

Revisión

Ácaros en sistemas de ventilación de edificios industriales: bioindicadores de la calidad del aire interior

Mites in ventilation systems of industrial buildings: bioindicators of indoors air quality

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.623.002>

Roberto Carlos Dávila Morán¹

<https://orcid.org/0000-0003-3181-8801>

Víctor Alberto Ortiz de la Cruz¹

<https://orcid.org/0000-0001-5193-4733>

Recibido: 22/01/2022

Aprobado: 30/06/2022

RESUMEN

La Organización mundial de la Salud, ha señalado que 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de calidad del aire se han reducido por debajo de los límites fijados, estimando que a nivel mundial aproximadamente 90% de las personas respiran aire contaminado y que la población de las ciudades pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en recintos cerrados, en un ambiente contaminado en mayor o menor grado; puesto que los niveles de contaminación pueden llegar a ser de 10 a 100 veces más elevados en espacios interiores respecto a los exteriores. La deficiencia en la calidad del aire interior puede dar origen a la manifestación de síntomas respiratorios relacionados como rinitis alérgica y asma, entre otras patologías y se estima que, a nivel global, millones de personas sufren de ambas enfermedades, reduciendo la calidad de vida de la población. Los ácaros constituyen los sensibilizantes respiratorios más extendidos en lugares de trabajo y están presentes en casi todos los hábitats, inclusive en el ambiente aéreo, movilizadas por el viento o aerosoles, siendo la principal fuente de alérgenos interiores asociados a rinitis y asma. La presente revisión describe las características de los ácaros como fuente de contaminación ambiental y su posible utilidad como futuros bioindicadores de calidad del aire interior en sistemas de ventilación de edificios industriales con el fin de reducir la exposición y sensibilización de los trabajadores a sus alérgenos.

Palabras clave: Ácaros, alérgenos, asma, rinitis, sistemas de ventilación industrial.

ABSTRACT

The World Health Organization has pointed out that 92% of the world's population lives in places where air quality levels have fallen below the limits set, estimating that approximately 90% of people worldwide they breathe polluted air and that the population of cities spends between 80 and 90% of their time indoors, in an environment that is polluted to a greater or lesser degree; since pollution levels can be 10 to 100 times higher indoors than outdoors. The deficiency in indoor air quality can give rise to the manifestation of related respiratory symptoms such as allergic rhinitis and asthma, among other pathologies, and it is estimated that, globally, millions of people suffer from both diseases, reducing the quality of life of the population. mites are the most widespread respiratory sensitizers in the workplace and are present in almost all habitats, including in the air environment, moved by the wind or aerosols, being the main source of indoor allergens associated with rhinitis and asthma. This review describes the characteristics of mites as a source of environmental contamination and their possible use as future bioindicators of indoor air quality in ventilation systems of industrial buildings in order to reduce the exposure and sensitization of workers to their allergens.

Keywords: Mites, allergens, asthma, rhinitis, industrial ventilation systems.

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú.

*Autor de Correspondencia: rdavila430@gmail.com

Introducción

Los niveles de contaminación del aire ambiente han permanecido elevados durante los últimos años y aunque se ha registrado disminución de las concentraciones de contaminantes en parte de Europa y las Américas; la mayoría de la población vive en zonas donde no se aplican normas para asegurar la calidad del aire. La Organización Mundial de la Salud (OMS), confirma que 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de calidad del aire se han reducido por debajo de los límites fijados, estimando que aproximadamente 90% de las personas respiran aire contaminado y que la población de las ciudades pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en recintos cerrados, en un ambiente contaminado en mayor o menor grado; puesto que los niveles de contaminación pueden llegar a ser de 10 a 100 veces más elevados en espacios interiores respecto a los exteriores (OMS, 2018a; 2018b; Trejo, 2021). Es así como, estudios actuales evidencian que, en edificios como escuelas, hospitales, oficinas, centros comerciales, residenciales o de industrias, coexisten partículas, compuestos volátiles y organismos patógenos (hongos, virus, ácaros), que alteran la calidad del ambiente interior, originando efectos nocivos en la salud. (Dirección General de salud pública de Madrid, 2018; Trejo, 2021).

