



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Bioaerosoles asociados a la contaminación del aire y sus efectos en la salud humana: un scoping review de las investigaciones a nivel mundial, 2005- 2019**

**Autor(es)**

**Cindy Paola Valoyes Cabrera  
Anamile Suaza Acevedo**

**Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública  
Héctor Abad Gómez  
Medellín, Colombia  
2020**

**Bioaerosoles asociados a la contaminación del aire y sus efectos en la salud humana: un Scoping review de las investigaciones a nivel mundial, 2005-2019**

**Anamile Suaza Acevedo  
Cindy Paola Valoyes Cabrera**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Administradora en Salud con Énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental**

**Asesor:  
Juan Gabriel Piñeros Jiménez  
Grupo de Investigación Salud y Ambiente**

**Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública  
“Héctor Abad Gómez”  
Medellín, Colombia  
2020**

## Contenido

<b>Contenido</b> .....	1
<b>Lista de tablas</b> .....	2
<b>Lista de gráficos</b> .....	3
<b>Lista de anexos</b> .....	4
<b>Glosario</b> .....	5
<b>Resumen</b> .....	7
<b>Abstract</b> .....	8
<b>Introducción</b> .....	9
<b>Planteamiento del problema</b> .....	10
Justificación .....	13
<b>Objetivo General</b> .....	14
<b>Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>Marco Teórico</b> .....	15
Polución del aire .....	15
Bioaerosoles .....	17
Bioaerosoles y efectos en la salud. ....	19
Epidemiología ambiental. ....	21
<b>Marco Normativo.</b> .....	23
<b>Metodología</b> .....	28
Diseño de estudio. ....	28
Bases de datos. ....	28
Criterios de búsqueda .....	28
Criterios de inclusión.....	29
Criterios de Exclusión.....	30
Selección de los textos .....	30
Recolección de información .....	30
Análisis de la información .....	31
<b>Resultados</b> .....	33
Generalidades de los artículos. ....	34
Determinación de la exposición a los bioaerosoles.....	42
Efectos en la salud encontrados en las investigaciones sobre bioaerosoles....	62
<b>Conclusiones</b> .....	75

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Reglamentación y normatividad internacional aplicable a bioaerosoles y polución de aire.....	23
<b>Tabla 2.</b> Normatividad internacional aplicable a bioaerosoles y polución de aire.	25
<b>Tabla 3.</b> Términos MESH utilizados en el proceso de búsqueda de publicaciones sobre bioaerosoles y salud entre los años 2005 y 2019.....	29
<b>Tabla 4.</b> Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizadas en el continente de Europa. ....	36
<b>Tabla 5.</b> Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizadas en el continente Americano. ....	39
<b>Tabla 6.</b> Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizados en los continentes de Oceanía y África.....	40
<b>Tabla 7.</b> Análisis de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, ubicadas en Q1, Q2, Q3 y Q4 según Scimago .....	42
<b>Tabla 8.</b> distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo polen encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019.....	44
<b>Tabla 9.</b> distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo bacteria encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019.....	49
<b>Tabla 10.</b> distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo hongos encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019.....	52
<b>Tabla 11.</b> distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo hongos y bacterias encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019 .....	55
<b>Tabla 12.</b> distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo polen y hongos encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019 .....	56
<b>Tabla 13.</b> Descripción de los diseños de estudio utilizados en las diferentes investigaciones de bioaerosoles con relación en salud, en los años 2005 al 2019	62

## Lista de gráficos

<b>Grafico 1.</b> Clasificación de los diferentes diseños de estudio observacionales aplicables a las investigaciones analizadas. ....	22
<b>Grafico 2.</b> Proceso de identificación y selección de investigaciones resultantes de la base de datos Pubmed, al filtrar ecuaciones de búsqueda. ....	33
<b>Grafico 3.</b> Distribución de las publicaciones de investigaciones sobre bioaerosoles y salud según año. ....	34
<b>Grafico 4.</b> Distribución geográfica de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, expresada en continentes. ....	35
<b>Grafico 5.</b> Periodos de estudio de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, expresada en años. ....	41
<b>Grafico 6.</b> Distribución de bioaerosoles y contaminantes encontrados en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud. ....	43
<b>Grafico 7.</b> Análisis de la frecuencia en que se tomaban muestras de contaminantes en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire. ....	59
<b>Grafico 8.</b> Análisis de la frecuencia en que se tomaban muestras de contaminantes en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire. ....	61
<b>Grafico 9.</b> Descripción de las diferentes fuentes de información de las que se tomaban datos para las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire. ....	61
<b>Grafico 10.</b> Análisis de las investigaciones que tomaron población con antecedentes médicos en las investigaciones de bioaerosoles y salud. ....	66
<b>Grafico 11.</b> Descripción de las diferentes fuentes de información en salud, utilizadas en las investigaciones de bioaerosoles y salud para los años 2005 - 2019. ....	67
<b>Grafico 12.</b> Descripción de los sistemas del cuerpo analizados en las investigaciones de bioaerosoles y salud. ....	68

## **Lista de anexos**

**Anexo 1:** Matriz de búsqueda investigador 1

**Anexo 2:** Matriz de búsqueda investigador 2

**Anexo 3:** Matriz de lectura final

## Glosario

**Aire interior:** Suele aplicarse a ambientes de interior no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, teatros restaurantes, etc.) y viviendas particulares. (1)

**Aire exterior:** Mezcla de partículas naturales y artificiales que se encuentran en el aire. (2)

**Bioaerosoles:** Partículas aero-transportables, que se encuentran suspendidas en el aire y que contienen microorganismos, partículas finas, moléculas de tamaño grande, compuestos orgánicos volátiles, fragmentos y toxinas cuyo origen es la materia viva específicamente agentes de origen biológico tales como bacterias, virus, hongos, polen, escamas de piel, pelos, e incluso insectos muy pequeños o sus desechos.(3)

**Bacterias:** Microorganismos procariotas que presentan un tamaño de unos pocos micrómetros y diversas formas, incluyendo esferas (cocos), barras (bacilos), filamentos, curvados (vibrios) y helicoidales (espirilos y espiroquetas).(4)

**Contaminación atmosférica:** La presencia en el aire de uno o más contaminantes en una concentración y duración tales que causen molestias o sean perjudiciales para la vida humana, la vida animal o la vegetación. (5)

**Compuestos orgánicos volátiles (COV):** Son compuestos que se evaporan fácilmente en condiciones normales de temperatura y presión y su volatilidad les da la capacidad de propagarse en el ambiente y modificar su composición química, para así desarrollar impactos directos o indirectos en el medio ambiente. (6)

**Determinantes de salud:** Conjunto de factores tanto personales como sociales, económicos y ambientales que determinan el estado de salud de los individuos o de las poblaciones.(7)

**Enfermedad:** Alteración y desviación del estado fisiológico en varias partes del cuerpo, por causas en general conocidas, manifestadas por síntomas y signos característicos, cuya evolución es más o menos previsible. (8)

**Estación fija:** Equipo de la red de monitoreo que permanece en un punto fijo en periodos de tiempo superiores a un año. (9)

**Estación móvil:** Equipo de la red de monitoreo que permanece en un punto en periodos de tiempo inferiores a un año. (9)

**Factores biológicos:** Factores biológicos que se centra en la genética y las diferencias biológicas en la estructura y el funcionamiento de los organismos del ser humano (10)

**Factores de riesgo:** Cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión.(11)

**Fuente de Emisión:** Actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.(9)

**Fuente fija:** Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa. (9)

**Fuente móvil:** Fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza. (9)

**Hongos:** Constituyen un reino propio, formado por un amplio conjunto de seres vivos, que incluye desde organismos unicelulares microscópicos como las levaduras como organismos pluricelulares visibles a simple vista (12)

**Material particulado (PM):** Elementos del aire contaminado que puede estar compuesto por especies orgánicas e inorgánicas y en particular, por metales pesados presentes en PM incluyen Plomo (Pb), Mercurio (Hg). Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Niquel (Ni). (13)

**Polen:** Polvo constituido por las micro esporas o los espermatozoides de las plantas con semillas o de los estambres de las flores que se adquiere su poder fecundante al ser transportado por el viento o por los insectos. Es causa frecuente en primavera de trastornos alérgicos o polinosis. (14)

**Salud:** Estado completo tanto de bienestar físico, mental, y social, y no solamente la ausencia de las afecciones o enfermedades.(15)

**Toxinas bacterianas:** Sustancia toxica compuesta con bacterias que causan enfermedades (16)

**Endotoxinas:** Son liposacáridos asociados con la membrana extrema de bacterias gramnegativas (17)

**Virus:** Partícula de código genético, ADN o ARN, encapsulada en una vesícula de las proteínas.(18)



## Resumen

**Antecedentes:** la mala calidad del aire está presente tanto en países con altos y bajos ingresos, obligando a la población a estar expuesta constantemente a diferentes sustancias tóxicas que afectan la salud, causando efectos adversos en los diferentes sistemas del cuerpo, principalmente el vascular y el respiratorio, disminuyendo la esperanza de vida e incluso aumentando la mortalidad;

**Objetivo:** esta revisión bibliográfica tuvo como fin identificar las investigaciones de bio-aerosoles asociados a la polución del aire y sus posibles efectos en la salud de las poblaciones entre los años 2005 – 2019 a nivel mundial.

**Metodología:** para la búsqueda se utilizó la base de datos Pubmed, y diferentes descriptores MeSH como: air pollution, health y bioaerosol. Se tuvieron en cuenta diferentes criterios de búsqueda como el año de publicación, el idioma, que se tratara de investigaciones y que estas fueran de tipo extramural, En total se encontraron 2320 estudios potencialmente relevantes, los cuales se ingresaron a la matriz de búsqueda. En un primer análisis se descartaron 2206 artículos, dejando 61 aprobados, y 53 para análisis por el asesor quien finalmente aprobó 27, analizando un total de 88 artículos de los cuales se descartaron 31 más porque no cumplían con los criterios.

**Resultados:** de los ochenta y ocho artículos que cumplían con todos los criterios, cincuenta y siete, analizaban la taxonomía de los bioaerosoles, ya fuera analizados de forma individual o en conjunto con otros contaminantes como el material particulado, adicionalmente, diecisiete investigaciones relacionaron estos bioaerosoles con patologías en salud estableciendo principalmente relación con enfermedades respiratorias y cardiovasculares en niños y adultos mayores.

**Discusión:** Esta investigación encontró un total de 57 artículos publicados sobre bioaerosoles entre 2005-2019, pudiéndose considerar como uno de los temas menos estudiados en el campo de la contaminación del atmosférica, poco se ha publicado sobre el rol de los bioaerosoles en la contaminación del aire urbano y su relación con la salud de la población. La mayoría de trabajos se localizan en el ámbito intramural, de ahí la importancia de consolidar información en el espacio extramural. Así mismo los datos sobre los efectos en la salud de las emisiones de bioaerosoles aún son limitados y no existen límites establecidos de exposición máxima para bioaerosoles, debido a que los estudios de bioaerosoles no logran relacionar los efectos sobre la salud o tienen una evaluación de exposición insuficiente.

**Conclusiones:** El abordaje técnico de los estudios revisados dentro de la matriz permitió determinar la tendencia de cada una de las investigaciones, dando cuenta de que los diseños metodológicos más utilizados en las investigaciones fueron estudios de series de tiempo, estudios de caso cruzado y correlaciones, adicionalmente, esta revisión demostró que la mayoría de los estudios que se han realizado de bioaerosoles asociados a la polución del aire y sus efectos en la salud eran ecológicos, es decir, que se basaban en una población o analizaban la población como conjunto y no de manera individual.

## Abstract

**Background:** bad air quality is present in high and low-income countries forcing population to be constantly exposed to different toxic substances that affect health, causing adverse effects on different body systems mainly vascular and respiratory, reducing life expectancy and even increasing mortality. Objective: this bibliographic review aimed to identify investigations of bio-aerosols associated with air pollution and their possible effects on health population between 2005 - 2019 worldwide.

**Methodology:** Pubmed database and different MeSH descriptors such as: air pollution, health and bioaerosol were used for the search. Different search criteria were taken into account such as year of publication, language, if it was research and if it was extramural. A total of 2320 potentially relevant studies were found, which were entered into a search matrix. In a first analysis 2206 articles were discarded, leaving 61 approved, and 53 for analysis by the advisor who finally approved 27. A total of 88 articles were analyzed which 31 were discarded because did not meet criteria.

**Results:** of the 88 articles that met all the criteria, 57 analyzed the taxonomy of the bioaerosols analyzed individually or in conjunction with other contaminants such as particulate matter. Additionally, 17 investigations related these bioaerosols to health pathologies, mainly respiratory and cardiovascular diseases in children and the elderly.

**Discussion:** This research found a total of 57 articles published on bioaerosols between 2005-2019, which can be considered as one of the least studied topics in the field of air pollution, little has been published on the relationship between urban air and health of the population. Most of the works are located in the intramural area, hence the importance of consolidating information in the extramural area. Likewise, data on health effects of bioaerosol emissions are still limited and there are no established maximum exposure limits for bioaerosols, because bioaerosol studies fail to relate health effects or have an exposure assessment insufficient.

**Conclusions:** The technical approach of reviewed studies within the matrix allowed determining the trend of each investigations, realizing that methodological designs most used in this investigations were time series studies, crossover case studies and correlations. Additionally, this review showed that most of the studies that have been carried out of bioaerosols associated with air pollution and their effects on health were ecological, they were based on a population or analyzed the population as a whole and not on individual way.

## Introducción

La contaminación atmosférica está presente en muchas partes del mundo, especialmente en las grandes urbes afectando un gran porcentaje de la población mundial. Muchas investigaciones y revisiones bibliográficas han llamado la contaminación del aire como una causa establecida de mortalidad y morbilidad (19), lo cual ha generado un gran interés para la Salud Pública. Sin embargo, gran parte de la población mundial aún sigue viviendo en zonas con deficiente calidad del aire. El término "Contaminación Atmosférica" se refiere a las sustancias nocivas en la atmósfera, en concentraciones que podrían ser nocivas para la salud humana o afectar los diferentes ecosistemas; (19) Existen diferentes tipos de contaminantes; los que se emiten directamente de la atmósfera por ejemplo el monóxido de carbono(CO) o contaminantes biológicos como los bioaerosoles.

Los bioaerosoles aun siendo parte del fenómeno de la polución del aire, han sido muy poco estudiados en el transcurrir de los años. Estos se describieron como partículas biológicas que incluyen virus, bacterias, polen, esporas de hongos, entre otros tipos de restos biológicos. Se generan a través de diferentes fuentes de emisión, que por lo general son de origen antrópico y/o natural. La primera se atribuye a actividades propias como: plantas de tratamientos de aguas residuales, plantas de compostaje, rellenos sanitarios etc. Con respecto a las fuentes de origen natural estas van más relacionadas a las dinámicas biológicas del suelo y fuentes hídricas (20)

El tamaño de estas partículas fue de gran importancia, ya que se registraron diámetros de 1 a 20  $\mu\text{m}$ , un rango que desde el punto de vista de la Salud Pública es de gran interés, eso indica que las mismas pueden llegar a hacer nocivas para la salud humana generando reacciones alérgicas, enfermedades pulmonares, entre otras.

En términos generales el objetivo de este trabajo de grado fue Identificar las investigaciones de bioaerosoles asociadas a la polución del aire y así mismo los posibles efectos que estos causaron en la salud humana, al mismo tiempo, este tipo de revisión permitió obtener una mirada más generalizada de los campos emergentes, en los cuales, debido a la cantidad de artículos y métodos, era más difícil asegurarse de la cantidad de conocimiento existente.

La información que se recopiló en este documento fue de gran importancia tanto para la salud pública como para la comunidad académica y las ciencias de la salud; aportando bases y guías a los mismos para el desarrollo de posibles investigaciones relacionadas con estos temas; las concentraciones bioaerosoles en el aire y las dinámicas de los mismos en su relación con las condiciones ambientales y meteorológicas, cada día son más relevantes para los diferentes grupos de estudio.

## Planteamiento del problema

En los últimos años se ha reconocido un constante deterioro de la calidad del aire según el Estudio *Carga Global de Enfermedades: Lesiones y Factores de Riesgo 2015*, la exposición a la contaminación del aire se asoció con un aumento en la mortalidad y morbilidad, además de acortar la esperanza de vida. La contaminación del aire fue considerada la principal causa de enfermedad mundial asociadas a factores de riesgo del ambiente, especialmente en países de ingresos bajos y medios. Este informe estimó que la exposición a niveles altos de material particulado fino (material particulado de menos de 2.5 micras- PM<sub>2.5</sub> por sus siglas en inglés) causó 4,2 millones de muertes y 103 millones de años perdidos de vida saludable en 2015, lo cual representó el 7,6% de la mortalidad global. Las muertes atribuibles a PM<sub>2.5</sub> aumentaron de 3,5 millones en 1990 a 4,2 millones en 2015. Adicionalmente se estimó, que la exposición al ozono causó 254.000 muertes. (21)

Según los análisis de supervivencia utilizados en el proyecto *Global Burden of Disease de 2016*. Debido a la exposición a PM<sub>2.5</sub> se redujo la esperanza de vida al nacer de 1,2 y 1,9 años en países contaminados del continente de Asia y África. Si en todos los países se cumpliera con la Guía de la calidad del aire y los niveles de 10µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2.5</sub> recomendados por Organización Mundial de la Salud- (OMS), la esperanza de vida podría aumentar en una mediana ponderada de la población de 0,6 años en un rango intercuartil de 0,2 – 1,0 años, un beneficio de una magnitud similar a la de erradicar el cáncer de mamá y pulmón. Debido a que estas tasas de enfermedad de fondo modularon el efecto de la contaminación del aire sobre la esperanza de vida. Las altas tasas de enfermedad cardiovascular específicas por edad en algunos países contaminados de bajos y medianos ingresos amplifican el impacto del PM<sub>2.5</sub> en la supervivencia. (22)

En 2012, OMS estableció que alrededor de 100 millones de habitantes vivían en áreas susceptibles a la contaminación atmosférica y estimó alrededor de 93.000 defunciones anuales para los países de ingresos bajos y medios de la región de las Américas que eran atribuibles a la contaminación del aire, mientras que en países de ingresos altos se calcularon alrededor de 44.000 defunciones por esta causa.(23) Según la Organización de Naciones Unidas (ONU), en 2015 solo 17 de 33 países de la región latinoamericana median la calidad del aire y las estaciones de medición solían estar ubicadas en las ciudades más habitadas dejando un gran número de ciudades y poblaciones sin monitoreo. (24).

En 2018, la OMS informó que nueve de cada diez personas respiraban aire con altos niveles de contaminantes. Y aproximadamente siete millones de personas morían cada año por la contaminación del aire ambiente y doméstico, adicionalmente reconoció que la misma es un factor de riesgo crítico para las enfermedades no transmisibles (ENT), se estimó que causa una cuarta parte (24%) de todas las muertes de adultos por cardiopatías, el 25% de las muertes por accidentes cerebrovasculares, el 43% de las muertes por neumopatía obstructiva

crónica y el 29% de las muertes por cáncer de pulmón. (25) Para Colombia el Instituto Nacional de Salud reportó que la exposición a aire y agua de mala calidad generaron 17.549 muertes anuales, es decir el 8% del total de la mortalidad anual del país. Se estimó que específicamente la mala calidad del aire ocasionó 13,9% de las muertes por enfermedad isquémica del corazón y 17,6% de las muertes por enfermedad pulmonar obstructiva crónica, afectando principalmente a menores de 5 años y mayores de 60 años. (26)

En el aire se encontraron diferentes partículas sólidas y líquidas provenientes de fuentes naturales o antropogénicas, compuestas de mezcla de productos químicos y biológicos, como: metales, sales, materiales carbonosos, bioaerosoles, y endotoxinas. Una revisión bibliográfica sobre *el diagnóstico y control del material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM<sub>10</sub> \* 2012*, se hizo con el fin de realizar mediciones de la concentración de este contaminante, evaluar su comportamiento en el espacio y el tiempo, asociándolos con los fenómenos meteorológicos, composición, química y origen (27). Los contaminantes ambientales de origen biológico (bioaerosoles) son partículas de tamaño microscópico que se encuentran suspendidas en el aire, y que están vivos o provienen de un organismo vivo.(28) Entre los bioaerosoles se pueden hallar microorganismos, fragmentos, toxinas y partículas producto de los desechos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva (29). Estos son susceptibles de ser aerotransportados y su principal vía de penetración en el organismo es por inhalación, por lo cual generan potenciales enfermedades de tipo respiratorio, como bronquitis y neumonía, así como enfermedad pulmonar obstructiva crónica, alergias, dermatitis, arritmias e infarto agudo de miocardio, que puede contribuir en la incidencia de estas enfermedades de grupos vulnerables (30). Principalmente en grupos poblacionales susceptibles (niños, personas de la tercera edad y personales con alteraciones en su sistema inmunológico). (31)

Los bioaerosoles son generados en altas concentraciones por distintas fuentes, como: estaciones depuradoras de aguas residuales, centros de tratamiento de residuos orgánicos, plantas de compostaje, plantas de selección de residuos de envases, así como vertederos y rellenos sanitarios, entre otros. (31)

Desde 1987 se encuentran publicaciones sobre bioaerosoles en las bases de datos científicas, sin embargo, sólo hasta 1992 a partir de las conclusiones de la investigación de Stetzenbch: *Factores que influyeron en la dispersión y supervivencia de microorganismos aerolizados*, se reconoce que el material vivo que está en las moléculas de material particulado se reproduce, es capaz de crecer en el ambiente y se puede convertir en un riesgo potencial para la salud humana

(32), y es por esto que los bioaerosoles han empezado a ser un foco importante de investigación e intervención en la salud pública.

