. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1478624>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Anabel Estefanía Mora Caicedo y María Monserrate Cantos Sánchez.