La deficiencia en la calidad del ambiente interior se manifiesta mediante un fenómeno conocido con el nombre de "síndrome del edificio enfermo" (SEE), que hace referencia a edificios en los cuales la mayoría de los ocupantes experimentan efectos agudos en la salud y el confort, manifestando un conjunto de síntomas inespecíficos pero bien definidos, que desaparecen al abandonar la estructura, de manera que parecen estar relacionados con el tiempo que pasan

dentro de ella, no pueden relacionarse con ninguna enfermedad específica, ni puede identificarse ninguna causa. (Boldú & Pascal, 2005; Unión Europea, 2011; Trejo, 2021). Berenguer, (1981) definió como SEE al conjunto de síntomas diversos que presentan predominantemente los individuos en estos edificios y que en general no se acompañan de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose a menudo, por exclusión (Cornejo *et al.*, 2019). El SEE incluye un grupo de síntomas de vías respiratorias altas y bajas, dermatológicos, oculares y sistémicos, los cuales pueden ser cuantificados de acuerdo a los síntomas presentados por sus ocupantes (Boldú & Pascal, 2005).

Calidad del aire interior

La calidad del aire interior se define como la armonía de factores térmicos, acústicos y luminosos del aire que se respira, que no ha de suponer peligro para la salud. El aire interior (AI) de un espacio como una vivienda o edificio no debe contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar la salud de sus ocupantes. Los niveles de contaminación medidos en estudios realizados en oficinas y en viviendas suelen estar muy por debajo de los límites permisibles para ambientes industriales, sin embargo, la mezcla de diversos contaminantes aun en bajas concentraciones y matizados por las condiciones de humedad y temperatura puede alterar la percepción de su calidad (Carazo *et al.*, 2012).

Los efectos adversos debidos a la deficiente calidad del aire en espacios cerrados son causados por múltiples factores de riesgo tales como: físicos, químicos, microbiológicos, contaminantes del exterior y factores psicosociales, entre otros (Cornejo *et al.*, 2019; Venegas, 2011). Los potenciales contaminantes del aire interior (CAI) son de distintos orígenes: derivados de la combustión, gases, compuestos orgánicos volátiles, agentes y procesos biológicos; cuyos efectos patológicos derivados de la exposición son diferentes según el nivel socioeconómico, la localización geográfica y los condicionantes culturales de los individuos. En países de mayor desarrollo socioeconómico influyen el diseño arquitectónico de los edificios, las fuentes de contaminación exterior, los materiales de construcción, los sistemas de ventilación y de aire acondicionado; mientras que en los países menos desarrollados el empleo de biomasa como combustible para cocinar es la principal fuente de CAI (Carazo *et al.*, 2012).

Fuentes de contaminación y contaminantes del aire interior

Entre los factores que afectan la calidad del aire interior (AI) se incluyen las deficiencias en la ventilación, la calidad del aire exterior y la presencia de fuentes contaminantes en el interior (Carazo *et al.*, 2013). La ventilación aporta aire, pero puede ser inadecuada por un volumen insuficiente, un alto nivel de recirculación, una ubicación incorrecta de los puntos de ventilación, una distribución deficiente que deja zonas no ventiladas y una falta de mantenimiento o diseño incorrecto de los sistemas de filtrado (Berenger & Martí, 1989). En ese sentido, un estudio realizado en Estados Unidos en que se analizaba 97 edificios, se observó que el deficiente mantenimiento de los sistemas de acondicionamiento del aire se asociaba al aumento de los síntomas respiratorios, oculares y cutáneos entre los ocupantes (Mendell *et al.*, 2008) (Carazo *et al.*, 2012).

Por otro lado, la contaminación exterior puede originar la entrada de CO, hidrocarburos, óxido de nitrógeno y azufre, compuestos orgánicos volátiles, vapores de gasolina y emanaciones de cloacas a recintos cerrados; siendo demostrado por diversos estudios, señalando que los contaminantes en el aire interior pueden estar en mayor concentración respecto al aire exterior (Ballesteros & Daponte, 2011; Guardino, 1998; Carazo *et al.*, 2012), afectando notablemente la salud; ya que dichos niveles no se reducen significativamente cuando el aire exterior entra en los edificios, las personas pasan aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios interiores y, adicionalmente, una disminución en la ventilación incrementa el riesgo de patologías respiratorias. (Ballesteros & Daponte, 2011).