En 2002, Wark en su trabajo *Contaminación del aire: origen y control* postuló que el comportamiento de los bioaerosoles se puede entender bajo dos perspectivas, la primera se centra en los puntos de generación, es allí donde son susceptibles al transporte y dispersión que obedece a los movimientos del aire, y la segunda que explica cómo estos se dispersan a partir del material particulado que se transportó en el aire y que según las condiciones atmosféricas se reprodujeron y crecieron. (33)

A pesar de la importancia, que tienen los de los bioaerosoles para la salud pública, este tema ha sido poco investigado. Luego de realizar una exploración en una de las principales bases de datos científica, PUBMED, se identificaron únicamente doscientas cincuenta y dos publicaciones. En la última reunión anual conjunta de la *Sociedad Internacional de Ciencias de la Exposición y la Sociedad Internacional de Epidemiología Ambiental* (ISES-ISEE por sus siglas en inglés) celebrada en 2018, donde se presentaron más de dos mil trabajos sobre procesos de contaminación ambiental a nivel local y global que se enfocó principalmente en aquellos que permitieron una mejor comprensión sobre la exposición a contaminantes del aire y la salud, no se presentó ningún proyecto sobre bioaerosoles (33). Así mismo en la sexta versión del *Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública* (CASAP) entre aproximadamente trescientas investigaciones que se expusieron solo dos estaban relacionadas con los bioaerosoles. (34)

Dado que este tema es emergente en la investigación del campo de la epidemiología ambiental, es necesario compilar la información y reconocer como se ha venido desarrollando este proceso de generación de conocimiento. ¿Qué investigaciones?, ¿Qué metodologías se han utilizado?, ¿Qué desarrollos metodológicos y que resultados se han encontrado? Además, se describe y ahonda sobre los microorganismos, fragmentos, toxinas y partículas de residuos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva que afectan la salud humana; es por esto que se realizó una búsqueda bibliográfica relacionada con bioaerosoles, en el marco de la polución del aire, que ayudó a recolectar la información ya mencionada y permitió analizar cómo se desarrolló la investigación de bioaerosoles en los últimos 15 años.

Debido a esto la pregunta de investigación que se planteó es la siguiente ¿cuáles han sido las investigaciones sobre los bioaerosoles asociados a la polución del aire y que posibles afectos tuvieron en la salud de las poblaciones a nivel mundial entre los años 2005 a 2019?

## Justificación

Desde el decenio de 1950 la calidad del aire a nivel mundial ha presentado un constante deterioro, lo cual ha impulsado las investigaciones, el desarrollo y la tecnología, sobre todo determinar las causas de esta problemática. Entre las distintas temáticas de estudio se destaca la indagación acerca de los microorganismos que se encuentran en el aire y sobre como ellos se diseminan y transmiten a la población. Los bioaerosoles en aire atmosférico, son un tema en calidad del aire poco explorado, y de gran importancia para la salud pública debido a la complejidad que representan sus comportamientos frente al ambiente y sus impactos para la salud humana.

Dado que los bioaerosoles son un campo emergente e inexplorado, se examinaron detalladamente los procesos que se ejecutaron para llevar a cabo las investigaciones de bioaerosoles específicamente en el marco de la polución del aire, siendo esta revisión una forma de organizar y sintetizar las investigaciones primarias, con la creación de un documento que reunió los estudios más relevantes sobre el tema, haciendo énfasis principalmente en las metodologías que utilizaron para medir los bioaerosoles, los efectos que estos tuvieron en la salud humana y los resultados que se obtuvieron de las mismas; durante este proceso se identificó que las investigaciones de bioaerosoles se encontraba dispersas y con difícil acceso, corroborando que está compilación de información facilitaría la búsqueda de datos a las personas interesadas, adicionalmente sugiriendo metodologías y vacíos a futuras investigaciones.

Como estudiantes de Administración en Salud con énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental es nuestro deber apoyar a la Universidad de Antioquia y por ende a la Facultad Nacional de Salud Pública en la construcción de una base teórica de un campo emergente e inexplorado como lo es la contaminación del aire y la salud, siendo esta una forma de introducir a la mismas en este campo y concientizar a la comunidad académica sobre la importancia de estos bioaerosoles en la salud pública

Por lo anterior, con esta revisión exploratoria se pretendía crear conciencia de la importancia que tienen los bioaerosoles. Con este documento se proporcionan las bases o líneas que se investigaron de bioaerosoles en el mundo, y los métodos que se utilizaron para estos, ayudando en la definición de preguntas más precisas y criterios de inclusión más adecuados, así como la identificación de vacíos de conocimiento, adicionalmente motiva a la comunidad académica a realizar investigaciones sobre este tema tan importante para la salud pública pero tan poco explorado en el mundo.

## **Objetivo General**

Identificar las investigaciones de bio-aerosoles asociados a la polución del aire y sus posibles efectos en la salud de las poblaciones entre los años 2005 – 2019 a nivel mundial.

## **Objetivos Específicos**

- Caracterizar las investigaciones realizadas sobre bioaerosoles en función de los lugares, las poblaciones y años de estudio.
- Establecer los principales agentes biológicos (agentes infecciosos y toxinas) identificados en las investigaciones revisadas y sus posibles fuentes de emisión.
- Describir las metodologías y técnicas utilizadas en la investigación de los bioaerosoles
- Exponer los efectos en la salud humana que se encuentren en las investigaciones de bio-aerosoles asociados a la polución del aire.



## Marco Teórico

### Polución del aire

Se entiende por contaminación atmosférica, la presencia de uno o más contaminantes en una concentración y duración que causen molestias o sean perjudiciales para la vida humana, la vida animal y vegetal. (35) El aire exterior se compone de varios elementos como lo son el Oxígeno, Nitrógeno, Argón, Helio, Hidrógeno, Dióxido de Carbono, Metano, Óxido de Azufre, Óxidos de Nitrógeno, material particulado (PM por sus siglas en ingles), bioaerosoles, compuestos orgánicos volátiles (VOC por sus siglas en ingles) y otros gases y partículas, los cuales son generados por distintas fuentes tanto fijas como móviles, siendo la segunda una de las más críticas, generalmente el uso de combustibles de mala calidad o combustibles fósiles produce grandes cantidades de Dióxido de Carbono.(36) Algunas de estas sustancias no dañan directamente la calidad del aire, sino que reaccionan con otras ya presentes en el aire, formando compuestos dañinos, el principal ejemplo son los VOC, dado que las grandes concentraciones de este tienen efectos negativos en los ecosistemas, y la salud pública. (27)

En 2014 la OMS reveló que 7.000.000 millones de habitantes disminuyen su esperanza de vida al año debido a la polución del aire, (25) una de las principales causas de este fenómeno es el crecimiento poblacional, y por ende los recursos utilizados para satisfacer sus necesidades básicas. Jorge Hardoy y David Satterthwaite, manifestaron que *“en los países en vía de desarrollo entre los años 1920 y 1980 la población rural se duplicó, mientras que la población urbana pasó de 100 millones a cerca de 1.000 millones durante el mismo periodo”*. por otro lado, el estudio *Crecimiento económico y emisiones de CO2: el caso de los países suramericanos*. Entre los 2002 y 2012, se pudo evidenciar la relación entre el crecimiento económico y el deterioro medioambiental, pues en este periodo se notó el aumento de ciertos contaminantes en el aire, principalmente el dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, lo que demuestra que el crecimiento económico es un destructor de la naturaleza. (37)

La contaminación atmosférica afecta casi todas las ciudades del mundo, pero sobre todo a las grandes capitales, donde el desarrollo desenfrenado genera emisiones que sobrepasan los límites permisibles de contaminación del aire. Ejemplos claros como en la India y China, que son países en los que además de ser de los más poblados del mundo presentan los niveles de contaminación más extremos del planeta y expone a sus habitantes a un riesgo sanitario muy alto. A pesar, de los planes que se han establecido para mejorar la calidad del aire, los niveles de

contaminación continúan por encima de los límites permisibles sugeridos por agencias de salud internacional como OMS. Según el informe del Ministerio de Ecología y Medioambiente en la región Beijing-Tianjin-Hebei, publicado en 2018, se estimó un aproximado de  $60\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{2.5}$  por metro cúbico en 24 horas, mientras que en la zona del Delta del río Yangtse registra alrededor de  $44\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mismo tiempo. (38)

Según el periódico el País, en 2016, en Nueva Delhi se registró una concentración anual de partículas finas ( $\text{PM}_{2.5}$ ) —contaminante principal del aire— de 153 microgramos por metro cúbico; 15 veces mayor que lo recomendado por la OMS (39). Otras ciudades de América y Europa como Los Ángeles de California, Ciudad de México, Paris, New York y Berlín también han sufrido periodos de contaminación del aire con grandes efectos nocivos para la salud a corto y largo plazo, convirtiéndose en el factor de riesgo ambiental de mayor prioridad para la salud pública (40)

Entre las fuentes y componentes que más influyen en la contaminación del aire se encuentran:

- Uso de biomasa y combustibles fósiles, la mayor parte de la población a nivel mundial los utiliza para satisfacer sus necesidades básicas como cocinar, desplazarse de un lugar a otro e incluso producción bienes, la principal fuente de generación de estos son fogones abiertos, estufas, cocinas sin tuberías de eliminación o con escapes de estas, artefactos mal mantenidos, hornos e incineradores cercanos a la casa, vehículos, procesos de producción industrial, entre otros. (41)
- Contaminantes biológicos, como, hongos, ácaros del polvo, caspa de mascotas, animales domésticos y roedores, insectos, agua contaminada, bacterias y virus. (3)
- VOCs, son contaminantes del aire que cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono, estos también hacen parte de estos factores debido a sus múltiples fuentes como: pinturas, removedores de pintura, solventes, preservantes de maderas, pulverizadores de aerosoles, limpiadores y desinfectantes, repelentes de insectos, desodorantes ambientales, combustibles almacenados y productos automotrices, materiales usados en aficiones, ropa limpiada en seco, hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados, derivados del tráfico, alcoholes, aldehídos, cetonas, bencenos y formaldehído.(42)

## Bioaerosoles

Los bioaerosoles son definidos como partículas que se encuentran suspendidas en el aire y que contienen microorganismos, partículas finas, moléculas de tamaño grande, compuestos orgánicos volátiles, fragmentos y toxinas cuyo origen es la materia viva específicamente agentes de origen biológico tales como bacterias, virus, hongos, polen, escamas de piel, pelos, e incluso insectos muy pequeños o sus desechos. (43) Estos se originan cuando los microorganismos, sus estructuras reproductivas y sus productos de desecho son liberados al aire. (44) El comportamiento aerodinámico de estas partículas es debido a sus características físicas, es decir, forma, densidad y tamaño lo cual permite que se transporten fácilmente de un lugar a otro, sin embargo, estos factores pueden variar en algunos bioaerosoles, por ejemplo los virus pueden medir menos de 0,1 micrómetro de diámetro, y las esporas de hongos incluso más de 100 micrómetros de diámetro, esto combinado con factores como la humedad, corrientes de aire y la temperatura, les permiten permanecer suspendidos en el aire y transportarse. (44)

Debido a las condiciones de la atmósfera, los microorganismos solo cuentan con un lapso limitado de tiempo para estar activos, sin embargo, algunos microorganismo se han logrado adaptar condiciones extremas y logran su supervivencia en la atmósfera; por ejemplo, algunos pueden reproducirse sin ningún problema a temperaturas muy bajas que normalmente inhiben el crecimiento.(32) Estas adaptaciones son facilitadas por el hecho de que los microorganismo no estén libres en la atmósfera sino que hagan parte las partículas de aerosoles que se encuentran suspendidas.

Los bioaerosoles están siempre presentes en la atmósfera, aunque su número y viabilidad varían según las condiciones de cada localidad, lo cual dificulta la construcción de modelos predictivos de su comportamiento. (43)

Los bioaerosoles provienen de fuentes naturales y antropogénicas, en la primera son generados principalmente por fracciones de minerales del suelo arrastradas por el viento, evaporación del aerosol marino, volcanes, fuegos forestales, meteoritos, oxidación de gases como dióxido de azufre y oxidación de vapores orgánicos emitidos por la vegetación;(45) En la segunda, se puede encontrar estaciones depuradoras de aguas residuales, centros de tratamiento de residuos orgánicos, plantas de compostaje, plantas de selección de residuos de envases, así como en vertederos y rellenos sanitarios, entre otros. (31)

Alrededor de todo el mundo se ha investigado el comportamiento de los bioaerosoles, sus fuentes de emisión y posibles medidas de mitigación o prevención

de los mismos. La mayoría de las investigaciones se han enfocado en las fuentes antropogénicas tales como plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios, (43) sobre todo en estas últimas, donde procesos como el transporte, descarga de residuos, trituración, volteo de pilas de compostaje y el tamizado del compost maduro contribuye a la mayor generación de bioaerosoles, se ha encontrado los rellenos sanitarios pueden generar más de 103 unidades formadoras de colonias por metro cúbico (UFC/m<sup>3</sup>) de bacterias y hongos viables, incluso con reportes de hasta 68,312 UFC/m<sup>3</sup>, lo cual da cuenta del riesgo potencial existente asociado a este tipo de fuente emisora.(31) En la actualidad, el aumento de las actividades de compostaje, la proliferación de nuevas tecnologías de tratamiento, la incorporación de nuevos residuos y la creciente utilización de instalaciones cerradas para evitar la diseminación de olores, han aumentado la diversidad de bioaerosoles y los riesgos asociados a su presencia.(31) En plantas de tratamiento de aguas residuales la situación no es diferente pues se han reportado concentraciones de aerosoles fungí entre 140 y 1700 UCF/m<sup>3</sup> (46)

Los reportes indican que en los procesos de tratamiento de aguas residuales son más frecuentes las aerobacterias que los aerosoles fúngicos debido a que estas son predominantes en los procesos biológicos de tratamiento. No obstante, en las plantas de compostaje al aire libre, las diferencias no son tan altas, y se han reportado concentraciones de aerosoles fungí en concentraciones de 104 UFC/m<sup>3</sup>. (31) partiendo de esto se puede decir que las fuentes que aporta a la atmósfera mayor cantidad de microorganismos de origen biológico son los relacionados con residuos sólidos municipales y la mayoría de estos son considerados como materia putrefacta.

En Colombia, como en la mayoría de países latinoamericanos han sido pocas las investigaciones realizadas sobre los bioaerosoles, las cuales se han llevado a cabo principalmente en rellenos sanitarios. Se destaca los altos costos de los métodos para desarrollar este tipo de investigaciones, además lo poco precisos en el momento de reportar los géneros y especies. En el año 2002 se realizó una investigación orientada a determinar la concentración de bioaerosoles emitidos desde el relleno sanitario Curva de Rodas ubicado en la ciudad de Medellín, esta se utilizó como referencia nacional para la ejecución de diferentes proyecto de investigación del mismo campo, sus resultados correspondían a la primera investigación realizada en la región Caribe, con el objeto de establecer la variación espacial y temporal de aerobacterias asociadas a las actividades que se realizan durante la operación del relleno; (47) En 2009, se realizó un proyecto en el Relleno Sanitario Palangana de Santa Marta donde se reportó concentraciones de hongos respirables de 2.320 UFC/m<sup>3</sup>, en la jornada de la mañana, mientras que en la tarde se alcanzó un registro de 3.545 UFC/m<sup>3</sup>. (47) Y entre 2010 y 2012 se realizaron

evaluaciones en el relleno sanitario La Pradera, que reportaron concentraciones promedio para hongos de hasta 1.728 UFC/m<sup>3</sup> y para bacterias mesófitas de 1.545 UFC/m<sup>3</sup>.(31).

### **Bioaerosoles y efectos en la salud.**

Los bioaerosoles causan o empeoran enfermedades en la población, principalmente en aquellas personas que son más susceptibles, tales como niños, adultos mayores, personas con alteraciones en su sistema inmunológico, atletas que se ejercitan al aire libre y trabajadores de sitios con alta generación de estos microorganismos.(48) Las esporas del hongo *Aspergillus fumigatus* y las endotoxinas tienen mayor impacto sobre la salud humana e incluso animal (49)

En los resultados del estudio *Caracterización de bioaerosoles en tres edificaciones administrativas de Bogotá*, realizado entre los años 2012-2013 se puede observar que los principales bioaerosoles hallados en estas edificaciones tendían a generar enfermedades oportunistas. Entre las patologías mayormente producidas por estos se encontraron problemas pulmonares, cutáneos, óticos, cardiovasculares, oftálmicos y estados de hipersensibilidad inmunológica (alergias).(50) Según diversas fuentes los bioaerosoles tendieron a transmitir enfermedades infecciosas, enfermedades respiratorias y neurológicas. (51) Más específicamente:

- **Enfermedades Infecciosas:** Son derivadas de virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos(52) Generalmente estas enfermedades pueden transmitirse, directa o indirectamente, de una persona a otra.
  - **Virales**, se transmiten fácilmente por vía aérea, incluyen el virus del síndrome respiratorio agudo severo, los virus entéricos de origen intestinal producidos en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, Hantavirus generados por heces de roedores, virus varicela - zoster, virus del sarampión, paperas y rubéola. Todos los anteriores pueden producirse por bioaerosoles inhalados. (53)
  - **Bacterianas**, de todas aquellas que se pueden asociar con los bioaerosoles podemos destacar, la legionelosis y tuberculosis, la primera es un tipo de neumonía provocada por la bacteria *Legionella spp.* generalmente es adquirida adultos mayores o por personas con enfermedades del sistema inmunológico, está propaga por el vapor de agua, por ejemplo, mediante las unidades de aire acondicionado de

grandes edificios, (54) la segunda es una enfermedad potencialmente grave, que afecta principalmente a los pulmones, se produce a través de la inhalación de bacilos en forma de aerosol se propaga cuando una persona infectada tose o estornuda.(54)

- **Fúngicas**, Los principales hongos en el aire que causan infecciones respiratorias y reacciones alérgicas incluyen *Penicillium spp*, *Aspergillus spp*, *Acremonium spp*, y *Cladosporium spp*, dependiendo la especie, los síntomas varían e incluyen resfriados, ojos llorosos, calambres musculares, dolor en articulaciones irritación en ojos y tracto respiratorio, alergias broncopulmonares entre otras. sin embargo, infección más común es la aspergilosis, generada por el hongo *Aspergillus spp*, comúnmente crece en hojas muertas, granos almacenados, pilas de estiércol o abono u otra vegetación en descomposición. (51)
  
- **Enfermedades respiratorias:** Estos efectos son los más comúnmente asociados a la exposición a bioaerosoles, generalmente producen inflamación en las vías respiratorias causadas por las toxinas o alérgenos. Entre estos podemos encontrar el asma, rinitis, Síndrome tóxico por polvo orgánico (ODTS), Neumonía por hipersensibilidad, Bronquitis crónica, cáncer entre otras. (53)
  - **Asma:** Enfermedad inflamatoria crónica de las vías respiratorias, parcialmente reversible y tiene episodios recurrentes de síntomas como disnea, opresión torácica y tos. (51)
  
  - **Rinitis:** Los síntomas típicos de esta son estornudos, congestión nasal, generalmente acompañada por lágrimas, picor en los ojos y párpados hinchados, comúnmente se asocia con exposición al polen o a hongos. (51)
  
  - **Síndrome tóxico por polvo orgánico (ODTS)**, Enfermedad febril, es decir se caracteriza por la fiebre, escalofrío, tos seca, dolor de cabeza y muscular, fatiga y malestar general. (51)ocurre a las pocas horas de haber inhalado una dosis alta de endotoxinas, esporas de hongos y micotoxinas, que puede conducir a enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). (53)

- **Neumonía por hipersensibilidad**, es una enfermedad inflamatoria de las vías respiratorias causada por una respuesta inmunitaria inusual a antígenos como los hongos (pulmón de granjero), excrementos de aves (enfermedad del criador de palomas) y contaminantes microbianos en el polvo de gran. (53)
- **Bronquitis crónica**: es la inflamación de los conductos bronquiales, la OMS la define como tos con flema durante al menos tres meses al año durante un periodo ininterrumpido de al menos dos años. (55)
- **Cáncer**: Muchos informes de literatura ocupacional relacionan el cáncer con los bioaerosoles, sin embargo, los únicos cancerígenos no virales biológicos establecidos son las Micotoxinas, entre ellas aflatoxinas de *Aspergillus flavus*, relacionadas con el cáncer de hígado y la ocratoxina. (53)

**Enfermedades Neurológicas:** Se ha sugerido que los bioaerosoles están asociados con síntomas como dolor de cabeza, fatiga y olvido, sin embargo, aún no se cuenta con suficiente información que verifique estas hipótesis.