Por su parte, los CAI incluyen fuentes químicas producto de combustiones con mala ventilación: aparatos de calefacción, cocinas, estufas, refrigeradores y hornos de gas que liberan distintos contaminantes como CO, NO, NO₂, SO₂ y partículas. Otros elementos contaminantes son los materiales de construcción/ mobiliario y las partículas de fibras de vidrio que se degradan de los sistemas de aire, los cuales se pueden incorporar a los ductos de aire y alcanzar el tejido pulmonar por inhalación. Finalmente, los contaminantes biológicos son producidos por seres vivos tales como bacterias, hongos y ácaros del polvo (Horick *et al.*, 2006; Carazo *et al.*, 2012), los cuales se encuentran a menudo en áreas que les proporcionan agua, humedad y alimento, o lugares mojados o húmedos, tales como: aparatos de aire acondicionado, humidificadores, zonas de condensación o baños no ventilados (Ballesteros & Daponte, 2011).

Efectos de los contaminantes sobre la salud

Agentes biológicos como virus, hongos, mohos, bacterias, nematodos, amebas, polen, caspa y ácaros, que se acumulan por condensaciones del sistema de aire y refrigeración, materiales dañados por el agua, material y superficies porosas húmedas, humidificadores, sistemas de agua caliente, excavaciones exteriores, plantas y excreciones de animales; producen reacciones alérgicas y enfermedades por hipersensibilidad (neumonitis, rinitis alérgica, dificultad para respirar, asma). (Ballesteros & Daponte, 2011). Las enfermedades alérgicas constituyen un problema de salud pública a nivel global, y aproximadamente el 30-40% de la población está afectada. La OMS estima que millones de sujetos en el mundo sufren de rinitis alérgica y asma, reduciendo la calidad de vida de la población, generando un impacto negativo en el bienestar socioeconómico (Narváez, 2016). Según el Colegio General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos en España, la prevalencia de alergia en su población adulta es 21,6%, siendo más frecuente en la población femenina; la

rinoconjuntivitis es la manifestación alérgica más frecuente con 45,4%, seguida del asma bronquial con 24,9%; siendo las causas más frecuentes, el polen (31,5%), ácaros del polvo doméstico (25,3%), hongos (3%) y exposición al sol (9%) (Carrera & Suárez, 2020).

Por otra parte, la OMS, señala que 93% de la población infantil en todo el mundo está expuesta a niveles de partículas finas, 630 millones de menores de 5 años a niveles de contaminación por encima de las pautas de calidad del aire, y además una de cada cuatro muertes de niños menores de 5 años está relacionada con los riesgos ambientales (SEICAP, 2019). Además, se estima que en Estados Unidos 7,8% de adultos son afectados por la rinitis alérgica (Newsmedical life sciences, 2015), y en un estudio realizado en el Ecuador se determinó que la primera causa de alergia respiratoria es el ácaro (Carrera & Suárez, 2020; Lascano, 2016).

Existen más de 50.000 especies descritas de ácaros, los cuales pertenecen al phylum *Arthropoda*, clase *Arachnida* y subclase *Acari*; siendo vectores de enfermedades infecciosas o alérgicas. Son de pequeño tamaño, alrededor de 0,2 a 0,4 mm, poseen tres pares de patas en su fase larval y cuatro en el estado de ninfa y adulto, viven en promedio entre dos y tres meses en domicilios, específicamente en superficie de objetos y en el polvo doméstico, en los cuales realizan una o dos puestas de huevos (entre 20 y 40 huevos), alimentándose principalmente de las células epiteliales del ser humano y las proteínas del medio ambiente (Carrera & Suárez, 2020; García, 2019; Jofré *et al.*, 2009).

Los ácaros tienen importancia económica y ecológica contribuyendo a la descomposición de la materia vegetal y favoreciendo la estructuración del suelo; además se emplean como bioindicadores de contaminación edáfica y en el control de plagas agrícolas; y desde el punto de vista sanitario, algunas especies de ácaros son vectores de enfermedades infecciosas o alérgicas. En ambientes de trabajos agrícolas ocurre sensibilización laboral por exposición a ácaros en invernaderos, lugares de almacenamiento de grano de cereales y trabajos de recolección de cítricos y frutas, donde el espacio confinado junto con las características de humedad y temperatura favorecen un incremento en el número de ácaros fitófagos y sus alérgenos. En el caso de la ganadería, los veterinarios, trabajadores de laboratorios, criadores de ganado y curtidores de piel están expuestos a ácaros ectoparásitos; del mismo modo, avicultores cuya actividad laboral se realiza en edificios de confinamiento, trabajos relacionados con almacenamiento de alimentos, limpieza de establos y camas de animales; presentan un mayor riesgo de sensibilización por ácaros y alergia ocupacional, que en muchos casos pueden derivar en graves consecuencias para la salud de los trabajadores expuestos (Pérez, 2008a).

Los ácaros constituyen los sensibilizantes respiratorios más extendidos en el lugar de trabajo y están presentes en casi todos los hábitats terrestres, marinos, dulceacuícolas, y aunque no existen ácaros voladores activos, estos se encuentran en el ambiente aéreo movilizados por el viento o aerosoles debido a su pequeño tamaño (Pérez, 2008b). Los ácaros del polvo doméstico son la principal fuente de alérgenos interiores en todo el mundo, especialmente en países tropicales y subtropicales. El asma, la rinitis y la conjuntivitis alérgicas se asocian de manera significativa con la inhalación y contacto con alérgenos de los ácaros del polvo doméstico, estimándose que entre 40% y 80% de los individuos asmáticos está sensibilizado a los alérgenos de los ácaros y en climas tropicales y subtropicales la sensibilización a especies de ácaros en niños asmáticos puede superar el 90% (Ardusso *et al.*, 2019).

Las partículas fecales de los ácaros tienen forma esférica con un diámetro entre 10 - 40 μm , siendo fácilmente suspendidas en el aire, transportando cada una aproximadamente 0,1 ng de alérgeno, el cual eluye rápidamente sobre la superficie de la mucosa respiratoria pudiendo alcanzar una concentración local que estimula rápidamente la liberación de histamina; de manera que si se inhalan suficientes partículas fecales, el efecto acumulativo produce una obstrucción de las vías respiratorias, debido al desarrollo de una respuesta inflamatoria y el subsecuente aumento de la reactividad bronquial, causando broncoconstricción y sibilancias en personas sensibilizadas (Pérez, 2008a).

Las especies de ácaros con mayor incidencia clínica en la alergia respiratoria son del género *Dermatophagoides* *pteronyssinus*, *Dermatophagoides faringe* y *Euroglyphus maynei*, cuya viabilidad depende de diversos factores ambientales como la humedad relativa (HR) elevada y la temperatura; siendo las óptimas en el caso de *D. faringe* >50% y 27,5 °C respectivamente; y para *D. pteronyssinus* >75% y 25 °C, respectivamente; en consecuencia cuando no disponen de estas condiciones mueren entre 6-11 días por falta de agua; por el contrario, una deficiente ventilación que, generalmente, está asociada con sistemas de ventilación centralizados facilita su viabilidad (García, 2019; Solarz *et al.*, 2021).

La OMS reconoce la alergia a los ácaros del polvo como un problema de salud global, siendo un importante factor de riesgo para el desarrollo del asma, además, estudios han demostrado que existe una relación dosis-respuesta entre la exposición a los alérgenos de ácaros y la posterior sensibilización (Ardusso *et al.*, 2019). En tal sentido, asociaciones internacionales recomiendan medidas de control de alérgenos por ácaros, que incluyen el uso de acaricidas, limpieza del polvo mediante aspirado y toallas húmedas, mantenimiento de una atmósfera seca con baja HR, uso de deshumidificadores y ventilación permanente de los espacios, con sistemas capaces de retener partículas de 0,1 μm (García, 2019).

Bioindicadores de calidad ambiental

En los últimos años existe un incremento en la identificación de organismos como indicadores válidos para evaluar el estado y salud del medio ambiente de una forma eficiente, rápida y económica. Los bioindicadores son organismos vivos que indican la presencia de contaminación o de alguna alteración en el ecosistema y tienen la capacidad de servir

como biomonitores de la calidad ambiental, un ejemplo claro son los contaminantes atmosféricos que cambian las funciones vitales y composición química de las especies bioindicadoras, permitiendo conocer el estado del medio ambiente a diferentes grados de alteración (Gutiérrez, 2020). Entre las características de los bioindicadores destacan la visibilidad de la contaminación por medio de los efectos y alteraciones que provoca en seres vivos (Lijteroff *et al.*, 2009); la sensibilidad o intolerancia a determinadas condiciones ambientales que no les permiten adaptarse, de tal modo que su desaparición es un indicador del problema; y la eficiencia, que demuestra que a mayor emisión de contaminantes la especie más sensible tiene mínima presencia en la zona; mientras que en zonas con menor contaminación su presencia aumenta considerablemente (Quispe *et al.*, 2015).