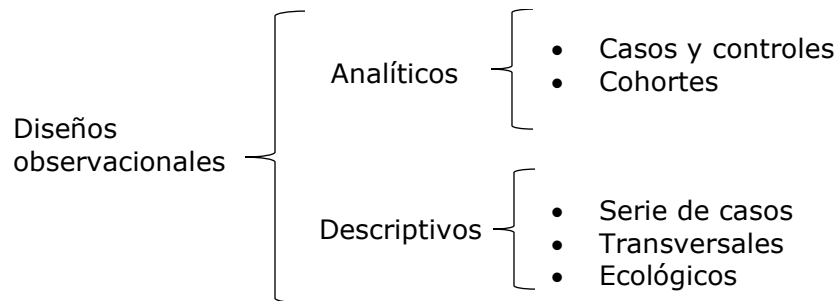
### **Epidemiología ambiental.**

Es la disciplina que estudia el efecto de la contaminación ambiental sobre la salud de la población. Para esto debe identificar las fuentes de los agentes externos y los métodos de los mismos para llegar a un individuo, apoyados de esto revelan el riesgo al que se expone la población debido a la contaminación (aire, suelo y agua), informando a su vez sobre hechos ocurridos durante períodos prolongados de exposición. (56)

Esta epidemiología ambiental determina todo el enfoque de la investigación influyendo en instrumentos, métodos e incluso en la manera de cómo se analiza los datos recaudados.(57) Los estudios epidemiológicos se dividen en experimentales y observacionales. Los experimentales se producen cuando el investigador tiene control total sobre las variables y factores del estudio; cuando esto no sucede, entonces es un estudio observacional, estos a su vez se pueden subdividir en descriptivos y analíticos, Los descriptivos tienen como objetivo describir la distribución de una exposición o resultado, sin intentar explicar buscar asociaciones y los estudios analíticos, se encargan de analizar y comparar grupos de sujetos, tratando de identificar posibles causas del evento o resultado de interés es así que los estudios observacionales, se pueden usar para informar resultados en escenarios de tratamiento, prevención, etiología, daño o morbilidad; diagnóstico,

pronóstico e historia natural, (58) esta revisión es de tipo observacional, en el grafico 1 se describen los diferentes diseños de estudio observacionales.

**Gráfico 1.** Clasificación de los diferentes diseños de estudio observacionales aplicables a las investigaciones analizadas.



**Estudios de casos y controles:** se basan en la recopilación de datos ya generados, es decir, de carácter retrospectivo donde se identifican individuos con y sin la enfermedad de interés y luego se determina su estado con respecto a las exposiciones. Trata de determinar la frecuencia de aparición de una variable entre las exposiciones y la enfermedad. (58)

**Estudios de cohortes:** es un diseño de investigación analítico, la población de estudio está compuesta de sujetos denominados, expuestos y no expuestos a un potencial factor de riesgo, este se encarga de seguir este grupo en el tiempo esperando la aparición de una enfermedad. (58)

**Reporte de casos y serie de casos:** Se encarga de describir una serie de características poco conocidas de un proceso o tratamiento, comúnmente describen la experiencia de un paciente o varios pacientes con un diagnóstico similar, generalmente contienen información adquirida a lo largo del tiempo. Son los diseños más comúnmente encontrados en las revistas científicas, muchas veces documentan la presencia de nuevas enfermedades o efectos adversos ayudando a mantener la vigilancia epidemiológica.(58)

**Estudios de corte transversales:** se denominan también estudios de prevalencia, analizan simultáneamente la exposición y la enfermedad en una población bien definida en un momento determinado, es decir, que todas las mediciones se hacen en una sola ocasión, por lo que no existen períodos de seguimiento, con estos no se puede distinguir si la exposición determina el desarrollo de la enfermedad. (58)

**Estudios ecológicos:** Su principal característica es que no utilizan la información de cada persona en forma individual, sino datos agregados de toda la población, habitualmente basada en áreas geográficas, Es decir los sujetos del estudio son la agregación de personas y no las personas individualmente. (59)



### Marco Normativo.

Actualmente la exposición a bioaerosoles no tiene valores límites umbral (TLVs), o límites permisibles, como sucede con la exposición a otras sustancias químicas, dado que para evaluar el impacto en la salud o efectos tóxicos ocasionados por bioaerosoles es necesario tener un registro, de las respuestas humanas a la exposición y las dificultades en la recuperación de estos. (36) Sin embargo, tanto a nivel internacional como nacional hay una serie de normativas relacionadas a la calidad del aire que pueden aplicarse al tema de bioaerosoles y a la polución del aire

**Tabla 1.** Reglamentación y normatividad internacional aplicable a bioaerosoles y polución de aire.

Marco Internacional		
Acuerdos o políticas	Artículos o apartados específicos	Descripción
Convenio de Ginebra 1979		Establece un marco de referencia de cooperación intergubernamental para proteger la salud y el medio ambiente contra la contaminación atmosférica que puede afectar a varios países, refiriéndose a que esta cooperación se puedan elaborar políticas adecuadas, el intercambio de información y la realización de actividades de aplicación, desarrollo de un mecanismo de vigilancia. (60)
Convenio de Viena y protocolo de Montreal. 1987	En sus 27 principios. Especialmente en el principio 1.	Este convenio presento el marco de trabajo para las actividades relacionadas con la protección de la capa de ozono y fue firmado inicialmente por 21 países que acordaron investigar, compartir información y ejecutar medidas preventivas sobre la producción y las emisiones de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO)(61)
Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y		Conocida como la cumbre de la tierra de Río de Janeiro; teniendo como objetivo lograr un equilibrio justo entre las necesidades: económicas,

<p>Desarrollo Sostenible (UNCED0) 1992</p>		<p>sociales y ambientales.(62) Habla sobre los derechos que tienen los seres humanos de gozar de un ambiente sano y saludable en armonía con la naturaleza.</p>
<p>Cumbre de Rio+20</p>		<p>Este se realizó en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 2012. dio cumplimiento a la decisión de la Asamblea General de Naciones Unidas y a la iniciativa de los países en desarrollo y de Brasil, país que desde 2007 promovió la realización de esta cumbre. (63)</p>
<p>Convenio de Estocolmo de 2001 sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP, POP en inglés) del PMUNA</p>		<p>Este convenio fue firmado en 1979 en el marco de la UNECE (Comisión de las Naciones Unidas para Europa) fue el primer tratado en abordar la contaminación atmosférica a nivel internacional; entrando en vigor en 1983. Y ha sido determinante en la reducción de contaminantes claves nocivos.(64)</p>
<p>Objetivos de Desarrollo Sostenible. 2015</p>	<p>Objetivo 11. En este objetivo habla sobre la importancia de reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y de otro tipo.</p>	<p>Se dice que estos objetivos se pusieron en marcha para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean más inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. (65)</p>
<p>Acuerdo de Paris. 2016</p>	<p>Artículo de 2º donde se habla de la reducción de gases de efecto invernadero.</p>	<p>En este acuerdo de dentro del marco de la convención de la Naciones Unidas sobre el cambio climático se habla d establecer medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación y resiliencia de los ecosistemas de efecto global, pudiéndose aplicar este acuerdo para el año 2020. (66)</p>

**Tabla 2.** *Normatividad internacional aplicable a bioaerosoles y polución de aire.*

<b>Marco Nacional</b>		
<b>Acuerdos o políticas</b>	<b>Artículos o apartados específicos</b>	<b>Descripción</b>
Constitución Política de Colombia 1991	Artículo 79º	Por cual se establece que todo colombiano tiene derecho a gozar de un ambiente sano, es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación de los logros de los fines. (67)
Ley 99 de 1993	Artículos 65º y 66º	Promover ejecutar programas y políticas ambientales regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente y los recursos naturales renovables. (35)
Resolución 1208 de 2003	Capitulo 1º	Establece normas técnicas y estándares para la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire en el perímetro urbano de la ciudad de Bogotá. (68)
Documento COMPES 3344 DE 2005	Introducción	Este documento contiene a consideración del Concejo Nacional de Política, Económica y Social, COMPES, los lineamientos para la formulación de políticas y estrategias intersectoriales para el control y la contaminación del aire en las ciudades y zonas industriales de Colombia.(68)
Guía Técnica de Relleno Sanitarios. 2005	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Esta Guía establece dentro de los programas control y seguimiento ambiental que debe de realizarse la medición de bioaerosoles, de forma

		mensual durante la etapa de operación del relleno sanitario. (69)
Decreto 174 de 2006	Artículo 1º	Clasificar a las localidades de Fontibón y Kennedy, comprendidas dentro del perímetro urbano de Bogotá, D.C., como áreas-fuente, contaminación alta, clase 1, por material Particulado menor o igual a 10 micras. (70)
Acuerdo Metropolitano N°25 de 2007	Artículo 1º 2º 3º	Donde se clasifica el área metropolitana del Valle de Aburra como fuente de contaminación por material particulado PM <sup>10</sup> y consecuencia implementación de medidas y programas regionales de reducción de la contaminación. (71)
Resolución 909 de 2008	Artículo 2º	Establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire por fuentes fijas, adoptando los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios a reconversión a energías limpias.(72)
Resolución 910 de 2008	Artículo 1º	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestre, reglamenta los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional y se adoptan otras disposiciones.(73)
Resolución 650 de 2010	Artículo 2º	Adopta a Nivel Nacional el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. (9)
Resolución 651 de 2010	Artículo 1º	Crea el subsistema e información sobre Calidad del Aire- SISAIRE como fuente de información principal de información y para el diseño,

		evaluación y ajuste de las políticas y las estrategias nacionales y regionales de prevención y control de la calidad del aire.(74)
Acuerdo 16 de 2017	Artículo 1°	Por el cual se adopta el Plan Integral de la Calidad del Aire del Valle de Aburra. PIGECA (75)
Acuerdo 04 de 2018		Deroga el acuerdo 15 de 2016 y adopta nuevo plan operacional para enfrentar episodios de contaminación atmosférica (POECA) en el AMVA (76)

## **Metodología.**

### **Diseño de estudio.**

Esta es una revisión de alcance o revisión exploratoria, también conocida como *scoping review*, en la cual se hizo una evaluación preliminar del tamaño potencial y alcance de la literatura de investigación disponible, tuvo como objetivo identificar la naturaleza y el alcance de evidencia de la investigación, incluso aquella que estaba en curso.(77) Este tipo de revisión permite obtener una visión general en campos emergentes, los cuales debido a la cantidad de artículos y métodos, es más difícil asegurarse de la cantidad de conocimiento existente. Esta metodología se caracteriza por el desarrollo, asimilación y síntesis de la evidencia; su naturaleza es multidisciplinar y suele complementarse con otras metodologías.(78) Generalmente es utilizada para identificar los tipos de evidencia disponible en un determinado campo, aclarar conceptos y/o definiciones clave en la literatura, examinar cómo se lleva a cabo la investigación de un determinado tema y/o identificar características o factores clave relacionados con un concepto.(79) Para el desarrollo de las misma se aplicó una guía de lectura que ayudaba a categorizar los diferentes diseños de estudio de las investigaciones analizadas, a partir de estos se analizó la relación de los bioaerosoles y los eventos de salud.

### **Bases de datos.**

Para la construcción de esta revisión exploratoria se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos de PUBMED. a la cual se tuvo acceso gracias al Sistema de Biblioteca de la Universidad de Antioquia, el cual es un sistema de referencias con acceso a múltiples bases de datos bibliográficas, con las que se accedió de manera electrónica a documentos científicos y académicos especializados. (80)

### **Criterios de búsqueda**

Para realizar la búsqueda en las bases de datos bibliográficas se hizo uso de términos MeSH estos son términos de transformación lingüística utilizados para representar y describir contenidos documentarios y solicitudes de información sobre las ciencias de la salud y sus disciplinas afines. MeSH o Medical Subject Heading son los términos o el vocabulario que emplean algunas bases de datos biomédicas para procesar la información que se introdujo a cada una de ellas (81) Los términos que se utilizaron se muestran en la tabla 3, además también se utilizaron conectores boléanos puesto que al introducir las palabras claves aparecieron una gran cantidad de resultados, los cuales en su mayoría no aplicaban para este *scoping review*,

estos conectores boléanos eran palabras o símbolos que permitían conectar de forma lógica conceptos o grupos de términos para así ampliarlos, limitarlos o definirlos en la búsqueda rápidamente.(82)

El uso de estos redujo en gran cantidad el número de resultados que arrojó la base de datos, además mostró resultados más concretos y útiles para ejecutar esta revisión. Para la búsqueda se utilizaron diferentes ecuaciones que reunieron tanto los conectores boléanos como los términos MeSH, además, también se hizo uso de términos libres como, por ejemplo; Bioaerosoles, bioaerosols, Bio-aerosoles. Un ejemplo de las ecuaciones que se utilizaron para esta revisión de alcance fueron las siguientes: **“Bioaerosoles OR Bioaerosols OR Bio-aerosols AND Air Pollution (MeSH) OR Calidad del aire OR Contaminación Ambiental AND Healt (MeSH) OR Salud”** Otra de las ecuaciones fue **“Bioaerosoles OR Bioaerosols OR Bio-aerosols AND Agentes Biológicos (MeSH) OR Biological agents AND Toxinas(MeSH) OR Toxins AND Virus(MeSH) AND Bacterias(MeSH) OR Bacterium.”**

**Tabla 3.** Términos MESH utilizados en el proceso de búsqueda de publicaciones sobre bioaerosoles y salud entre los años 2005 y 2019

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>
bioaerosoles	bioaerosoles (Libre)
calidad del aire contaminación atmosférica polución del aire	air pollution (MeSH)
compuestos orgánicos volátiles	volatile organic VOC (MeSH)
factores biológicos	biological factors (MeSH)
salud	health (MeSH)
toxinas bacterianas	bacterial toxins (MeSH)
Bacterias	Bacterium (MeSH)
Hongos	Mushrooms (MeSH)
Virus	Virus (MeSH)
Polen	Pollen (MeSH)

### **Criterios de inclusión.**

Se tomaron únicamente las investigaciones que cumplieron con los siguientes requisitos:

- Que desarrollara el tema de bioaerosoles o la relación entre los bioaerosoles y la salud
- Periodo de publicación. (2005 – 2019)
- Idioma. (texto completo en inglés y/o español)
- Artículo original producto de una investigación

- Hacer parte del fenómeno de contaminación extramural.

### **Criterios de Exclusión.**

Una vez se realizó la búsqueda en la base de datos se excluyeron investigaciones que:

- Textos que sólo se enfocaran en los eventos de salud
- Investigaciones donde no detallaron la metodología

### **Selección de los textos**

Una vez elegidas las ecuaciones de búsqueda y las bases de datos que se iban a utilizar, se procedió a digitalizar los textos en una matriz (anexo 1), la cual se nombró matriz de búsqueda en esta los artículos se enumeraron en orden que aparecieron en la base de datos, se puso nombre y enlace con el fin de facilitar la búsqueda de las investigaciones publicadas, las investigadoras de manera individual aplicaron los criterios de inclusión en la lectura del título y el resumen de cada uno de los artículos, posteriormente se revisó la concordancia entre las investigaciones incluidas y las excluidas por cada investigadora y un tercer implicado, en este caso el asesor desempató los resultados.

### **Recolección de información**

Se analizaron las investigaciones por medio de una matriz, elaborada en Excel (anexo 2), la cual se nombró matriz de lectura, esta matriz fue adaptada del proyecto de investigación *Contaminación atmosférica y efectos en salud en los 10 municipios del Valle de Aburra, de Piñeros- Jiménez y colaboradores del año 2016*. Esta matriz fue organizada por categorías o bloques de información, en la cual se analizó la parte técnica de la investigación, como: título, autor, año de publicación, objetivos, pregunta, país o lugar de estudio, población estudiada, edad, periodo de estudio, entre otros; la otra categoría o bloque, abarca información sobre la exposición, donde se incluye información como: contaminantes medidos, muestreador, fuentes de información, co-variables , metodología de recolección, entre otros, adicionalmente se puede encontrar otros bloques que incluyen el evento en salud, la relación contaminación salud e incluso resultados y conclusiones. (Anexo 2)



## **Análisis de la información**

Se sintetizó la información de los diferentes estudios analizados, obteniendo así la frecuencia con que se utilizaron esos datos y realizando un análisis uni-variado de la información, es decir, que se pudo realizar una descripción de cada una de las variables utilizadas y determinar cómo se llevaron a cabo los estudios sobre bioaerosoles en diferentes partes del mundo, obteniendo así un documento primario con la información relevante de los diferentes estudios, y respondiendo a cada uno de los objetivos de se plantearon en esta investigación.

Una vez recolectada la información, se revisó la distribución por área geográfica, tomando una frecuencia que describía el porcentaje de investigaciones realizadas a nivel continente, país, ciudad y zona. También se analizó que cantidad de estudios se realizaron en un periodo específico de tiempo y si además se relacionaban con la ubicación del mismo, otra de las variables que examinadas fue la poblacional, observando datos como el nivel de estudio, el grupo poblacional de cada investigación, el porcentaje de estudios realizados a niños, adultos y a la población general, esto con el fin de determinar si el tamaño de la muestra fue suficiente para sacar apreciaciones de la investigación y si el seguimiento de estas fue individual o poblacional, adicionalmente el grupo poblacional (edad) más investigado y el promedio de edad del mismo.

Se estableció el número de bioaerosoles identificados y se clasifico según su tipología, es decir, hongos, bacterias, endotoxinas, polen, entre otros, también se categorizaron las investigaciones según la clasificación taxonómica, es decir cuántas de estas separan los bioaerosoles como hongos, bacterias o polen en familias, especies o grupos. Se identificó también si las investigaciones de bioaerosoles se estudiaban en conjunto de otros contaminantes como en PM, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> o únicamente se analizaron y tomaron muestras de bioaerosoles.

Se identificó que patologías tenían alguna relación con bioaerosoles y se tomó el porcentaje de estudios que tenían en cuenta alguna enfermedad de base o antecedentes en la población analizada, pues, muchos de los estudios realizaban el seguimiento a la población de forma poblacional es decir tomaban datos generalizados para su estudio y no se basaba en resultados individuales de la muestra de la población, por ende en necesario analizar cuantos estudios realizaban un seguimiento individual y si esto influía en un resultado más preciso.

Por otra parte, se describió la frecuencia de toma de muestra de las diferentes investigaciones y los muestreadores utilizados, pues a pesar de que la mayoría de investigaciones tomaban muestras diariamente, mucha otras las tomaban semanal e incluso mensual, creando así un posible sesgo en la información, para caracterizar estos periodos de toma de muestras se crearon grupos donde se ubicaba cada

investigación según sus características, para facilitar este proceso se crearon grupos de investigaciones que tomaban sus muestras, anual, mensual, semanal o diariamente, sin embargo, se encontró un grupo de investigaciones que no hacía parte de ninguno de los anteriores, ya que el periodo podía ser 3 horas, 10 minutos o incluso 20 días, por ende, este grupo lo denominamos otros; por otra parte se determinó cuál fue el muestreador más utilizado a nivel mundial y las posibles fallas o ventajas de este, otro dato revisado fueron las fuentes de emisión de contaminantes, obteniendo el porcentaje de estudios que tenían los árboles, fuentes móviles o fijas como principal fuente de emisión.

Adicionalmente muchos estudios tomaron fuentes de información secundarias, por ende, es importante analizar qué tipo de fuentes se utilizaron, es decir; si eran privadas, públicas, regionales, locales, online o muestreos independientes.