Entre las especies bioindicadoras del aire se encuentran los líquenes, los cuales son sensibles a gases contaminantes o tóxicos que afectan el ambiente y por su bioacumulación de metales pesados, (Ghirardi *et al.*, 2011). De igual manera, las abejas son sensibles a químicos que se utilizan en la agricultura, respondiendo con acumulación de residuos en su cuerpo o porque mueren al no resistir el nivel de contaminación (Baldi *et al.*, 2014); mientras que, plantas como los musgos son ideales para evaluar los efectos de la contaminación atmosférica, puesto que si han estado expuestas a altos niveles de contaminación tienden a disminuir su cobertura en la zona donde se encuentran, además de perder su clorofila y vitalidad. Por su parte, los claveles de aire son plantas bioindicadoras de la contaminación atmosférica, revelando la presencia de contaminantes tóxicos en el aire como metales y gases; y, finalmente las aves son eficientes bioindicadores de la calidad ambiental ya que su ausencia o disminución significa alteración y/o deterioro ambiental. (Osorio & Molina, 2009).

Sistemas de ventilación industrial para el control de ácaros

Las estrategias de construcción de viviendas y edificios han condicionado una mayor humedad, favoreciendo la supervivencia y reproducción de los ácaros, y reduciendo la calidad del AI. Existe evidencia de que pacientes con hogares sin acondicionamiento de aire tienen un mayor riesgo de sensibilización a ácaros y sus alérgenos (Delgado, 2021) y el empleo de sistemas de ventilación y humidificación centralizados, como resultado de una política de ahorro de energía en industrias y centros de trabajo, ha favorecido el riesgo de infestación acarina (Pérez, 2008a); por lo tanto, factores que pueden modificar el ambiente interior, como los deshumidificadores, sistemas de ventilación y aire acondicionado localizados, pueden condicionar la exposición a los ácaros (Delgado, 2021). La implementación de un sistema de ventilación industrial de doble flujo con una adecuada renovación de aire es básico para evitar niveles de ventilación bajos o excesivos. Estos sistemas de ventilación, al contar con impulsión a través de conductos y conducir la toma del aire exterior, permiten controlar la entrada de partículas y contaminantes biológicos como los ácaros del polvo, los cuales están presentes de forma natural en el ambiente (Solerpalau, 2016).

En ese sentido, con el fin de reducir los efectos de alérgenos de los ácaros en los edificios de las industrias, se han implementado sistemas de ventilación con aire acondicionado (HVAC, del inglés heating, ventilation, air conditioning) con el uso de filtros de aire alta eficiencia (HEPA, del inglés high efficiency particulate air), el cual ha demostrado ser eficaz en la reducción de partículas, tal y como demostraron Fisk *et al.*, (2002) quienes evaluaron el rendimiento de los sistemas HVAC con el empleo de diversos filtros para la reducción de alérgenos de ácaros del polvo doméstico, evidenciando una reducción desde menos del 20% para los filtros estándares hasta un 60% cuando se utilizaron filtros HEPA (Delgado, 2021), de modo que, dichos filtros pueden ser empleados para obtener muestras de polvo y alérgenos de ácaros y así evaluar la calidad del aire a partir de los sistemas de ventilación industrial. Los sistemas de filtrado permiten reducir los niveles de ácaros en este aire de ventilación mejorando notablemente la calidad del aire interior, con el consiguiente beneficio para la salud de los afectados por alergias (Solerpalau, 2016).

Ácaros como bioindicadores de calidad del aire interior

Paufler *et al.* (2001), señalaron que comúnmente, los antígenos de los ácaros del polvo doméstico se cuantifican a partir de muestras de polvo en alfombras o camas, no obstante, evaluar los alérgenos en el aire ambiental representa mejor la exposición de los humanos porque la inhalación es la vía principal de absorción, y además ha sido difícil demostrar una correlación entre los niveles de antígenos del suelo y del aire. De ahí que, que la cuantificación de los ácaros y sus alérgenos a partir de sistemas de ventilación de edificios industriales permita valorarlos como bioindicadores de la calidad del aire interior.

Para ello, es necesario obtener muestras de polvo ambiental, ya que los alérgenos son transportados por el aire, no obstante, la reproducibilidad es complicada y la obtención de la muestra requiere ser realizada por un higienista industrial experimentado, preferiblemente mediante del método de recolección al vacío, ya que, a partir de una cantidad de masa de polvo bruto procedente de una superficie amplia, se puede procesar una muestra uniforme de polvo fino. Para el procesamiento de muestras de polvo depositado y determinación de alérgenos de ácaros, es necesario eliminar previamente una pequeña cantidad de partículas distintas de la proteína alérgica, mediante tamizaje y extracción del polvo crudo, convirtiéndolo en un espécimen homogéneo de partículas de polvo fino que se pesa, y a través de procesos de separación por centrifugación y filtración, permite extraer los alérgenos, los cuales pueden ser conservados en condiciones adecuadas de almacenamiento y refrigeración hasta su cuantificación (Hamilton, 2005).