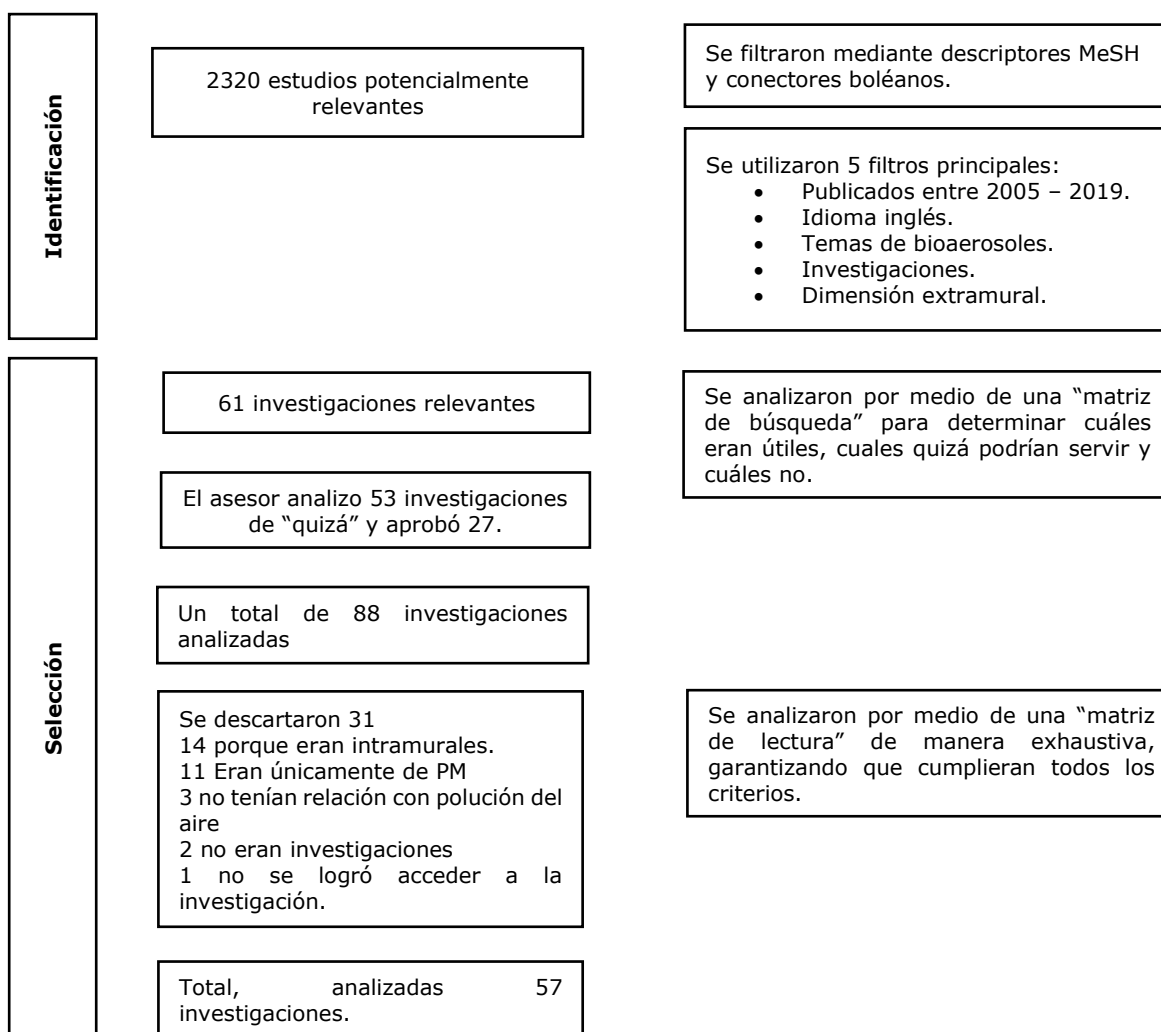
En cuanto a las investigaciones que tenían alguna relación con patologías en salud, se analizaron según el diseño de estudio al que pertenecían, para verificar la metodología, duración y tomas de muestra de las investigaciones, por otra parte, se describió cuáles sistemas del cuerpo se vieron más afectados por los bioaerosoles, cuantos estudios utilizaron fuentes de información secundaria como hospitales, farmacias e incluso encuestas, también con qué frecuencia se tomaban muestras de salud y cuál era la metodología de análisis más utilizadas para establecer relaciones.

Los datos extraídos de los artículos se graficaron por medio de aplicaciones lucidachart, Word y/o Excel, las cuales tienen acceso gratuito y genera gráficos fácilmente y en poco tiempo, facilitando el análisis de la información deseada y se respondiendo a los objetivos planteados.

## Resultados

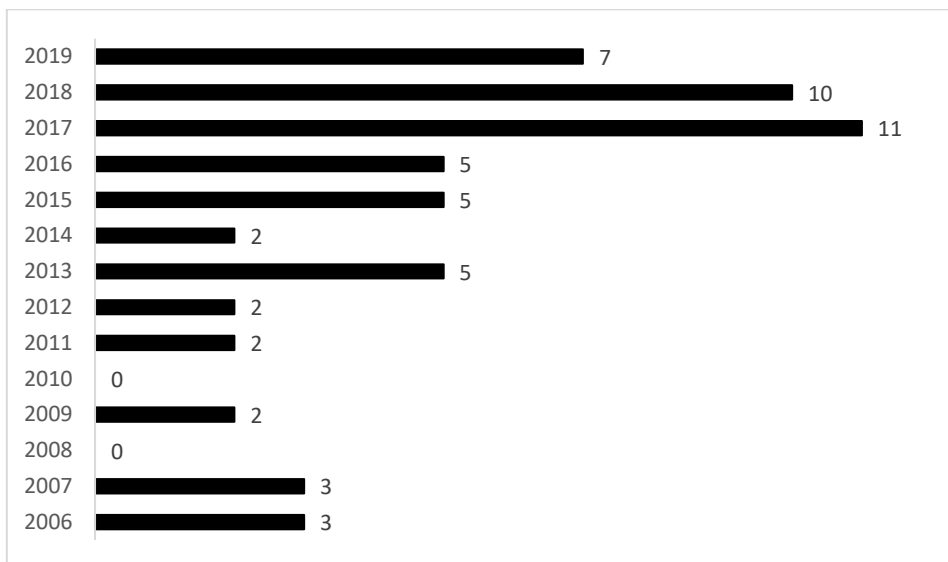
La búsqueda se realizó en septiembre de 2019 en la base de datos PUBMED, utilizando los criterios de búsqueda establecidas previamente. En total se encontraron 2320 estudios potencialmente relevantes, los cuales se ingresaron a la matriz de búsqueda. En un primer análisis se descartaron 2206 artículos, dejando 61 aprobados para revisión y 53 para desempate por el asesor, quien finalmente aprobó 27, en total se analizaron 88 artículos de los cuales se descartaron 31 más por qué no cumplían con los criterios, algunas eran de tipo intramural, otras investigaban únicamente material particulado (MP), otras no eran investigaciones e incluso algunas no asociaban con polución en el aire. (**Grafico 2.**)

**Gráfico 3.** Proceso de identificación y selección de investigaciones resultantes de la base de datos Pubmed, al filtrar ecuaciones de búsqueda.



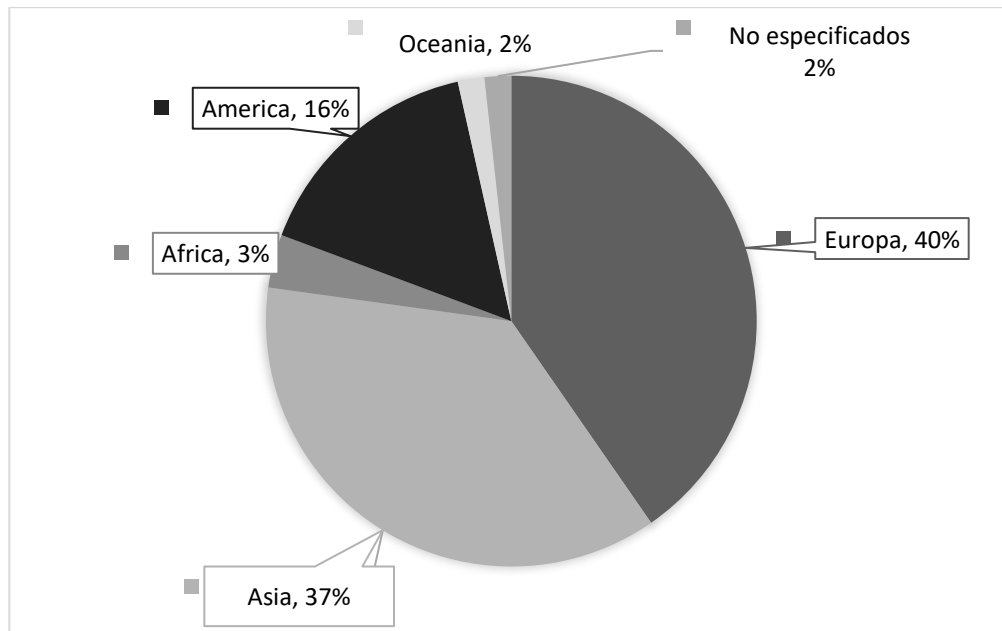
## Generalidades de los artículos.

**Gráfico 4.** Distribución de las publicaciones de investigaciones sobre bioaerosoles y salud según año.



Las investigaciones de bioaerosoles tuvieron una tendencia variable durante el periodo de estudio, al revisar detalladamente las fechas de publicación y lugares de estudio, se pudo apreciar que las investigaciones que cumplían con los diferentes criterios estipulados, en el **grafico 3**, se observó que tuvieron una pausa durante el año 2008 y 2010, pues no se encontró ninguna investigación que cumpliera con los mismos, adicionalmente durante años 2017 y 2018 se observó más flujo de investigaciones, contrario al año 2019 en el cual se esperaba obtener un buen número de artículos, pues en los últimos tres años la curva tuvo tendencia a aumentar, pero el resultado solo supero por 2 investigaciones el obtenido durante el año 2016, 2015 y 2013, años en que se realizó el mismo número de investigaciones que cumpliera con los criterios; Observando más a fondo la información, se apreció que a partir del año 2016 la mayoría de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire, se realizaron en el continente asiático, seguido del continente europeo.

**Gráfico 5.** Distribución geográfica de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la contaminación del aire y salud, expresada en continentes.



En el **gráfico 4** se observó que el continente europeo fue quien más investigaciones aportó para este periodo de tiempo con un 40,3% (n:23 investigaciones) seguido de Asia con 36,8% (n:21 investigaciones) la región de las Américas con el 15,7% (n:9 investigaciones), y por último África y Oceanía con un 3,50% (n:2 investigaciones) y 1,75% (n:1 investigación) respectivamente.

En Europa (tabla 4) los países en donde más se realizaron investigaciones fueron: España con el 30,4 % (n:7) e Italia con el 13,1% (n:3), también se encontraron trabajos en Alemania 8,69% (n:2) y el 43,5% (n:10) restante se ejecutaron en diferentes países como: Bélgica, Francia, Croacia, Hungría, Inglaterra, Polonia, Reino Unido, República checa y Suecia. Dos de las investigaciones reportadas para este continente alcanzaron información de varias ciudades e incluso abarcaron más de un país 8,69% (n:2); en la tabla 4 se describen las investigaciones encontradas para el continente europeo.

**Tabla 4.** Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizadas en el continente de Europa.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Ciudad (país)</b>	<b>Duración</b>	<b>Bioaerosol</b>
Nowosad GG y colaboradores. (83)	2019	Szczecin, Girona, Vielha, Manresa, Don Benito, Zafra, Tarragona, Barcelona, Roquetes-Tortosa, Vinnytsia, Thessaloniki. (España, Reino unido, Polonia, Grecia, Rumania y Ucrania)	21 Años	<i>Alternaria spp</i>
Agnew M y colaboradores. (84)	2018	Croacia central, (Croacia)	2 Años	Polen de <i>Ambrosia</i>
Vörös K y colaboradores (85)	2018	Transdanubia, Central Hungary, Great Plain y Budapest (Hungría)	8 Años	<i>Ambrosia spp</i>
Guilbert y colaboradores. (86)	2018	Bruselas (Bélgica)	5 Años	<i>Cladosporium spp</i>
Osborne NJ y colaboradores (87)	2017	Londres – Islington (Reino unido)	7 Años	Polen de arbol
Zhao F colaboradores (88)	2017	Ravensburg (Alemania)	No especificado	Polen de <i>Ambrosia spp</i>
Marchetti P colaboradores (89)	2017	Turín, Pavía, Ancona, Sassari y Salerno Verona (Italia)	5 Años	Polen <i>Poaceae spp</i>
Jiřík V y colaboradores (90)	2016	Moravia-Silesia (República checa)	1 Año	Diferentes Hongos
Guilbert A y colaboradores (91)	2016	Bruselas (Bélgica)	7 Años	Polenes de <i>Inus, Betula, ,</i>

				<i>Fraxinus</i> y otros.
Obersteiner A y colaboradores (92)	2016	Augsburgo (Alemania)	2 meses	Partículas de <i>Phleum pratense</i>
Cariñanos P y colaboradores (93)	2015	Granada (España)	22 años	Polen de <i>Olea</i>
Bogdali AM y colaboradores. (94)	2015	Crocovia (Polonia)	No especificado	Bacteria <i>Staphylococcus</i>
Kasprzyk I y colaboradores (95)	2015	Dnipropetrovsk y Odessa (Letonia, Lituania, Polonia y Ucrania)	1 Año	Esporas de <i>Alternaria</i>
Álvaro Fernández A y colaboradores (96)	2013	Cataluña (España)	18 Años	Polen de <i>Pinus</i> , y <i>Quercus total</i> .
Fernández RS y colaboradores (97)	2013	Évora y Vajadoz (Península Ibérica)	2 Años	Polen de <i>Olea</i>
Bonofiglio T y colaboradores. (98)	2012	Áreas de cultivo (Italia)	10 Años	Polen de <i>Olea Europea</i>
Corrado AN y colaboradores(99)	2011	Genova (Italia)	30 Años	Polenes de <i>Gramineae</i> , y <i>Oleaceae</i> .
L Cirera y colaboradores (100)	2012	Cartagena (España)	4 Años	Polen de <i>Poaceae</i>
Vilavert L y colaboradores(101)	2011	Tarragona (España)	2 Años	Polen de Hongos y bacterias
Lena Elfman L y colaboradores (102)	2007	Estocolmo (Suecia)	3 años	Alérgenos de caballo
Fuhrman C y colaboradores (103)	2007	Clermont-Ferrand (Francia)	4 Años	Polen de <i>Poaceae</i>
Brito FF y colaboradores. (104)	2007	Puerto Llano, Ciudad Real (España)	3 Años	<i>Gramíneas</i> y <i>olea</i>
Rodríguez Rajo FJ y colaboradores. (105)	2006	Oviedo y Ponferrada (España)	8 Años	Polen de <i>Alnuns</i> y otros.

En la **tabla 5** se describieron, las investigaciones realizadas en Asia, estas se centraron principalmente en países como china 38,0% (n:8) y Japón 14,2% (n:3) sin

embargo, en países como Taiwán 19,0%(n:4), India e Irán 9,52% (n:2) también se realizó más de 1 investigación.

**Tabla 5.** Descripción de investigación de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizados en el continente Asiático.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Ciudad (País)</b>	<b>Duración</b>	<b>Bioaerosoles</b>
Xiao YF y colaboradores.(106)	2019	Beijing (China)	1 Año	Bacterias hongos
Wei y colaboradores.(107)	2019	Llanura del norte (China)	1 Año	Bacterias y Hongos
Yan MA y colaboradores (108)	2019	Nanjing Yangtze Río Delta (China)	1 Mes	Diferentes tipos de aerosoles
GuoZhongyi Z y colaboradores.(109)	2018	Beijing. (China)	5 Días	Hongos, bacterias, endotoxinas y partículas suspendidas
Zhang M y colaboradores.(110)	2018	Norte de China	8 Meses	Bacterias de <i>Escherichia</i>
Li W y colaboradores.(111)	2018	Beijing, (China)	4 Meses	<i>Proteobacterias, Firmicutes y Actinobacterias</i>
Rui Lu R y colaboradores.(112)	2018	Xi'an (China)	4 Meses	Bacterias
Fatahinia M y colaboradores (113)	2017	Khuzestan (Irán)	6 Meses	Hongos <i>Cladosporium spp.</i>
Liu H y colaboradores.(114)	2018	Zhejiang (China)	1 Año	<i>Proteobacteria</i>
Phosri A y colaboradores.(115)	2018	Fukuoka (Japón)	12 Años	Polen, <i>Cryptomeria japonica</i>
Faridi S Y colaboradores(116)	2017	Teherán (Irán)	1 Año	<i>Bacillus ssp</i> y otras bacterias.
Stickley A y colaboradores (117)	2017	Tokio (Japón)	10 Años	Polen <i>cedro japones</i>



Liang YW y colaboradores (118)	2017	Tainan (Taiwán)	7 Meses	<i>Aspergillus spp</i>
Kallawicha K y colaboradores.(119)	2016	Taipei. (Taiwán)	1 Año	Hongos totales
Hjort J y colaboradores. (120)	2015	Helsinki (Finlandia)	1 año	Polen de Hierva ( <i>Poaceae</i> )
Kallawicha K y colaboradores.(119)	2015	Taipei (Taiwán)	1 año	Hongos <i>Ascosporas</i> y otros.
Lang YN y colaboradores.(121)	2014	Bahía de Haifa. (Israel)	1 Año	Esporas de hongo
Konishi S y colaboradores.(122)	2014	Tokio (Japón)	10 Años	Polen.
Yadav J y colaboradores.(123)	2013	Gwalior (India)	1 Año	Bacteria <i>Stafilococcus</i>
Musaraf HM y colaboradores.(124)	2013	Bengala occidental (India)	2 Años	Polen de <i>C. fistula</i>
Wang CC, y colaboradores.(125)	2009	Taiwán	1Año	Bacterias <i>Varilla, coccus</i> y <i>filamentoso</i> .

En el continente americano (**tabla 6**) los estudios se centraron únicamente en Canadá y Estados Unidos con un 33,3% (n:3) y 66,6% (n:6), no se encontraron publicaciones de países de Latinoamérica y el Caribe; entre las ciudades que más aportaron investigaciones se encuentra Toronto y Ontario, para Canadá y en EE. UU New York, Washington, California, Cincinnati, New Orleans y Las Vegas.

**Tabla 6.** Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizadas en el continente americano.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Ciudad (País)</b>	<b>Duración</b>	<b>Bioaerosol</b>
Gernes R y colaboradores.(126)	2019	Cincinnati. (EE.UU)	9 Años	Polen de árboles.
Buttner M y colaboradores. (127)	2018	California (EE.UU)	1 Año	<i>Cladosporium spp</i>
Patel TY y colaboradores.(127)	2018	Las Vegas (EE.UU)	1 año	Polen

Lavigne E y colaboradores.(128)	2017	Ontario (Canada)	8 Años	Polen de arbol
Ito K y colaboradores.(129)	2015	New York ( EE.UU)	12 años	Polen de <i>Olmo</i>
Behbod B y colaboradores.(130)	2019	Toronto. (Canadá)	No especificado	CAP'S <i>endotoxina y glucano</i>
Cakmak S y colaboradores.(131)	2017	Ontario (Canadá)	13 Años	Polen y partículas suspendidas.
Zhou H y colaboradores.(132)	2007	Washington DC (EE.UU)	No especificado	Bacterias <i>Streptococcus pneumoniae</i>
Gina M y colaboradores.(133)	2006	Nueva Orleans, Louisiana (EE.UU)	2 Meses	Bacterias <i>Cladosporium</i>

Adicionalmente en continentes como África y Oceanía (**tabla 7**) las investigaciones se dieron en menor proporción, específicamente en la región africana se ejecutaron 2 investigaciones, una en Sudáfrica y otra en Malawi y en Oceanía únicamente se desarrolló una investigación en Australia en el año 2009, cabe aclarar que dichas investigaciones fueron ejecutadas en múltiples ciudades o áreas.

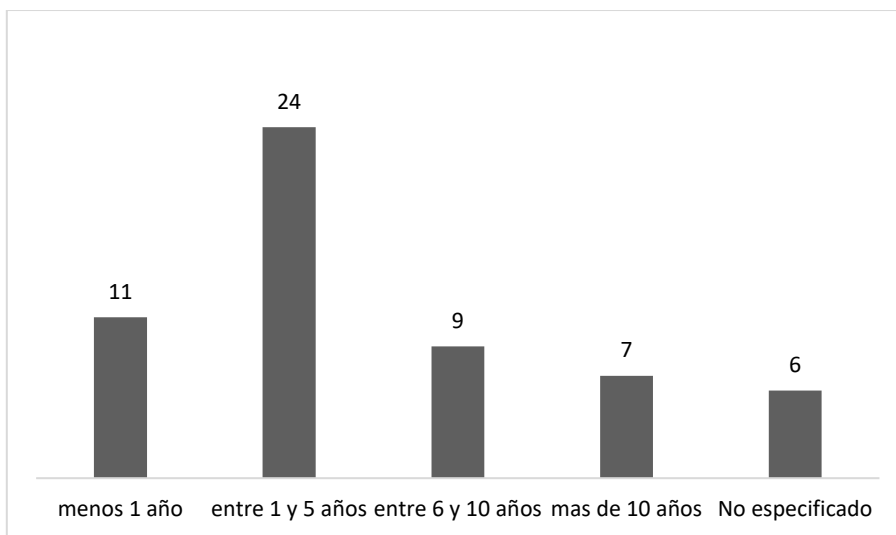
**Tabla 7.** Descripción de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, realizados en los continentes de Oceanía y África.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Duración</b>	<b>Bioaerosol</b>
Fay H y colaboradores.(134)	2009	Darwin (Australia)	1 Año	Coliformes totales.
Farling S y colaboradores.(135)	2019	Malawi (Sudáfrica)	1 Semana	Polen de arboles
Olaniyan T y colaboradores.(136)	2017	El cabo (Sudáfrica)	1 Año	Polen de <i>Poaceae</i> spp (pasto)

Se analizaron cuántos de estos estudios se ejecutaban en áreas geográficas de menor escala. Se identificaron que 33 de las 57 investigaciones se realizaron en áreas pequeñas tales como universidades, hospitales, establos, parcelas, plantas

residuales, urbanizaciones, estaciones de transporte público, entre otros; otras 24 investigaciones de bioaerosoles se realizaron en áreas de mayor escala, en territorios de una o varias ciudades, como en el caso de Italia (89) donde se realizaron cerca de 8.500 encuestas en 6 diferentes centros urbanos, con el fin de determinar la prevalencia de una patología respiratoria, estas regiones incluían distancias de hasta 639 km) e incluso países, para el desarrollo de estas, se apoyaban de las diferentes estaciones locales de monitoreo.

**Gráfico 6.** *Periodos de estudio de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, expresada en años.*



Los estudios tuvieron periodo de observación muy variables. En el **grafico 5** se muestra que algunos realizaron toma de datos puntuales en un sólo momento y con periodos de muestreo de días o semanas, Otros tuvieron proceso de seguimiento y hubo incluso estudios que reportaron una duración de alrededor de 12 años(115), de 57 investigaciones 11 habían tenido una duración inferior a un año y estas comprendían periodos desde 5 días hasta 8 meses, generalmente estas investigaciones tenían como enfoque comparar bioaerosoles respecto a una temporada del año o a otros microorganismos y/o evaluar el comportamiento de los mismo respecto a un desastre natural, como lo son inundaciones o incendios. Otro grupo de investigaciones fueron las que duraron entre 1 año y 5 años, se encontraron 24, pero la más común fue de un año de las cuales habían 14 investigaciones, también se pudo evidenciar que 7 de las investigaciones tenían una duración superior a 10 años(122), una de estas duro incluso 30 años, es importante aclarar que los estudios que tienen un periodo tan largo para la recolección de la información tienden a tener sesgos, pues en estos periodos puede pasar diversas situaciones que no permiten la recolección en algunos días específicos, incluso

daños en los equipos y por esto tienen a aproximar por medio de operaciones los datos faltantes, esto no nos asegura que los datos obtenidos sea verídicos

En las investigaciones analizadas se halló que los autores, optaron por hacer sus publicaciones en revistas científicas, internacionales y multidisciplinaria. Las cuales se basan en hipótesis de alto impacto sobre el medio ambiente, contaminación, salud etc., por medio de Scimago Journal & Country Rank (SJC) se buscó como se mide el ranking de las revistas y permite ver el impacto que tienen las mismas en el medio y así mismo evalúan y analizan las publicaciones científicas de cara a las acreditaciones y evaluación de la actividad investigadora.

Dentro de las investigaciones se logró identificar que 4 revistas científicas que destacaron por realizar más publicaciones. El 15,7% (n:9) pertenecían a la revista Science of the Total Environment, el 10,5% (n:6) Environmental Pollution, para Environmental Health Prospective 5,26% (n:3) y un 7,01% (n:4) para Environmental Monitoring and Assessment, el 61,4% (n:35) correspondió a varias diferentes.

Dentro de las categorías de las revistas encontradas en SJC las mismas tienen un cuartil que es una medida o un indicador de posición en relación con otras revistas de su área, es decir las revistas con el factor de impacto más alto estarán en Q1, y los Q2 serán el segundo y el Q3 y el más bajo será el Q4. Se observó que hubo una importante distribución de los textos según la categoría de publicación en los cuartiles. Como se expresa en la **tabla 8**

**Tabla 8.** Análisis de investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud, ubicadas en Q1, Q2, Q3 y Q4 según Scimago

Cuartiles	Total investigaciones	Relación salud
Q1	34	12
Q2	19	5
Q3	4	2

### Determinación de la exposición a los bioaerosoles

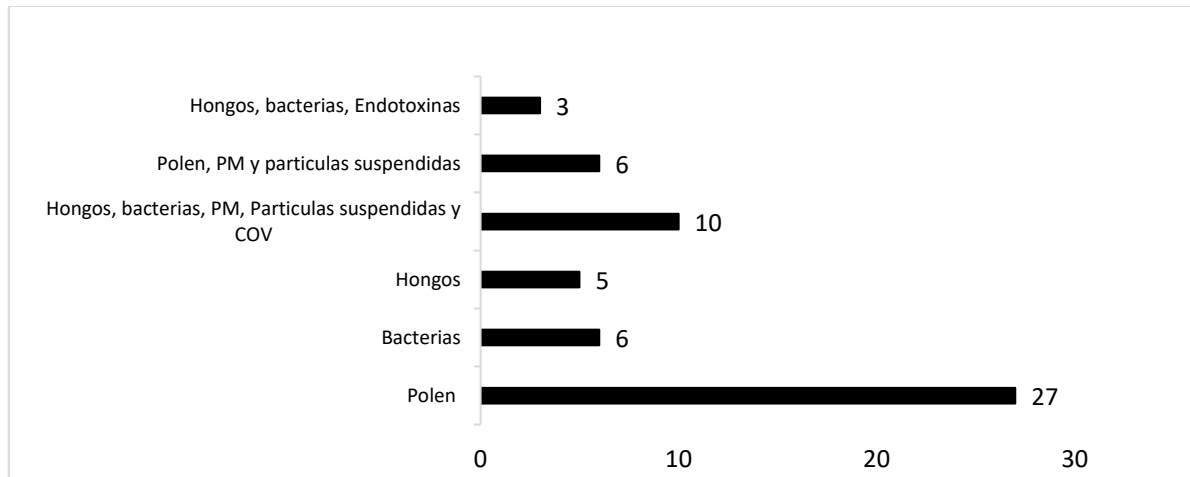
Al analizar los bioaerosoles estudiados en cada investigación, se encontraron 5 tipos: i) hongos, ii) bacterias, iii) polen, iv) Compuestos orgánicos volátiles (COV) y v) endotoxinas. Se evidencio que las investigaciones relacionadas con polen eran las más comunes, dentro de las 57 investigaciones un 47,3% (n:27) correspondía a dicho bioaerosol, un 10,5% (n:6) correspondía a bacterias y un 8,7% (n:5) correspondía a hongos; adicionalmente un 5,3% (n:3) de las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire se enfocaban en varios bioaerosoles, tales como hongos, bacterias y endotoxinas. Por otra parte, se evidencio que un 26,3% (n:10) de las investigaciones analizaban tanto bioaerosoles como hongos,

bacterias, partículas suspendidas y COV asociados al PM (material particulado), incluyendo diferentes micras, es decir podrían asociarse con PM<sub>2.5</sub> PM<sub>1.0</sub> y PM<sub>10</sub>.

**Gráfico 6**

Este análisis demostró que las investigaciones de bioaerosoles van de la mano con los otros contaminantes que principalmente son: material particulado y partículas suspendidas. Pues hubo investigaciones en las cuales se estudiaron sistemáticamente las comunidades bacterianas y fúngicas, al igual que el polen de hierbas y abedul, en las cuales se observaron que en algunas ciudades objeto de estudio hay altos índices de urbanización y los mismos contribuyen una carga microbiana alta asociada con el polen que afecta el sistema inmunológico humano.

**Gráfico 7.** Distribución de bioaerosoles y contaminantes encontrados en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire y salud.



\*\* CAP´S:

\*\* COV: compuestos orgánico volátil

\*\* PM: Material particulado

De las 57 investigaciones analizadas, 78,9% (n:45) hizo la clasificación taxonómica de los bioaerosoles; entre estas investigaciones se destacaron aquellas que median bioaerosoles de polen 37,7% (n:17) correspondían a esta categoría, 13,3% (n:6) eran investigaciones que analizaban las diferentes clasificaciones taxonómicas de las bacterias, 11,1% (n:5) de los hongos, 6,7% (n:3) analizaba la taxonomía tanto de hongos como bacterias, 13,3% (n:6) analizaban diferentes especies de hongos y bacterias que se hallaban en el material particulado y finalmente 17,7% (n:8) analizaba el polen asociado tanto a hongos como a material particulado. En la **tabla 9** se especifica los diferentes bioaerosoles encontrados en cada una de las investigaciones, separados por sus rangos taxonómicos.

**Tabla 9.** Distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo polen encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019

Bioaero	Ciudad	Tipo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
POLEN	Cincinnati (EE.UU) (126)	* <i>Jeniperus virginiana</i> * <i>Quercus alba</i> * <i>Ulmus americana</i>	* <i>Coniferopsida</i> * <i>Magnoliopsida</i> * <i>Magnoliopsida</i>	* <i>coniferales</i> * <i>Fagales</i> * <i>Rosales</i>	* <i>Cupressaceae</i> * <i>Fagaceae</i> * <i>Ulmaceae</i>	* <i>Juniperus</i> * <i>Quercus</i> * <i>Ulmus</i>	*
	Croacia (Croacia) (84)	<i>Ambrosia spp</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>	<i>Asteroideae</i>		
	Bruselas (Bélgica) (85)	<i>Ambrosia spp</i>	<i>Magnoliopsida</i>	<i>Asterales</i>	<i>Asteroideae</i>	* <i>Ambrosia</i>	
	Sudafrica (El Cabo) (136)	*Árboles ( <i>Platanaceae</i> ) *Hierba ( <i>Poaceae</i> ) *Maleza ( <i>Cyperaceae</i> )	* <i>Eudicotyledoneae</i> * <i>Liliopsida</i> * <i>Monocotyledoneae</i>	* <i>Proteales</i> * <i>Poales</i> * <i>Poales</i>	* <i>Platanaceae</i> * <i>Poaceae</i> * <i>Cyperaceae</i>	* <i>Platanus</i>	
	Japón (Tokio) (117)	* <i>Cedro japonés</i> * <i>Cipre japonés</i>	* <i>Pinopsida</i> * <i>Pinopsida</i>	* <i>Pinales</i> * <i>Pinales</i>	* <i>Cupressaceae</i> * <i>Cupressaceae</i>	* <i>Cryptomeria</i> * <i>Chamaecyparis</i>	* <i>C. japonica</i> * <i>C. obtusa</i>
	Italia (Turín, Pavia, Verona, Ancona,	* <i>Poaceae</i> * <i>Urticaceae</i> * <i>Oleaceae</i>	* <i>Liliopsida</i> * <i>Magnoliopsida</i> * <i>Magnoliopsida</i>	* <i>Poales</i> * <i>Rosidae</i> * <i>Lamiales</i>	* * *	* * *	

Sassari, S alermo) (89)	*Cupress aceae *Coryloid eae *Betula  *Ambrosi a spp	*Pinopsida  *Rósidas  *Magnoliops ida *Magnoliops ida	*Pinales  *fagales  *Fagales  *Asterale s	*  *Betulace ae  *Betulace ae  *Asteroid eae	*Cupres sus  *  *	
Canadá (Provinci a de Ontario: Toronto, Hamilton, Londres, Windsor, Thunder Bay) (128)	*Árboles (Platanac eae) *Cesped (Poaceae ) *Maleza (Cyperac eae)	*Eudicotyled oneae  *Liliopsida  *Monocotyle doneae	*Proteale s  *Poales  *Poales		*Platanu s L  * *	
España (Granda) (93)	*Oleacea e *Poaceae *Amarant haceae *Cupress us *Plantago *Artemisa  *Platanus  *Parietari a *Populus	*Magnoliops ida *Liliopsida *Magnoliops ida  *Pinopsida *Magnoliops ida *Eudicotyled oneae *Magnoliops ida *Magnoliops ida	*Lamiales  *Poales *Caryoph yllales  *Pinales *Arterasal es *Proteale s  *Rosales  *Malpighi ales	*Oleacea e    *Asterace a  *Urticaea e  *Salicace ae	* *	*P.judai ca

<i>Finlandia (Helsinki) (120)</i>	<i>*Hierba (Poaceae )</i>	<i>Liliopsida</i>	<i>Poales</i>	*	*	*
<i>EE. UU (New York) (129)</i>	<i>*Ulmus  *Álamo  *Abedul  *Ceniza  *Haya  *Acer</i>	<i>*Magnoliops ida *Magnoliops ida *Magnoliops idad *Magnoliops ida *Magnoliops ida *Magnoliops ida</i>	<i>*Rosales *Malpighi ales *Fagales *Caryoph yllades  *Fagales  *Sapindal es</i>	<i>*Ulmacea e  *Salicace ae *Betulace ae  *Amarant haceace *Fagacea e  *Sapinda ceae</i>	<i>*  *Populu s *  *S.Soda  *Fagus  *</i>	<i>*P.Alba   *Salsola  *F. sylvatic a</i>
<i>Provinci de Cataluña: Barcelon a, Bellaterra , Girona, Lleida, Manresa, Tarragon a, Vielha, Roquetes -Tortosa (96)</i>	<i>*Pinus *Quercus de hoja perenne *Caduca Quercus *Betula *Fagus *Corylus *Pistacia *Artemisi a *Poaceae *Amarant haceae</i>	<i>*Coniferae  *Magnoliops ida *Magnoliops ida *Magnoliops ida *Magnoliops ida *Magnoliops ida *Liliopsida *Magnoliops ida</i>	<i>*Pinales *Fagales  *Fagales  *Fagales *Fagale *Fagales  *Asterale s  *Poales *Caryphyl lales</i>	<i>*Pinacea e *Fagacea e  Fagacea e  *Betulace ae * Fagacea e * Betulace ae  *Asterace ae</i>	<i>*         *Cupres sus</i>	<i>*Q.robur         *Q.robur</i>



	<i>España (Badajoz) Portugal (évora) (97)</i>	<i>Oleaceae</i>	<i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Lamiales</i>			
	<i>Taiwan (Tauching) (125)</i>	<i>*Cassia fistula</i> <i>*Cassia tora</i> <i>*Senna occidentalis</i>	<i>*Magnoliopsida</i> <i>*</i> <i>*</i> <i>*</i>	<i>*Fabales</i> <i>*Fabales</i> <i>* Fabales</i>	<i>*Fabaceae</i>  <i>*Fabaceae</i>  <i>Fabaceae</i>	<i>*Cassia</i>  <i>*Senna</i>	<i>S.tora</i>  <i>*Senna</i>
	<i>Italia Regiones : Apulia, Calabria y Cicilia (98)</i>	<i>Olea Europea</i>	<i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Lamiales</i>	<i>*Oleaceae</i>	<i>Ole</i>	
	<i>Italia (Génova) (99)</i>	<i>*Gramineae</i> <i>*Betulaceae</i> <i>*Urticaceae</i> <i>*Oleaceae</i>	<i>*Liliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Poales</i> <i>*Fagales</i> <i>*Rosales</i> <i>*Lamiales</i>	<i>*Poaceae</i>		
	<i>Francia (Clermont-Ferrand) (103)</i>	<i>*Poaceae</i> <i>*Fraxinus</i> <i>*Betula</i> <i>*Corylus</i>	<i>*Liliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Poales</i> <i>*Lamiales</i> <i>*Fagales</i> <i>*Fagales</i>	<i>*Oleaceae</i>  <i>*Betulaceae</i>  <i>*Betulaceae</i>		

<i>España(P onferrada y Oviedo) (105)</i>	<i>Alnus</i>	<i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Fagales</i>	<i>*Betulaceae</i>		
<i>España (Cartagena) (100)</i>	<i>*Poaceae</i> <i>*Urticaceae</i>	<i>*Liliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Poales</i> <i>*Rosales</i>		<i>*Fagaceae</i>	
<i>Australia (Darwin) (134)</i>	<i>*Poaceae</i> <i>*Myrtaceae</i> <i>*Arecaceae</i> <i>Callitris</i> <i>*Cyperaceae</i> <i>Casuarina</i> <i>*Acacia</i>	<i>*Liliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i> <i>*Liliopsida</i> <i>*Monocotyledoneae</i> <i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Poales</i> <i>*Myrtales</i> <i>*Alismatales</i> <i>*Poales</i> <i>*Fabales</i>	<i>*Myrtaceae</i> <i>*Cyperoidae</i> <i>*Fabaceae</i>	<i>*Fagaceae</i>	
<i>Alemania (Augsburgo) (92)</i>	<i>*Phleum pratense</i> <i>*Betula pendula</i>	<i>*Liliopsida</i> <i>*Magnoliopsida</i>	<i>*Poales</i> <i>*Fagales</i>	<i>*Poaceae</i> <i>*Betulaceae</i>	<i>*Phleum</i> <i>*Betula</i>	
<i>Canadá Provincias: Calgary, Edmonton, Halifax, Hamilton, Londres, Ottawa, San Juan, Toronto, Vancouver, Windsor,</i>	<i>*Árboles (Platanaceae)</i> <i>*Maleza (Cyperaceae)</i>	<i>*Eudicotyledoneae</i> <i>*Monocotyledoneae</i>	<i>*Proteales</i> <i>*Poales</i>	<i>*Cyperoidae</i>	<i>Platanus</i>	

	Winnipeg) (131)						
	España (Puerto Llano y Ciudad Real) (104)	*Gramíneas *olea	*Liliopsida *Magnoliopsida	*Poales *Lamiales	*Oleaceae	*Fagaceae	

Se pudo apreciar que de las 22 investigaciones que analizaban la taxonomía del polen, varias analizaban más de una clase de polen, destacándose la *Magnoliopsida* la cual se repitió en 18 de las investigaciones, siendo esta la clase de 41 de los diferentes tipos de polen analizados, el orden más investigado fue *Fagales*, en 16 tipos diferentes seguido de *Poales* en 13, por otra parte, las familias más analizadas fueron la *Betulaceae*, *Cupressaceae* y *Poaceae*, se analizó que 4 de las 22 investigaciones analizaron el polen por familia, las restantes lo analizaban ya fuera por género o especie, predominando la especie, es de aclarar que hubo varias investigaciones que analizaban diferentes tipos de polen como en el caso de “*statistical approach to bioclimatic trend detection in the airborne pollen records of Catalonia (NE Spain)*.”(96) La cual analizo 10 tipos diferentes de polen y algunos era familias, otros genero e incluso especies.

**Tabla 10.** distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo bacteria encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019

Bio	Ciudad	Tipo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Bacterias	Blantyre(Malwi) (135)	* <i>Escherichia coli</i> * <i>Campylobacter</i> * <i>Cryptosporidium</i> * <i>Entamoeba histolytica</i> * <i>Giardia</i> * <i>adenoviridae</i> .	* <i>Gammaproteobacteria</i> * <i>Epsilonproteobacteria</i> * <i>Conoidasida</i> * <i>Archamoeba</i> * * <i>Tectiliviricetes</i>	* <i>Enterobacterales</i> * <i>Campulobacterales</i>  * <i>Eucoccidiorida</i>  * <i>Mastigamoebida</i> *	* <i>Enterobacteriaceae</i> * <i>Campylobacteraceae</i>  * <i>Cryptosporidiidae</i>  * <i>Entamoebidae</i>	* <i>Escherichia</i>   * <i>Entamoeba</i>  * <i>Aviadenovirus</i>	* <i>E.coli</i>

					*		
China (Ciudad del norte de China) (110)	*Escherichia *Klebsiella *Pseudomonas *Acinetobacter	*Gammaproteobacteria *Gammaproteobacteria *Grammoproteobacteria *Gamma proteobacteria	*Enterobacterales *Enterobacterales *Pseudomonadales *Pseudomonadales	*Enterobacteriaceae *Enterobacteriaceae *Pseudomonadales *Pseudomonadales *Moraxellaceae			
India(Gwailor) (123)	*Staphylococcus	*Bacilli *Insecta	*Bacillales *Hemiptera	*Staphylococcaceae *Coccoidea			
Taiwan (Taichung) (125)	*Varilla *Coccus *filamentoso.	*Magnoliopsida	*Asterales	*Asteraceae		*Coccus viridis	
No especifica a el país, ni la ciudad (132)	Streptococcus pneumoniae	*Bacilli	*Lactobacillales	*Streptococcaceae			
Polonia(Cracovia)( 94)	*Staphylococcus	*Bacilli	*Lactobacillales	*Staphylococcaceae			
China (Hangzhou) (114)	Proteobacteria *Cyanobacteria *Actinobacteria	*Acidithiobacillia *Gloeobacterophyceae *Acidimicrobacteria					

		*Firmicutes *Bacteroidetes	*Bacilli  *Bacteroidia	*Bacillales			
China (Xian) (112)	*Streptococcus *Pseudomonas  *Neisseria *Serratia *Clostridium  *Staphylococcus *Mycobacterium *Corynebacterium *Micrococcus	*Bacilli *Gammaproteobacteria  *Betaproteobacteria *Gammaproteobacteria *Bacilli  *Actinobacteria	*Lactobacillales *Pseudomonadales  *Neisseriales *Enterobacterales  *Bacillales  *Actiniyetales *Antinomycetales *Actinomycetales	Streptococcaceae *Pseudomonadales  *Neisseriaceae *Yersiniaceae  *Staphylococcaceae *Mycobacteriaceae *Corynebacteriaceae *Micrococcaceae		*P.aeruginosa           *M.tuberculosis     *C.diphtheriae	
Israel (Bahía de Haifa y Rehovot) (121)	*Granulinas *Cianobacterias	*Gloeobacterophyceae					
Irán (Teherán) (116)	*Bacillus ssp. *Micrococcus ssp. *Staphylococcus *Penicillium ssp.	*Bacilli *Actinobacteria *Bacilli  *Eucotiomyces	*Bacillales  *Actinomycetales *Bacillales	*Bacillaceae  *Micrococcaceae *Staphylococcaceae			

		* <i>Cladosp orium *Aspergill us ssp.</i>	* <i>Dothideom ycetes *Eurotiomyc etes</i>	* <i>Eurotiale s *Capnodi ales *Eurotiale s</i>	* <i>Trichoco maceae *Davidiell aceae *Trichoco maceae</i>		* <i>Clados porium herbaru m</i>
--	--	---	--	---	--	--	--