La cuantificación de alérgenos de ácaros del polvo puede realizarse mediante estuches de medición que permiten tener un valor de referencia de alérgenos entre 10 – 15 minutos: Acarex, Dräger Bio-Check para el control de alérgenos y Ventia Rapid Allergen Test. Dichos métodos consisten en tiras reactivas que permiten conocer el nivel de contaminación por alérgenos de ácaros en el polvo captado, al cual le aplica un reactivo que permite visualizar semicuantitativamente diferentes niveles de riesgo por la presencia de ácaros (García, 2019). Ejemplo de ello es el método basado en la detección de guanina, ya que esta purina es el principal producto nitrogenado en las heces de estos artrópodos, y se admite una concordancia entre los niveles de ácaros del polvo y el contenido de guanina en el mismo (Pérez, 2008b). Otros métodos incluyen la determinación cuantitativa de alérgenos de *D. faringe* y *D. pteronyssinus*, mediante ensayo inmunoenzimático (ELISA) (Dalibert *et al.*, 2018).

En particular, la metodología más precisa permite identificar y cuantifica directamente los ácaros mediante la observación al microscopio del polvo muestreado (concentración número de ácaros/g de polvo o por m² de superficie muestreada); a partir del método de flotación con etanol al 70%, descrito por Hart & Fain (1987), que utiliza la diferencia de densidad específica que existe entre los ácaros y las partículas de suelo o de materia orgánica que los contienen, permitiendo extraer los ácaros que flotan en la superficie. La presencia más de 100 ácaros por gramo de polvo (>2 µg del alérgeno *D. pteronyssinus* /g) es un factor de riesgo para el desarrollo de sensibilizaciones a estos alérgenos. Si la concentración es >500 ácaros por gramo de polvo (>10 µg *D. pteronyssinus* /g) se considera un factor de riesgo alto para el desarrollo de asma agudo en individuos alérgicos a los ácaros (García, 2019; Pérez, 2008b). En tal sentido, independientemente de la metodología, el número de vectores y/o la concentración de alérgenos, la determinación de ácaros provenientes de sistemas de ventilación industriales puede ser indicativo de la calidad del aire interior.

Consideraciones finales

Está claramente sustentado la utilidad de los ácaros como bioindicadores de contaminación edáfica y su papel como contaminantes en entornos agrícolas, ganaderos y alimentarios. Por otro lado, las técnicas para la recolección de ácaros de polvo se basan en la extracción e identificación de los organismos, provenientes principalmente de superficies sólidas intradomiciliarias, tales como: suelo, camas o alfombras, pero no directamente del aire, lo que se atribuye a las bajas concentraciones de partículas suspendidas que se pueden recolectar y la dificultad para obtener resultados reproducibles; limitando la evaluación de su presencia en espacios industriales, donde las condiciones laborales y espaciales favorecen el desarrollo de los ácaros que contaminan el AI. Aunque falta estandarizar metodologías relacionadas con la toma de muestra, el área de muestreo, las condiciones de flujo y presión de ventilación, entre otras; la presente revisión muestra otra perspectiva, respecto al uso de los ácaros como posibles bioindicadores de CAI en sistemas de ventilación de edificios industriales, lo que podría promover investigaciones relacionadas con el efecto de la sensibilización de los ácaros y sus alérgenos para rinitis alérgica y asma en trabajadores industriales, y en consecuencia, reducir la exposición a niveles inocuos para la salud de los mismos.

Conflicto de intereses

Ninguno.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra institución, la Universidad Privada del Norte.