Se pudo determinar que de las 10 investigaciones que se enfocaban en los diferentes tipos de bacterias, 2 analizaban el orden, 7 analizaban los géneros de estas y únicamente 1 analizaba la especie de 1 de los 6 tipos de bacterias que estudiaba, esta fue *E.coli* (135), adicionalmente la clase más analizada de bacterias fue *Bacilli* con 6 y *Gammaprotebacteria* con 3. (**tabla10**)

**Tabla 11.** distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo hongos encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019

Bioa	Ciudad	Tipo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Hongos	EE.UU(N ew Orleans, Louisiana ) (133)	* <i>Cladosp orium spp *Aspergill us spp *Penicilliu m spp</i>	* <i>Dothideom ycetes *Eurotiomyc etes *Eurotiomyc etes</i>	* <i>Capnodi ales *Eurotiale s *Eurotiale s</i>	* <i>Davidiell aceae *Trichoco maceae *Trichoco maceae</i>		* <i>Clados porium hearbar um</i>
	Derby, Leicester, Worceste r, Szczecin, Vielha, Vinnytsia, Timisoara , Plasencia , Lleida, Manresa, Girona, Tarragon	* <i>Cladosp orium spp *Alternari a spp</i>	* <i>Dothideom ycetes *Dothideom ycetes</i>	* <i>Capnodi ales *Pleospor ales</i>	* <i>Davidiell aceae *Pleospor aceae</i>		* <i>Clados porium hearbar u</i>

<p>a, Don Benito, Zafra, Roquetes -Tortosa, Bcelona , Thessaloni (83)</p>						
<p>Irán (Ahvaraz) (113)</p>	<p>*Cladosp orium spp *Alternari a Spp *Aspergill us spp *Penicilliu m spp *Drechsl e Spp *Stemphy lium spp</p>	<p>*Dothideom ycetes *Dothideom ycetes *Eurotiomyc etes *Eurotiomyc etes *Dothideom ycetes *Dothideom ycetes</p>	<p>*Capnodi ales *Pleospor ales *Eurotiale s *Eurotiale s *Pleoapor ales *Pleoapor ales</p>	<p>*Davidiell aceae *Pleospor aceae *Trichoco maceae *Trichoco maceae *Pleopora ceae *Pleopora ceae</p>		<p>*Clados porium hearbar u  *S.solan i</p>
<p>No especific a el país, ni la ciudad (137)</p>	<p>*Cladosp orium spp *Alternari a Spp *Fusariu m spp *Trichode rma spp</p>	<p>*Dothideom ycetes *Dothideom ycetes *Sordariomy cetes *Sordariomy cetes</p>	<p>*Capnodi ales *Pleospor ales *Hypocre ales *Hypocre ales</p>	<p>*Davidiell aceae *Pleospor aceae *Nectriac eae *Hypocre aceae</p>		<p>*Clados porum hearbar u  *F.oxys porum *T.harzi anum</p>

China (Beijing) (106)	*Penicillium *Cladosporium *Aspergillus *Trichoderma *Cryptococcus *Bacillus  *Pseudomonas *Acinetobacter *Clostridium	*Eurotiomycetes *Dothideomycetes *Eurotiomycetes *Sordariomycetes *Tremellomycetes *Bacilli  *Gammaproteobacteria  *Dothideomycetes	*Eurotiomycetes *Capnodiales *Eurotiales *Hypocreales  *Tremellales *Bacillales  *Pseudomonadales  *Capnodiales	*Eurotiales  *Davidiellaceae *Trichomaceae *Hypocreaceae *Tremellaceae *Bacillaceae  *Pseudomonadaceae  *Eurotiales	*Trichomaceae *  * *	*Cladosporium herbaru *T.harzi *Cryptococcus neoformans  *P.aeruginosa  Cladosporium herbaru
Taiwan (Taipei) (138)	*Ascosporas *Aspergillus *Basidioporas *Cladosporium	*Eucotiomyces *Heterobasidiomycetes *Dothideomycetes	*Eurotiales  *Capnodiales	*Trichomaceae  *Davidiellaceae		*Agaricus *Cladosporium herbarum
Taiwan (Sur de Taiwan) (118)	Aspergillus	*Eucotiomyces	*Eurotiales	*Trichomaceae		



En el análisis de los bioaerosoles de tipo hongo se pudo apreciar que las 7 investigaciones que estudiaban los géneros de diversos tipos de bioaerosoles, hubo incluso investigaciones que analizaron hasta 9 tipos diferentes,(106) adicionalmente se pudo apreciar que la clase de hongos más estudiada fue *Dothideomycetes*, analizando 12 diferentes tipos en 6 de las investigaciones, seguido de *Eurotiales*, el orden de bioaerosoles más investigado fue *Capnodiiales*, con 6 tipos, el género más investigado fue *Cladosporium spp*, seguido de *Eucoiomycetes*. (tabla 11)

**Tabla 12.** distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo hongos y bacterias encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019

Bioaero	Ciudad	Tipo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Hongos y Bacterias	China (Beijing) (109))	* <i>Alternaria</i> * <i>Cladosporium</i> * <i>Phoma</i> * <i>Aspergillus</i> * <i>Rubellimicrobium</i> * <i>Microspora</i> * <i>Paracoccus</i> * <i>Skermanella</i>	* <i>Dothideomycetes</i>  * <i>Dothideomycetes</i> * <i>Eurotiomycetes</i> * <i>Alphaproteobacteria</i> * <i>Actinobacteria</i> * <i>Alphaproteobacteria</i>	* <i>Pleosporales</i>  * <i>Capnodiiales</i> * <i>Eurotiales</i>  * <i>Rhodobacterias</i> * <i>Actinomitales</i> * <i>Rhodobacterales</i>	* <i>Pleosporaceae</i>  * <i>Davidiellaceae</i> * <i>Trichocomaceae</i> * <i>Rhodobacteraceae</i>  * <i>Streptosporangiacae</i> * <i>Rhodobacteraceae</i>		<i>A.alternata</i>   * <i>Cladosporiumhearbaru</i>   <i>*Rubellimicrobium</i> <i>*thermophilum</i> <i>*Microsporosea</i>
	China (Monte Tai) (107)	* <i>Ascomicota</i> * <i>Basidiomycota</i> * <i>Actinobacteria</i> * <i>Cianobacterias</i>	* <i>Neoelectomycetes</i> * <i>Acidimicrobacteria</i> * <i>Gloeobacterophyceae</i> * <i>Bacilli</i>				* <i>Celato gloea</i>

		*Firmicutes *Acidobacterias *Bacteroidetes *Cloroflexi	*Holophagae  *Bacteroidia *Anaerolineae	*Bacillales			
	China (Beijing) (111)	*Proteobacterias *Firmicutes *Antinobacterias	*Acidithiobacillia *Bacilli  *Acidimicrobiiia	*Bacillales			

De los bioaerosoles de tipo hongos y bacterias que se investigaron juntos, se pudo apreciar que 2 de las 3 investigaciones analizaron únicamente el orden taxonómico de los bioaerosoles y en la única que se analizaron los géneros predominó el orden *Rhodobacterales* (109) (**tabla 12**)

**Tabla 13.** distribución taxonómica de los bioaerosoles de tipo polen y hongos encontrados en las investigaciones analizadas entre los años 2005 – 2019

Bioae	Ciudad	Tipo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Polen y Hongos	EE. UU (Las Vegas, California) (139)	*Cladosporium spp	*Dothideomycetes	*Capnodiales	*Davidiellaceae		*Cladosporium herbarum
	Bélgica (Bruselas) (91)	*Alnus *Betula *Carpinus	*Magnoliapsida *Magnoliapsida *Dicotiledónea	*Fagales  *Fagales  *Fagales	*Betulaceae  *Betulaceae		

		<p>*Corylus</p> <p>*Fraxinus</p> <p>*Poaceae</p> <p>*Quercus</p> <p>*Taxus</p> <p>*Cupressaceae</p> <p>*Alternaria</p> <p>*Cladosporium</p>	<p>*Magnoliapsida</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Liliopsida</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Pinopsida</p> <p>*Gymnospermae</p> <p>*Dothideomycetes</p> <p>*Dothideomycetes</p>	<p>*Fagales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Poales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Cupressales</p> <p>*Cupressales</p> <p>*Pleosporales</p> <p>*Capnodiales</p>	<p>*Betulaceae</p> <p>*Betulaceae</p> <p>*Oleaceae</p> <p>*</p> <p>*Taxaceae</p> <p>*</p> <p>*Pleosporaceae</p> <p>*Davidiellaceae</p>	<p>*Fagaceae</p> <p>A.alternata</p>	<p>Taxus baccata</p> <p>*Cladosporium herbarum</p>
Bélgica (Bruselas) (86)	<p>*Cladosporium spp</p> <p>*Corylus avellana</p> <p>*Taxus</p> <p>*Cupressaceae</p> <p>*Fraxinus</p> <p>*Carpe</p> <p>*Betula</p> <p>*Platanus</p> <p>*Quercus ilex</p> <p>*Artemisia</p> <p>*Alternaria</p>	<p>*Dothideomycetes</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*</p> <p>Pinopsida</p> <p>*Gymnospermae</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Dicotiledónea</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Magnoliapsida</p> <p>*Dothideomycetes</p>	<p>*Capnodiales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Cupressales</p> <p>*Cupressales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Fagales</p> <p>*Asterales</p> <p>*Pleosporales</p>	<p>*Davidiellaceae</p> <p>*Betulaceae</p> <p>*Taxaceae</p> <p>*Oleaceae</p> <p>*</p> <p>Betulaceae</p> <p>*</p> <p>Betulaceae</p> <p>*Fagaceae</p> <p>*Arteraceae</p>	<p>*Corylus</p> <p>*Quercus</p> <p>A.alternata</p>	<p>*Cladosporium herbarum</p> <p>*Taxus baccata</p> <p>*Quercus</p>	

					* <i>Pleosporaceae</i>		
--	--	--	--	--	------------------------	--	--

En la **tabla 13** se observó que de las investigaciones que analizaron de manera taxonómica, polen y hongos. Las tres se encargaron de estudiar los tipos de géneros. En cual predominó el género *Betula* y *Cladosporium ssp.*

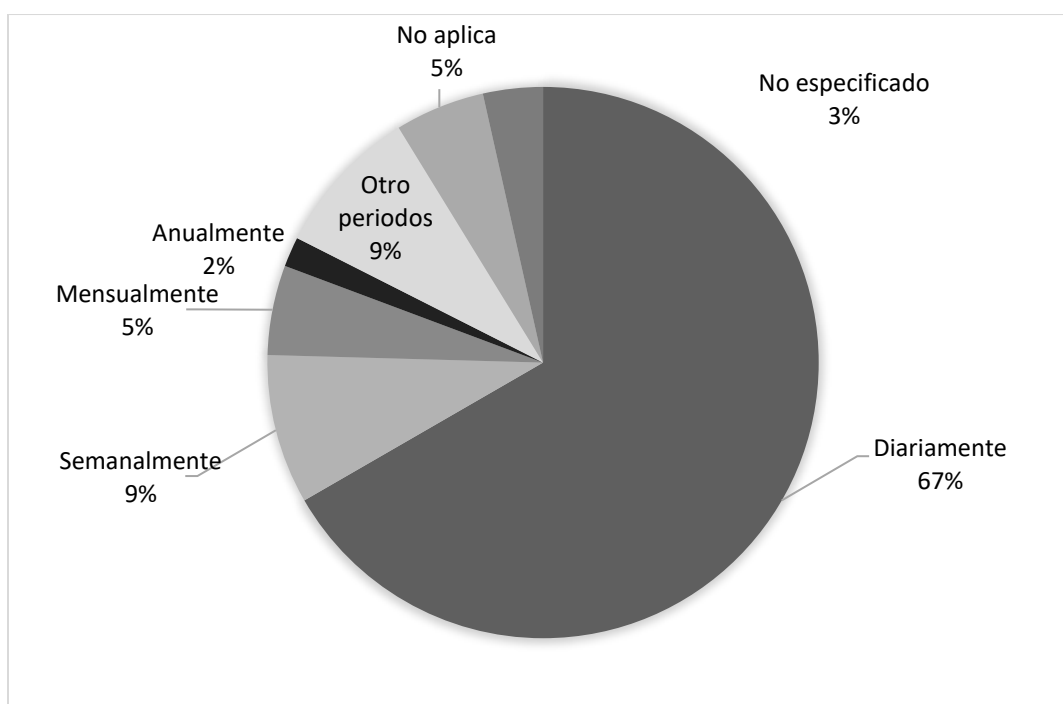
Durante las investigaciones apreciamos que no hubo una región específica en la que fuese más común encontrar investigaciones que analizaran la taxonomía de los bioaerosoles, es decir, casi todos los continentes que investigaron sobre bioaerosoles y polución en el aire, tenían una o varias investigaciones que coincidían con esta característica, excepto el continente de Oceanía, donde únicamente se observó una investigación que cumpliera con todos los criterios que exige esta revisión, pero no analizaba la parte taxonómica de los bioaerosoles.

En las concentraciones de polen para varios de sus taxones incluido el pasto, hierba y maleza, se pudo observar exacerbaciones bastante fuertes en personas mayores de 60 años que hicieron parte de las investigaciones a través del tiempo. Pasaba algo importante que cuando el Abedul y la hierba en caso de las altas concentraciones de PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, afectaban las relaciones y el riesgo parece ser más fuerte entre los mismos.

Entre los periodos de toma de muestras se destacó que el 66,6% (n:38) de las investigaciones tomaron información de los contaminantes o muestra diariamente,

la mayoría utilizó el muestreador tipo Hirst, para el caso de las muestras semanales las cuales equivalían a un 8,77% (n:5) fue muy común observar que los investigadores recolectaban las muestras en un mismo tambor durante un tiempo específico y posteriormente lo recortaban para analizarlo de manera individual y en las fechas elegidas por ellos, ejemplo, un tambor se dejaba un semana y luego lo recortaban en 7 partes iguales obteniendo así datos de cada día, se observó además que otro 8,77% (n:5) de las investigaciones tomaban muestras en periodos diferentes, estos periodos podían ir desde 5 minutos hasta 60 días. (**Gráfico 7**)

**Gráfico 8.** Análisis de la frecuencia en que se tomaban muestras de contaminantes en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire.

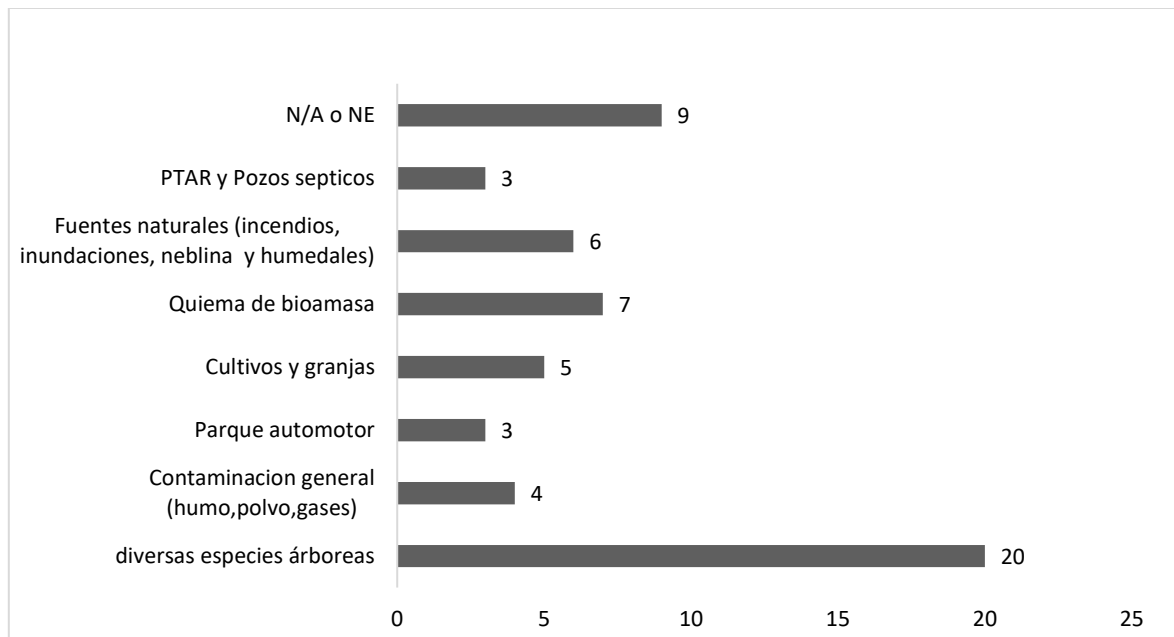


Se pudo apreciar en el (**gráfico 7**) que de las 57 investigaciones 34 utilizaron muestreadores diferentes para su investigación, es decir, que estos no coincidían ni se repetían; de las 25 investigaciones restantes un 17,5% (n:10) utilizaron un muestreador tipo Hirts, el cual es un equipo eléctrico que aspira volúmenes constantes y conocidos de aire y los hace impactar contra la superficie receptora, es una cinta plástica de 19 mm de ancho que se dispone tensada alrededor de una pieza cilíndrica llamada tambor, para darle la capacidad de adherir y retener las partículas, se deposita sobre la cinta una fina película de aceite de silicona, usando un pincel, posteriormente esta es retirada y transportada bajo condiciones especiales a un laboratorio para su análisis; este muestreador se caracteriza por qué no estropea las esporas de hongos, pues el análisis microscópico se realiza sobre la muestra material, además se pueden obtener resultados con precisión

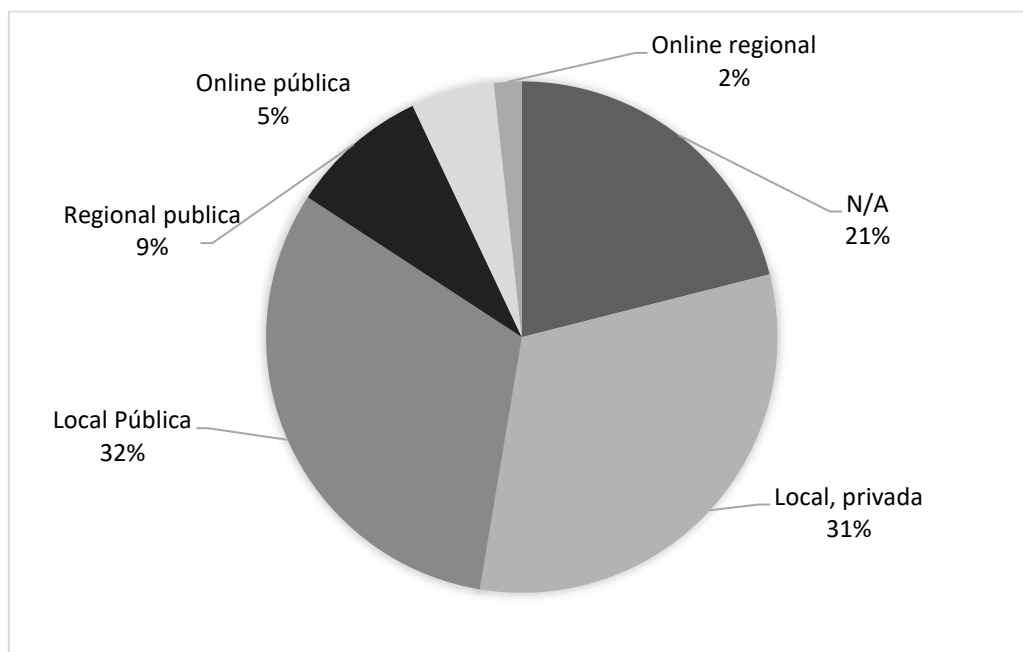
horaria.(139) El segundo más utilizado fue el muestreador tipo Burkad con un 14,0% (n:8) este funciona igual que el anterior, es decir también es un sistema volumétrico de impacto pos succión, la única diferencia es que esta es una marca británica, por último se puede destacar también el muestreador tipo Andersen este es un muestreador multiorificio en cascada que separa automáticamente las partículas en fracciones según su tamaño, existen modelos de 2 y 6 niveles, que constan de cabezales perforados de 200 y 400 orificios, respectivamente, cuyo diámetro disminuye progresivamente en sentido descendente. (140)

Se analizaron las principales fuentes de emisión de los contaminantes, y se logró establecer que siempre se midió la exposición a los bioaerosoles con una variable de tipo ecológico. Muchas de las investigaciones analizaron el comportamiento de los bioaerosoles según las 4 estaciones meteorológicas del año (otoño, primavera, verano e invierno), principalmente en temporadas de polen alto que generalmente se da en el mes de marzo, que corresponde a la primavera, contemplando fuentes naturales de emisión (árboles o arbustos). 20 de las 57 investigaciones analizaban la reacción del polen a otros contaminantes o los efectos en la salud del mismo, cabe aclarar que estas investigaciones relacionadas con polen tomaban diferentes especies, familias o grupos, en esta revisión el polen de hierba o arbustos se incluyó en la misma sección. La quema de biomasa también tuvo un importante número de investigaciones 7, muchas de estas eran quemas controladas para analizar el comportamiento de los bioaerosoles en una situación específica; Los cultivos y granjas también aportaron bastantes investigaciones 5, estas se centraban específicamente en medir los bioaerosoles de las diferentes actividades agrícolas y ganaderas, por otra parte se encontraron investigaciones específicas que tomaban las fuentes de emisión no tan comunes como polvos o humos de cigarrillo y un total de 9 estudios que no especificaba o no le aplicaba ninguna fuente de emisión pues tomaban datos de otro tipo sitio.

**Gráfico 9.** Frecuencia en que se tomaban muestras de contaminantes en las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire según fuente de emisión.



**Gráfico 10.** Descripción de las diferentes fuentes de información de las que se tomaban datos para las investigaciones de bioaerosoles asociados a la polución del aire.



Al analizar las investigaciones, se observó que la mayoría tomaba información de los bioaerosoles de otras entidades o fuentes, es decir que estas no eran propias de los investigadores, por lo tanto, se identificó cuáles y cuantas de estas investigaciones se apoyaban de otras entidades para obtener los datos necesarios y dar ejecución de su investigación. (**Grafico 9**) Partiendo de esto se puede observar que de las 57 investigaciones solamente 12 no tomaban ningún tipo de información de una fuente secundaria, es decir, que tenían sus propios muestreadores y tomaban ellos mismos la información que iban analizar; las restantes siempre se apoyaban de otras fuentes para tomar la información que necesitaban y ejecutar su investigación, se evidenció que los datos que más tomaban de otras entidades eran los meteorológicos y en algunas ocasiones información propia de los bioaerosoles. Se pudo determinar, además, que un 38,5% (n:18) de esta información provenía de redes locales, privadas o locales, públicas, es decir, redes del lugar o la región específica donde se desarrolló la investigación, también se encontró un 8,77% (n:5) de las investigaciones se apoyaban de redes regionales, públicas, es decir, aquellas que estaban en toda la región y para la investigación solo se tomaba información de algunos puntos de muestreo.

### Efectos en la salud encontrados en las investigaciones sobre bioaerosoles

De las 57 investigaciones 17 abordaron los efectos en la salud con los que se podían asociar los bioaerosoles. Los diseños utilizados en las investigaciones fueron: los estudios ecológicos de series de tiempo, el diseño cruzado de casos y estudios de correlación, las mismas fueron utilizados porque permitieron evaluar la relación entre una variable (dependiente) respecto a otras variables en conjunto (independiente). Estos modelos se destacaron dentro de las investigaciones por su facilidad de aplicación e interpretación con los grupos poblacionales que aquí se utilizaron. En la tabla 10 se analiza la distribución según el diseño de estudio de las 17 investigaciones de bioaerosoles con patologías en salud.

**Tabla 14.** Descripción de los diseños de estudio utilizados en las diferentes investigaciones de bioaerosoles con relación en salud, en los años 2005 al 2019

	<b>Autor (año de estudio)</b>	<b>Diseño</b>	<b>Población</b>	<b>Tiempo de estudio (años)</b>	<b>Eventos</b>	<b>Bioaerosol</b>
<b>Series de tiempo</b>	Osborne, N y colaboradores 2017(87)	Series de tiempo	11.984 adultos entre 16 y 64 años	7 años	Ingresos de emergencia por asma	Polen



	Guilbert, A y colaboradores (2018) (86)	Series de tiempo	Niños, adolescentes y adultos mayores	7 años	hospitalizaciones por asma	Polen y hongos
	Guilbert, A y colaboradores 2016(91)	Series de tiempo	1175000 medicamentos	5 años	Venta de medicamentos	Polen
	Ito, K y colaboradores 2015 (129)	Series de tiempo	No especificado	12 años	Venta diaria de medicamentos para la alergia y visitas a urgencias por asma	Polen
	Cakmak, S y colaboradores 2012 (131)	Series de tiempo	28.670	13 años	hospitalizaciones por asma	Polen
	Johnston, F y colaboradores 2009 (134)	Series de tiempo	No especificado	1 año	Ventas diarias de medicamentos	Polen
<b>Otros estudios con relación salud</b>	Phosri, A y colaboradores 2017 (115)	Estudio panel	73.995 visitas clínicas	12 años	polinosis	Polen
	Marchetti, P y colaboradores 2017 (89)	Estudio Cross-Sectional a escala institucional	8834 encuestas	5 años	La rinitis alérgica	Polen
	Lavigne E y colaboradores 2016 (128)	Estudio de supervivencia de Cox, tipo time to event	225.234 nacimientos	8 años	El riesgo de parto pretermino	Polen
	Vörös, K y colaborador	Estudio Cross-Sectional a	20.482	10 años	Prevalencia de la alergia	Polen

	es 2018 (85)	escala nacional				
<b>Diseño casos cruzados</b>	Agnew, M y colaboradores 2018 (84)	Estudio de casos y controles	4.015	10 años	Prevalencia de la alergia	Polen
	Stickley, A y colaboradores 2017 (117)	Estudio de Casos cruzados estratificado en el tiempo	7.517 hombres y mujeres	10 años	Número de suicidios	Polen
	Konishi, S y colaboradores 2017 (122)	Estudio de Casos cruzados estratificado en el tiempo	11.713	registro diario de las visitas por causa del pole a la clínica	Registro diario de las visitas a la clínica.	Polen
<b>Correlación</b>	Faridi, S y colaboradores. 2017(116)	Estudio de panel	504 adultos y niños	Encuesta en un periodo de siete a ocho semanas	La composición biológica de PM, aerosoles bacterianos y fúngicos, puede causar inflamatoria sistémica.	Hongos
	Kraiwuth, K y colaboradores. 2016 (138)	Series de tiempo	No especificado	Promedio de visitas diarias ambulatorias para dermatitis atópica y dermatitis de contacto	La dermatitis y otros eccemas fueron más frecuentes que la dermatitis atópica en el área de estudio.	Hongos

	Cirera, L y colaborador es. 2011(100)	Series de tiempo	1617 asma y 2322 EPOC	Visitas diarias al centro medico	aumento similar de alrededor del 5% en visitas de asma y EPOC por incrementos de SO2	Polen
--	--	------------------	-----------------------	----------------------------------	--	-------

En el caso de los diseños de series de tiempo, los cuales son datos estadísticos que se recopilan y registran en determinados intervalos de tiempo en la **tabla 14**, se observó un 35,2% (n:6) de las investigaciones pertenecían a esta categoría, estas se desarrollaron 3 en el continente europeo, 2 en el continente americano y 1 en Oceanía, específicamente en Darwin, Australia. Estos diseños permitieron analizar la relación que tenían los bioaerosoles y las diferentes patologías en salud, principalmente el asma, con el cual se logró verificar que, en las temporadas altas de polen, existió un mayor número de visitas a los centros médicos. (100)

Una vez analizados los diseños de estudio, por medio de los cuales se estableció la relación de los bioaerosoles y la salud, se analizó la información poblacional de los mismos, dando cuenta que los estudios que pertenecían a la categoría de series de tiempo, siempre fueron ecológicas y en estas siempre tomo a la población como un conjunto, abarcando grandes cantidades de individuos, recopilando datos de distintas fuentes de información, como datos de historias clínicas, visitas a los diferentes centros médicos, encuestas y compra de medicamentos.

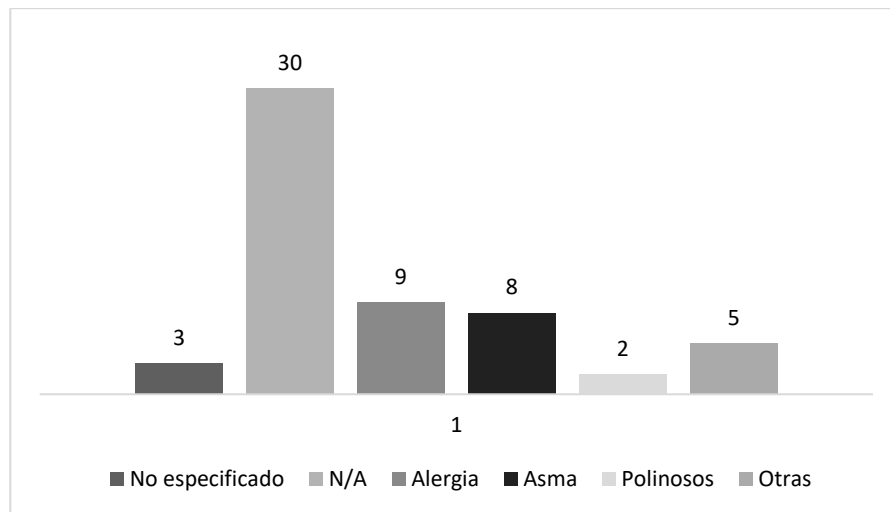
En el caso se los estudios de la categoría de casos cruzados un 17,6% (n:3) tomo una población inferior a los 8.000 individuos, aun así, únicamente 1 de estos realizo un seguimiento individual a su muestra. Los 2 restantes se realizaron en una muestra más grande y por medio de cuestionarios o historias clínicas; en los estudios de correlación el 17,6% (n:3), realizo seguimiento a su población de forma individual, es decir, que midieron y tomaron muestras a sus pacientes en un periodo especifico y estos resultados los relacionaron con las concentraciones de bioaerosoles; (n:2) investigación de esta categoría analizaron a sus pacientes por registros de ingreso al centro médico y un último por encuestas. (116)

Adicionalmente encontramos unos estudios que tenían relación con alguna patología en salud, pero no pertenecían a ninguna de las categorías de diseño de estudio que establecimos 23,5% (n:4), estos tenían diseños de estudio de tipo panel,

en el cual es una técnica de muestreo no probabilístico que evita realizar encuestas masivas a la población general, por medio de una muestra o población ubicada en un área geográfica concreta, se capta información necesaria para ejecutar la investigación.(141) también se encontraron estudios de tipo: supervivencia de Cox, también conocido como Analysis of time to event data. Este tipo de estudios tienen una estructura típica, todos miden el tiempo desde un origen hasta la ocurrencia de un suceso de interés.(142) finalmente encontramos también estudios de tipo Cross-Sectional, los cuales miden tanto la exposición, como el resultado en un punto determinado en el tiempo. Se utiliza generalmente para estimar la prevalencia de una enfermedad dentro de una población específica(143); para este caso encontramos uno de tipo institucional y otro nacional, abarcando una población mucho mayor.

Otro de los aspectos que se analizó de las investigaciones fue los antecedentes médicos de la población estudiada, esto aplicaba para los estudios que de alguna manera analizaban personas, pues hay que tener en cuenta que muchos de los estudios buscaban solamente analizar los efectos de los bioaerosoles en el ambiente, es por esto que de los 57 estudios 40 no aplicaban para este filtro.

**Gráfico 11.** *Análisis de las investigaciones que tomaron población con antecedentes médicos en las investigaciones de bioaerosoles y salud.*



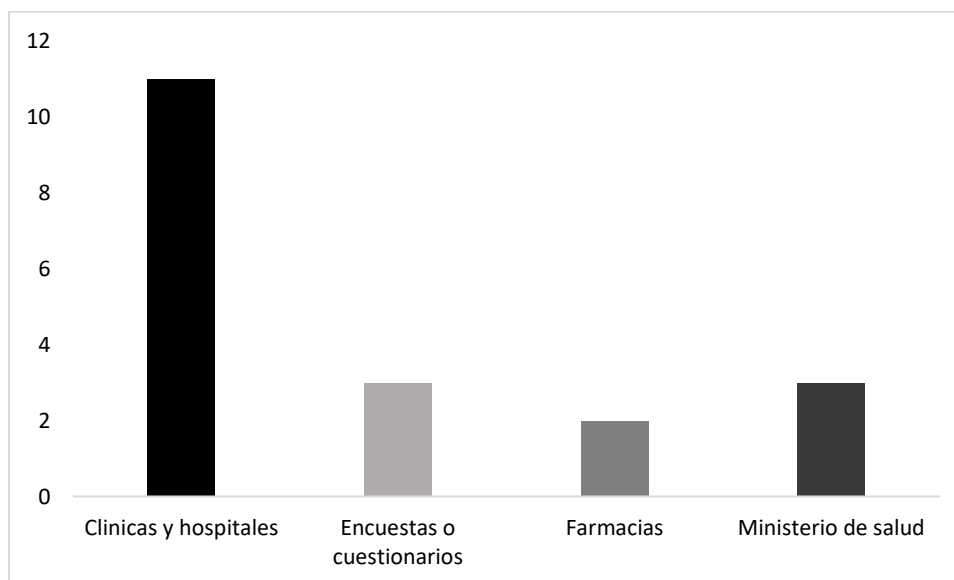
En el (gráfico 10) se puede deducir de este análisis que en la mayoría de investigaciones que tomaron personas con antecedentes médicos, sufrían de enfermedades similares, como asma y/o alergia ya sea respiratoria, dérmica o algún elemento externo o cualquier tipo de enfermedad respiratoria, en el grafico se muestra que 5 investigaciones tomaban otras enfermedades o patologías

diferentes, estas eran básicamente cáncer, parto prematuro, presión arterial alta, influenza o neumonía.

Teniendo en cuenta la información anterior se puede determinar que las patologías que más se relacionan con los bioaerosoles son Alergias, Asma, y enfermedades respiratorias, aunque una serie de investigaciones buscaron relacionar estos bioaerosoles a patologías como la polinosis, Rinoconjuntivitis, Infección nosocomial, neumonía y/o difteria; cabe aclarar que muchos de los estudios no confirmaron que los pacientes padecieran alguna patología, estos se basaron en datos de compra de medicamentos, estos eran proporcionados por las farmacéuticas, por ejemplo: en una investigación se tomaron datos de 1.175.000 personas que adquirieron con cierta frecuencia medicamentos para la alergia en farmacéuticas específicas;(91) esto puede generar un sesgo en las investigaciones y en esta revisión, pues no se tiene certeza de que la muestra analizada si posea la patología asociada.

Debido a lo anterior, decidimos analizar que investigaciones se apoyaban en los datos de otras entidades para completar sus resultados o para analizarlos obteniendo así repuestas, es por esto que analizamos de donde provenían estos datos y se concluyó que venían de: Historias clínicas, farmacias, encuestas, sistemas de vigilancia, ministerios de salud, etc.

**Gráfico 12.** Descripción de las diferentes fuentes de información en salud, utilizadas en las investigaciones de bioaerosoles y salud para los años 2005 - 2019



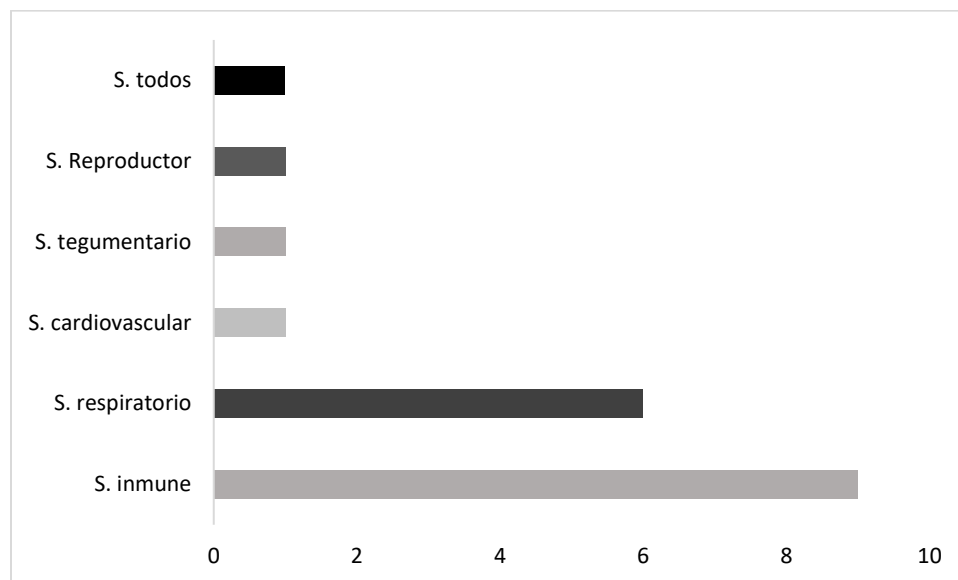
Por lo general las fuentes que más se utilizaron fueron los hospitales, clínicas y centros de salud y se pudo evidenciar que durante toda la temporada de polen e

incluso semanas después, las consultas médicas en los hospitales aumentaron de manera alarmante. En algunos países como Japón reclutaron clínicas en cada barrio, que estaban cerca de las estaciones de monitoreo (que en este caso son fuentes primarias) y se compararon los datos obtenidos de la estación con el aumento en el número de visitas clínicas, se determinó que las consultas en principio fueron por polinosis debido a los síntomas que presentaron los pacientes **(gráfico 11)**

centros de salud, clínicas y hospitales, un 15,7% (n: 3) cuestionarios o encuestas y un 10,5% (n:2) pertenecía a datos proporcionados por farmacias.

Por otra parte, se investigaron los diferentes sistemas del cuerpo, que se vieron afectados por los contaminantes que se investigaron, especialmente en ciudades que tienen cambios climáticos en todo el año.

**Gráfico 13.** Descripción de los sistemas del cuerpo analizados en las investigaciones de bioaerosoles y salud.



El **(grafico 11)** refleja que el sistema del cuerpo que más se vio afectado por los bioaerosoles es el sistema inmune 47,3% (n: 9) dado que la mayoría de las personas que tuvieron afecciones en la salud son adultos mayores de 60 años que tenían enfermedades preexistentes o condiciones biológicas que los hacían más susceptibles. El sistema respiratorio 31,5% (n: 6) es el segundo que más se vio afectado por los contaminantes, en el cual no solo los adultos se vieron afectados sino, también los niños que presentaron altos índices alérgicos al polen que atacaron este sistema. Logramos asemejar que fueron pocas las investigaciones en que los contaminantes, afectaban más de dos sistemas del cuerpo humano.

Adicionalmente se analizó la frecuencia con la que se tomaron las muestras de los participantes o con la que se recogieron en las fuentes de información secundaria. Estas muestras se tomaron en tiempos variados y dependían del lugar en donde estuvieron haciendo las investigaciones.

7 de las 19 investigaciones, es decir un 36,8% realizaba un seguimiento individual a sus pacientes, ya fuese por un cuestionario o tomando muestras, de estas 2 tomaba muestras de la presión, muestras de sangre y orina con cierta frecuencia para realizar un seguimiento; 8 de las 19 investigaciones, es decir el 42,1% realizaba un seguimiento poblacional ya sea con registros de venta de medicamentos, historias clínicas o visitas a los centros médicos, con una frecuencia diaria o semanal. Incluso en algunos estudios se eligió un grupo de personas con enfermedades preexistentes y otro grupo de personas sanas, con el fin de hacer una comparación y mirar de qué manera los eventos estacionales del clima afectaban la salud de los mismos y estas pruebas se realizaron después de un mes del reclutamiento de las personas.

Por ejemplo; hubo una investigación que duro 10 años y se realizó en la ciudad Tokio, Japón, en el cual su enfoque fue la interacción del polen en el aire con las partículas concentradas y la incidencia de las consultas médicas diarias por polinosis, para esto se tomó muestras durante cada mes por los 10 años que duro el estudio.

## Discusión

Esta investigación encontró un total de 57 artículos publicados sobre bioaerosoles entre 2005-2019, pudiéndose considerar como uno de los temas menos estudiados en el campo de la contaminación del aire, poco se ha publicado sobre el rol de los bioaerosoles en la contaminación del aire urbano. La mayoría de trabajos se localizan en el ámbito intramural, de ahí la importancia de consolidar información en el espacio extramural. Así mismo los datos sobre los efectos en la salud de las emisiones de bioaerosoles aún son limitados y no existen límites establecidos de exposición máxima para bioaerosoles, debido a que los estudios de bioaerosoles no logran relacionar los efectos sobre la salud o tienen una evaluación de exposición insuficiente. (144) lo que acierta que es necesario seguir indagando en este campo que hace parte del fenómeno de la calidad del aire.

Observamos diferencias en el número de publicaciones por continente, en donde podríamos destacar la región europea como la que más ha investigado sobre los bioaerosoles con 23 investigaciones, las cuales estuvieron principalmente enfocadas en países como España e Italia, en los cuales con su trayectoria investigativa han demostrado que por el elevado índice de contaminación ambiental en algunas ciudades, experimentan cambios bruscos de temperatura especialmente durante la primavera(145), este fenómeno (primavera) altera la fisiología de las plantas, potenciando la agresividad del polen(146). Adicional a eso, la mala calidad del aire en estos países europeos también se le atribuye al tráfico de vehículos que los estudios realizados mostraron los principales contaminantes que afectaron la calidad del aire como: el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ (147). Estas partículas son las que más estudiaron y se relacionaron con el mayor número de efectos adversos a la salud humana(26). Sin embargo, se logró identificar que los contaminantes no solo eran partículas de PM, sino que también había agentes patógenos (hongos, bacterias, protozoos y virus) que están afectado la calidad principalmente en las ciudades de Italia por sus estaciones climáticas (148).