Referencias

- Ardusso, L., Neffen, H. Fernández, E., Saranz, R., Parisi, C., Tolcachier, A., & Marino, D. (2019). Intervención ambiental en las enfermedades respiratorias. *Medicina*, 79(2), 123-136. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0025-76802019000300007 (Acceso julio 2021).
- Baldi, B., Vallejos, O., Gastón, P., Lopez, N., Goldaracena, C & Taus, M. (2014). Empleo de la abeja melífera como bioindicador de contaminación ambiental con herbicidas en áreas cultivadas con soja en la Prov. de Entre Ríos y su relación con el contenido residual en la miel. *Facultad de Bromatología, Universidad Nacional de Entre Ríos*, 4 (4). Disponible en: <https://www.academia.edu/download/36909862/25-98-1-PB.pdf> (Acceso, marzo 2021).
- Ballesteros, V., & Daponte, A. (2011). Calidad del aire interior. Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN). Disponible en: https://www.osman.es/wp-content/uploads/2019/12/cai_osman.pdf (Acceso marzo 2021).
- Berenguer, M. J. (1991). NTP 289: Síndrome del Edificio Enfermo: factores de riesgo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_289.pdf/7299d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9 (Acceso abril 2021).

- Berenguer, M., & Martí, M. (1989). NTP 243: Ambientes cerrados: calidad de aire. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbb4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914 (Acceso mayo 2021).
- Boldú, J., & Pascal, I. (2005). Enfermedades relacionadas con los edificios. In *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 28 Supl. 1, 17-121. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272005000200015 (Acceso marzo 2021).
- Carazo, L., Fernández, L. González, F., & Rodríguez, J. (2012). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Carrera, V. A., & Suárez, P. E. (2020). Alergias respiratorias y su relación con la contaminación ambiental en el Cantón de Pedro Carbo. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/49985> (Acceso febrero 2021).
- Cornejo, I., Ulloa, C. A., Córdova, L. D., & Escobar-Segovia, K. F. (2019). Identificación de síntomas de enfermedades compatibles con el síndrome del edificio enfermo en una empresa industrial en Esmeraldas, con el cuestionario NTP 380 del INSHT. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 6(1), 79-86. <https://doi:10.26423/rctu.v6i1.441>
- Dalibert, E., Dusséaux, M., Bex, V., Mathieu, C., Barral, S., & Dubrou, S. (2018). Exposition domestique aux moisissures et aux allergènes d'acariens de patients parisiens. *Revue des Maladies Respiratoires*, 35(9), 907-918. <https://doi:10.1016/j.rmr.2018.01.012>
- Delgado, J. (2021). Efectividad de las medidas de disminución de alérgenos de interior en el asma alérgica. *Rev Asma*, 6(1), 23-29 Disponible en: <https://separcontenidos.es/revista3/index.php/revista/article/view/176/273> (Acceso mayo 2021).
- Dirección General de Salud Pública y Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. (2018). Calidad del ambiente interior en edificios de uso público. Disponible en <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM020191.pdf> (Acceso febrero 2021).
- Fisk, W., Faulkner, D., Palonen, J., & Seppanen, O. (2002). Performance and costs of particle air filtration technologies. *Indoor Air*, 12(4), 223–34. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2002.01136.x>
- García, A. (2019). Alérgenos de ácaros de polvo en moquetas. *Formación de seguridad laboral*, 65, 96-98. <https://www.seguridad-laboral.es/revistas/fsl/165/96/#zoom=z>. Disponible en: https://www.seguridad-laboral.es/prl-por-sectores/limpieza-y-residuos/alergenos-de-acaros-de-polvo-en-moquetas_20190718.html (Acceso febrero 2021).
- Ghirardi, R., Fosco, M. E., Gervasio, S. G., Imbert, D., Enrique, C., & Pacheco, C. G. (2011). Líquenes y Claveles del Aire como Bioindicadores de Contaminación Atmosférica en el Microcentro de la Ciudad de Santa Fe. *Ciencia*, 6, 24. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/103228> (Acceso abril 2021).
- Guardino, X. (1998). Calidad del aire interior. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales. 44, 1–33. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+44.+Calidad+del+aire+interior> (Acceso mayo 2021).
- Gutiérrez, M. L. (2020). Revisión sobre la utilización de bioindicadores para analizar la calidad del aire en contextos urbanos. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38777> (Acceso mayo 2021).
- Hamilton, R.G. (2005). Assessment of indoor allergen exposure. *Current Allergy and Asthma Reports*, 5(5), 394-401. <https://doi:10.1007/s11882-005-0013-0>
- Hart, B.J., & Fain, A. (1987). A new technique for isolation of mites exploiting the difference in density between ethanol and saturated NaCl: qualitative and quantitative studies. *Acarología*, 28 (3). Disponible en: https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/export_pdf.php?id=2590&typefile=1 (Acceso marzo 2021).
- Horick, N., Weller, E., Milton, D.K., Gold, D.R., Li, R., & Spiegelman, D. (2006). Home endotoxin exposure and wheeze in infants: correction for bias due to exposure measurement error. *Environ Health Perspect.*, 114, 135–40. <http://doi:10.1289/ehp.7981>
- Jofré, L., Noemí, I., Neira, P., Saavedra, T., & Díaz, C. (2009). Acarosis y zoonosis relacionadas. *Revista chilena de infectología*, 26(3), 248-257. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182009000400008>
- Lascano, G. (2016). Control ambiental ha resultado efectivo contra alergias. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/control-ambiental-ha-resultado-efectivo-contr-a-aler-gias-respiratorias-88312> (Acceso marzo 2021).

- Lijteroff, R., Lima, L & Prieri, B. (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 25 (2), 111-120. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000200006 (Acceso febrero 2021).
- Mendell, M. J., Lei-Gomez, Q., Mirer, A. G., Seppanen, O., & Brunner, G. (2008). Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: the US EPA BASE study. *Indoor Air*, 18, 301–16. <http://doi:10.1111/j.1600-0668.2008.00531.x>
- Narváez, E. I. (2016). Servicio de Alergia, Hospital Regional San Juan de Dios, Tarija, Bolivia. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/vac/v25n2/vac04216.pdf> (Acceso enero 2011).
- Newsmedical life sciences. (2015). Epidemiología de Alergias. Disponible en: [https://www.news-medical.net/health/Epidemiology-of-Allergies-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/Epidemiology-of-Allergies-(Spanish).aspx) (Acceso marzo 2021).
- OMS. (2018a). Calidad del aire y salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Acceso junio 2021).
- OMS. (2018b). Centro de prensa, Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action> (Acceso junio 2021).
- Osorio, J., & Molina, L. (2009). A vuelo de pájaro: las ciudades como refugio para las aves. *NODO*, 4, 47-58. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/274388364_A_vuelo_de_pajaro_Las_ciudades_como_refugio_para_las_aves (Acceso febrero 2021).
- Pauffer, P., Gebel, T., & Dunkelberg, H. (2001). Quantification of Mite Allergens in Ambient Air. *Reviews on Environmental Health*, 16(1), 65-80. <https://doi:10.1515/reveh.2001.16.1.65>
- Pérez, B. (2008a). Sensibilización laboral por exposición a ácaros (I): ácaros en el ambiente laboral. Disponible en: <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/04/NTP-652-Sensibilización-laboral-por-exposición-a-ácaros-I-Ácaros-en-el-ambiente-laboral.pdf> (Acceso marzo 2021).
- Pérez, B. (2008b). Sensibilización laboral por exposición a ácaros (II): ácaros en el ambiente laboral. Técnicas de muestreo y prevención. Disponible en: [http://cso.hermes-soft.com/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insh/NTP%20653%20%20Sensibilizacion%20laboral%20por%20exposicion%20a%20acaros%20\(II\)%20tecnicas%20de%20muestreo%20y%20prevencion.pdf](http://cso.hermes-soft.com/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insh/NTP%20653%20%20Sensibilizacion%20laboral%20por%20exposicion%20a%20acaros%20(II)%20tecnicas%20de%20muestreo%20y%20prevencion.pdf) (Acceso abril 2021).
- Quispe, K., Ñique, M., & Chuquilin, E. (2015). Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María, Perú. *RevIA*, 3(2). Disponible en: <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/viewFile/90/74> (Acceso marzo 2021).
- Solarz, K., Obuchowicz, A., Asman, M. Nowak, W., Witecka, J., Pietrzak, J., Marek, M., Lonak, A., Stadnicka, I., & Hajduga-Staško, B. (2021). Abundance of domestic mites in dwellings of children and adolescents with asthma in relation to environmental factors and allergy symptoms. *Scientific Reports*, 11, 18453. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97936-7>
- Solerpalau S&P. (2016). La alergia a los ácaros y las medidas para evitarlas. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/alergia-a-los-acaros/> (Acceso julio 2021).
- Trejo, G. (2021). Estrategias para lograr la sostenibilidad en la construcción de edificaciones. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/13730> (Acceso agosto 2021).
- Unión Europea UE. (2011). Calidad del aire interior. Disponible en: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824 (Acceso marzo 2021).
- Venegas, E. (2011). Calidad del aire y sus efectos en la salud humana. *Revista Éxito Empresarial*, 149, 1-5. Disponible en: <https://trinumuguay.com.uy/wp-content/uploads/2021/05/calidad-del-aire-y-sus-efectos-en-la-salud-humana.pdf> (Acceso junio 2021).