En América los estudios se centraron particularmente en 2 países Canadá y Estados Unidos con un 33,3% (n:3) y 66,6% (n:6). En el periodo de estudio no se reportó en la base de datos consultada ningún estudio en el tema en los países de Latinoamérica y del Caribe no se encontraron investigaciones que cumplieran con los criterios de esta revisión. En el caso de Colombia las pocas investigaciones que existen de bioaerosoles son de tipo intramural y se encargan de identificar y contabilizar especies de los mismos, pero no relacionan con la salud o posibles patologías(149). Es de recalcar que la investigación en calidad del aire en el país solo ha tomado fuerza en el país en la última década(150), pues se han hecho esfuerzos por invertir en ciencia, investigación y desarrollo, sin embargo, sigue siendo poco comparado con otras regiones, dejándonos en un notable atraso con otros países en los cuales ya se cuenta con equipos que pueden medir partículas hasta de 1 micra(151).

El continente Asiático apporto 21 de los 57 estudios analizados, es decir una gran cantidad comparado con otros, esta es una de las regiones más afectadas por la



mala calidad del aire, pues de las 25 ciudades más contaminadas del mundo 20 se encuentran en dicha región, sin embargo, países como Singapur, China o Corea del Sur han emprendido políticas especiales como la creación de instituciones de monitoreo y una mayor fiscalización de las industrias(38).

El continente de Oceanía aportó sólo uno de los 57 estudios analizados. Teniendo en cuenta que esta región es una de las más afectadas en calidad del aire por los constantes incendios forestales(152), se puede apreciar una necesidad de mayor atención a los asuntos ambientales de esta área geográfica, está en los últimos años ha sido centro de acumulación de ceniza, hollín y vegetación ennegrecida generada por los diferentes incendios forestales, corriendo el riesgo de contaminar ríos, presas y el mar, adicionalmente estas cenizas ponen en riesgo la vida de animales salvajes e incluso pueden contaminar el suministro de agua potable de grandes ciudades.(153)

En cuanto al continente de África, a pesar de que es un continente con países en vía de desarrollo y que los niveles de contaminación atmosférica alcanzan niveles críticos, es un problema ignorado por las autoridades y sobre todo por la población que no percibe la magnitud del problema(154). Esto sumado a la falta de inversión de recursos para investigación y educación, refleja brechas sociales en el conocimiento que pueden agravar la situación de calidad del aire de dicho continente(155), es por esto que la OMS lanzó una campaña llamada “BreatheLife”; El objetivo de esta era que la gente tomará conciencia, al que se le hace referencia como un “asesino invisible”, que representa un potencial riesgo sanitario y ambiental.(156) Se puede decir que, África en cuanto a investigaciones relacionadas con contaminación del aire, por la enorme falta de datos y por las lagunas en la legislación, no tienen un panorama que les permita establecer un punto de partida para enfocar posibles investigaciones relacionadas con la polución del aire, Sudáfrica es el único país del continente que posee investigaciones relacionadas con la calidad del aire.

Se destaca que la gran mayoría de los trabajos sobre bioaerosoles que ha se encontraron en la base de datos explorada se ubican en la categoría de Q1 del sistema de clasificación de Scimago, esta sirve para evaluar la importancia relativa de una revista dentro del total de revistas de su área, Básicamente estas revistas ostentan el mejor ranking en publicaciones y número de citas, es decir que, durante el último año, han sido citadas por los artículos que se han publicado. La búsqueda se realizó en la base de datos de Pubmed, esta es un sistema de búsqueda libre, permite tener acceso a citas en proceso, artículos ya disponibles, libros disponibles en la estantería de NBCI, la cual agrupa diversa información de bases de datos biológicas la cual procede de los resultados a experimentos científicos, generalmente suministrados por los laboratorios o instituciones que los realizan o publicados en la literatura científica, donde con frecuencia se aplican tecnologías de experimentación de muy alto rendimiento y el análisis computacional(157). revistas adicionales y artículos de años anteriores como lo son de 1966. Se utilizó esta base de datos por su especialización en ciencias de la salud, esta maneja términos MeSH y lenguaje libre para obtener en cada caso diferentes

resultados con el término de “bioaerosoles”. De todas las bases de datos consultadas esta fue la única que arrojó la información pertinente y eficaz de los bioaerosoles investigados en forma extramural y/o urbana para llevar a cabo esta (158).

El bioaerosol más estudiado en los textos revisados es el polen, y con menor frecuencia se exploraron hongos, bacterias, endotoxinas, y la relación que tienen los mismos con el PM, esto puede ser explicado porque la mayoría de las investigaciones se dieron en países que cuentan con estaciones climáticas y donde los eventos alérgicos están entre sus más importantes causas de su morbilidad(159), los cuales además crean alertas en los sistemas de salud y la necesidad de investigar más a fondo, es por esto que la mayoría de investigaciones de bioaerosoles de tipo extramural se dan precisamente en los meses de febrero a junio

En esta investigación se observó que la mayoría de las investigaciones que tenían relación con alguna patología en salud utilizaron el diseño de series de tiempo, en las cuales se tomaba la población como un conjunto, de esta manera se abarcaron grandes cantidades de individuos, recopilando datos de distintas fuentes de información, como datos de historias clínicas, visitas a los diferentes centros médicos, encuestas y compra de medicamentos, esto se dio por el tipo de investigación que desarrollaban, pues los bioaerosoles investigados en forma extramural aun no son tan explorados, por lo que a los investigadores se les facilita tomar este tipo de datos, es por esto que los tiempos de muestreo que se utilizaban en las investigaciones tendían a ser largos, pues debían analizar la prevalencia de síntomas o visitas médicas en una población específica(160).

Por otra parte, al realizar esta búsqueda se observó que específicamente las bacterias en la última década han mostrado un gran avance en forma en la que se están investigando, ya que son analizadas por técnicas de ADN recombinante y genómicas(161), lo que expande la visión del mundo microbiológico y diagnóstica oportunamente las enfermedades, así como su posible tratamiento a través de la terapia; las moléculas recombinantes son formadas mediante métodos de laboratorio, los cuales juntan el material genético de diversos medios, por ejemplo, el ADN de las plantas puede ser unido al ADN bacteriano, así como el ADN humano puede ser unido al ADN fúngico, entre otros.(121)

Por su parte, la genómica se refiere al estudio del genoma completo, es decir, de todos los genes que se encuentran en un organismo, en contraste con la genética la cual estudia genes de forma individuales (162) este tipo de tecnologías, han sido gran aporte para las diferentes investigaciones, mostrando resultados más precisos y rápidos, sin embargo, aún no se utilizan para el análisis de las diferentes bacterias y/o microorganismos que encontramos en el aire, con el apoyo de estas se tendrían diagnósticos más oportunos y se podría establecer mejor la relación de estos bioaerosoles con posibles enfermedades del ser humano.

La mayoría de las investigaciones analizadas fueron de tipo exploratorio, dado que los bioaerosoles son un campo emergente e inexplorado que apenas está teniendo

sus inicios en diversas regiones, esta metodología permite tener un primer acercamiento a un tema específico, estas se utilizan más que todo para generar hipótesis y que la misma impulse y amplíe un estudio más detallado y profundo del cual se pueda extraer resultados más concretos y que lleven a generar una posible solución de la problemática. (163)

En las investigaciones analizadas los investigadores pretendían establecer la relación de los bioaerosoles estudiados de manera extramural y las consecuencias que los mismos han podido traer a la salud de las personas, por medio de variables que posibilitan esa relación como: el grupo poblacional, observándose que la mayoría se enfocaba en adultos sanos y muy pocas tomaron poblaciones con patologías preexistentes, entre estas asma y/o enfermedades cardiovasculares, tratando de ajustar potenciales factores de confusión, pues investigaciones previas han demostrado que las personas más vulnerables ante enfermedades ocasionadas por el ambiente, son niños, adultos mayores y/o personas con enfermedades previas(164). Sin embargo, este tipo de investigación exploratoria ha sido escogida por los investigadores, porque los bioaerosoles son un tema que no está claramente definido y a pesar de que han venido ganando importancia en las últimas décadas, falta explorar más este campo del conocimiento. Es por esto que se pretende conocer mejor el comportamiento de los mismos en el medio ambiente y su interacción en el ambiente exterior.

Podría decirse, que los bioaerosoles son un campo que apenas esta empezado a ser explorado y que las investigaciones de bioaerosoles asociadas a la polución del aire, en un ambiente extramural y con posibles relaciones en efectos nocivos de la salud de las personas. Necesitan contar con datos más concretos, y que les permitan a los investigadores comprender e ir más allá de las posibles causas de este problema ambiental, estudiando con más detalle los efectos probables de los bioaerosoles.

En los últimos años se han aumentado los estudios de bioaerosoles a causa de los impactos que estos ejercen sobre la salud pública, sin embargo, aún no se han identificado de manera suficiente los niveles de riesgo asociados a contaminantes biológicos. (165) Incluso existen diversos estudios que dan una relación entre la exposición a material particulado y los efectos adversos en la salud(166), pero solo unos pocos han investigado el efecto de los bioaerosoles en la misma, incluso, menos han profundizado en cómo afectan estos la salud de los niños y/o adultos mayores, o con enfermedades preexistentes. Desde la salud pública es necesario aportar en estos temas y establecer relaciones entre los bioaerosoles y el incremento en la incidencia de asma, el deterioro de la función pulmonar, y mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias de niños y adolescentes(166)

Adicionalmente y basados en lo anterior es importante recalcar que en el campo de los bioaerosoles aún hay mucho por estudiar e investigar, pues no se conoce la genómica de los mismos, donde podríamos centrarnos en la estructura, función y evolución de los mismos, adicionalmente el conocer y caracterizar estos

bioaerosoles su actuar colectivo e individual nos ayuda a minimizar los impactos de los mismos en la salud humana.(162)

Por otra parte, es necesario realizar estudios de tipo exploratorios donde se pueda obtener datos respecto a la exposición a los bioaerosoles, tanto a nivel individual como poblacional, esto con el fin de obtener datos más precisos sobre la exposición de la población a los mismos, y poder así obtener unos límites permisibles de bioaerosoles sin que se afecte la salud e integridad de la población, incluyendo aquellos que son más vulnerables, desde la salud pública podemos aportar en este tipo de investigaciones, siendo éticamente responsables con las personas objeto de estudio y no vulnerando sus derechos por fines educativos y/o investigativos.

Finalmente, es importante recalcar que desde la salud pública se han mostrado grandes avances en el campo ambiental, específicamente en calidad del aire, sin embargo, aún queda mucho por explorar y este es el caso de los bioaerosoles, quienes en los últimos 15 años han mostrado un avance significativo en el campo de la investigación(34), pero sigue siendo insuficiente para la cantidad de microorganismos que este término abarca y para los efectos que estos pueden tener en la salud humana.

## Conclusiones

Esta revisión bibliográfica se ha realizado sobre la polución del aire y sus posibles efectos en la salud humana dado que las investigadoras han considerado la importancia que tienen los diferentes relacionados con la calidad del aire y los bioaerosoles. En una matriz de análisis fueron escogidas y por ende analizadas las investigaciones que cumplieran con los criterios específicos planteados para la misma.

Los datos dan cuenta de que existe una relación muy estrecha del fenómeno de la polución del aire y la salud, en algunos continentes, países, ciudades o en su defecto localidades pequeñas. También hay necesidad sentida de seguir investigando de manera más específica, como se están viendo afectadas por este fenómeno a corto, mediano y largo plazo la salud de las personas.

El abordaje técnico de los estudios revisados dentro de la matriz permitió determinar la tendencia de cada una de las investigaciones, dando cuenta de que los diseños metodológicos más utilizados en las investigaciones fueron estudios de series de tiempo, estudios de caso cruzado y correlaciones, adicionalmente, esta revisión demostró que la mayoría de los estudios que se han realizado de bioaerosoles asociados a la polución del aire y sus efectos en la salud eran ecológicos, es decir, que se basaban en una población o analizaban la población como conjunto y no de manera individual, aunque ocho de las veintitrés investigaciones que tenían alguna relación con patologías en salud analizaron de manera individual sus participantes teniendo en cuenta los niveles de exposición, tiempo y el tipo de contaminante.

Un dato muy importante, que logramos identificar fue que hubo varias investigaciones que estudiaron dos o tres contaminantes al tiempo, demostrando que los bioaerosoles se pueden analizar de manera independiente o ligado a otro contaminantes, entre los que se analizaron de manera individual fue muy común encontrar el polen y sus diferentes tipos, seguido de bacterias y hongos, ya analizados de manera simultánea el que mayor número obtuvo fue el material particulado en compañía de diferentes tipos de hongos y bacterias.

A lo largo de las observaciones que hicimos en cada una de las investigaciones, se puede destacar que muchas de las concentraciones de los contaminantes como: O<sub>3</sub>, CO, se dieron a causa de la quema de biomasa en poblaciones rurales, esta se utilizaba para la generación de energía en los hogares. Esto indica que no solo se generan grandes concentraciones de O<sub>3</sub>, CO por la combustión, sino, también la generación de bacterias y hongos. Con esto damos cuenta que los contaminantes no se investigaron únicamente por separado, sino, que también se estudiaron los comportamientos de ambos.(107)

Con este trabajo se logró identificar que se las investigaciones de bioaerosoles asociadas a la polución de aire y posibles efectos en la salud, de tipo extramural

son relativamente bajas en todo el mundo, únicamente se encontraron diecisiete que relacionaran estos contaminantes ambientales con patologías en salud y estas, a su vez, establecían principalmente relación con enfermedades respiratorias y cardiovasculares en niños y adultos mayores. Por otra parte, se identificó que la mayoría de las investigaciones (n:46) se encargaban de describir y analizar la taxonomía de los bioaerosoles.

## Referencias

1. Solá XG. Calidad de aire de interiores: contaminantes y sus efectos en la salud humana. Rev Panam Salud Pública [Internet]. 1998;4(6). Available from: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+44.+Calidad+del+aire+interior>
2. AMERICAN ACADEMY OF FAMILY PHYSICIANS. Polución del aire exterior: posibles efectos de salud. [Internet]. FAMILY DOCTOR. ORG. 2020. Available from: <https://es.familydoctor.org/polucion-del-aire-exterior-posibles-efectos-en-la-salud/>
3. Hernández Calleja A. Contaminantes biológicos : criterios de valoración. Inst Nac Segur e Hig en el Trab [Internet]. 1994;1–6. Available from: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_409.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_409.pdf)
4. World-o-Meters. EcuRed [Internet]. Available from: <https://www.ecured.cu>
5. Multilingual Environmental G, Thesaurus. Contaminación atmosférica [Internet]. Available from: <https://www.eionet.europa.eu/gemet/en-US/concept/636>
6. Zárate MS, Gales A, Jordá-Vargas L, Yahni D, Relloso S, Bonvehi P, et al. Contaminación ambiental durante un brote de enterococo resistente a vancomicina en un hospital de Argentina. Enferm Infecc Microbiol Clin [Internet]. 2007;25(8):508–12. Available from: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+55.+Control+de+la+contaminación+ambiental>
7. Villar, A M. Factores determinantes de la salud: Importancia de la prevención. Acta Médica Peru [Internet]. 2011;28(4):237–41. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v28n4/a11.pdf>
8. Campo MA del. Formalización del concepto de salud a través de la lógica: impacto del lenguaje formal en las ciencias de la salud [Internet]. 2016. p. 1–10. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2174-51452016000100004](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452016000100004)
9. Ministerio de Ambiente Vivivenda y Desarrollo Territorial. Resolución 650 del 2010. Protoc para el Monit y Seguim la Calid del Aire [Internet]. 2008;287. Available from: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>
10. Qu DE, Trata SE, Factor E, Qu POR, Factor E, Importante ES, et al. Factores biológicos. Biol Factors Summ [Internet]. 2019; Available from: [https://www.greo.ca/Modules/EvidenceCentre/files/GREO \(2019\) Biological Factors Summary - Spanish.pdf](https://www.greo.ca/Modules/EvidenceCentre/files/GREO (2019) Biological Factors Summary - Spanish.pdf)
11. Organización Mundial de la Salud. Factores d riesgo. [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2002. p. 1. Available from: [http://origin.who.int/topics/risk\\_factors/es/](http://origin.who.int/topics/risk_factors/es/)
12. Prats G. Microbiología y Parasitología Médicas. 2017; Available from:

- <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2063/science/article/pii/S2222180814604102>
13. Zanoletti AFB. SUNSPACE, A Porous Material to Reduce Air Particulate Matter (PM). 2017; Available from: <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2063/science/article/pii/S2222180814604102>
  14. Linneo C. Estructura y Reproducción de las plantas. Curtis Biol [Internet]. 2017; Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2405/VisorEbookV2/Ebook/9789500605502?token=5c3878bf-74b4-4b4a-8ee6-7fd04eb511bb#%7B%22Pagina%22:%221%22,%22Vista%22:%22Indice%22,%22Busqueda%22:%22%22%7D>
  15. Organización Mundial de la Salud. ¿Como define la OMS la salud? [Internet]. 2019. 2019. Available from: <https://www.who.int/es/about/who-we-are/frequently-asked-questions>
  16. Instituto Nacional de Cáncer. Instituto Nacional de Cáncer [Internet]. Instituto Nacional de Cáncer. 2021. Available from: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/toxina-bacteriana>
  17. Curtis. Características de bacterias archaea. Curtis Biol Massarini [Internet]. 2017;24:463. Available from: <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2063/science/article/pii/S2222180814604102>
  18. Bettie J. Graham PD. Nacional Human Genome Research Institute [Internet]. Nacional Human Genome Research Institute. 2019. Available from: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Virus#:~:text=Virus&text=Un virus es una partícula,hacer copias de sí mismos.>
  19. Ubilla C, Yohannessen K. Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño. Rev Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2017;28(1):111–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.12.003>
  20. Romero M. Contaminación del aire. 2006;(1):6–8. Available from: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Romero Marisol.pdf>
  21. Cohen Aaron J, Brauer Michael, Burnett Richard, Anderson H Ross, Frostad Joseph, Estep Kara, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution : an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet [Internet]. 2015;389(10082):1907–18. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)
  22. Apte JS, Brauer M, Cohen AJ, Ezzati M, Pope CA. Ambient PM2.5 Reduces Global and Regional Life Expectancy. Environ Sci Technol Lett. 2018;5(9):546–51.
  23. Organización Mundial de la Salud. La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud. [Internet]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>



24. Congreso Nacional de Chile. La contaminación del aire en Latinoamérica. [Internet]. 2017. Available from: <https://www.bcn.cl/observatorio/americas/noticias/la-contaminacion-del-aire-en-latinoamerica>
25. P.García S. Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. [Internet]. OMS. 2018. p. 1–2. Available from: <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>
26. Instituto Nacional de Salud. Carga de enfermedad ambiental en Colombia, Decimo informe técnico especial. MinSalud [Internet]. 2018;10:177. Available from: [https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10\\_Carga\\_de\\_enfermedad\\_ambiental\\_en\\_Colombia.pdf](https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10_Carga_de_enfermedad_ambiental_en_Colombia.pdf)
27. Arciniégas Suárez CA. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm 10 \*. 2012;(34):195–213. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742012000100012&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742012000100012&script=sci_abstract&lng=pt)
28. Bracho. LR, Bravo VG. Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿hacen daño a la salud? ¿Podemos hacer algo? World Health [Internet]. 2003;69:29–44. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906902.pdf>
29. Guzmán Fierro LM, Pachón Bernal JA. Transmisión de infecciones intrahospitalarias mediada por bioaerosoles: antecedentes y oportunidades de investigación. Univ St Tomás [Internet]. :1–17. Available from: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2439/2016josepachon.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
30. Maiti, Bidinger. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TRANSMISIÓN DE INFECCIONES RESPIRATORIAS INTRAHOSPITALARIAS MEDIADA POR BIOAEROSOLAS PRESENTES EN EL HOSPITAL DE SUBA. J Chem Inf Model [Internet]. 1981;53(9):1689–99. Available from: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2439/2016josepachon.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
31. González Vallejo E, Campo Tatis M. Evaluación de bioaerosoles desde un relleno sanitario en el departamento del Atlántico. Univ la Costa [Internet]. 2016;1–93. Available from: <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/945/1140864876-1140870541.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Olaya Escobar DR, Pérez Rojas FA. Caracterización cualitativa - cuantitativa de Bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente Aranda, Bogotá D.C. Universidad la Salle [Internet]. 2006;1–201. Available from: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1377&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1377&context=ing_ambiental_sanitaria)
33. Entomological Society of America. Abstract Book. Meet Jt Annu [Internet]. 2018;(ISES-ISEE):1–2032. Available from: <https://isesisee2018.org/wp-content/uploads/2018/09/Abstract-Book-V4-COMPLEET-04-09.pdf>
34. VI Congreso Nacional y Conferencia Internacional Calidad del Aire y Salud. VI versión del Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad

- del Aire y Salud Pública. Casap [Internet]. 2017;6. Available from: <https://www.cali.gov.co/dagma/calendario/1598/vi-congreso-colombiano-y-conferencia-internacional-casap-calidad-del-aire-y-salud-publica/>
35. Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Organ Mund la Salud [Internet]. 2005;Resumen de:25. Available from: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/es/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/)
  36. Ministerio del Medio Ambiente - Gobierno de Chile. Guía de calidad del aire y educación ambiental. Minist del Medio Ambient Gob Chile [Internet]. 2016;3:103. Available from: <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire.pdf>
  37. Vergara Schmalbach JC, Maza Avila FJ, Quesada Ibarguen VM. Crecimiento económico y emisiones de CO2: el caso de los países suramericanos. Espacios [Internet]. 2018;39(13):1–17. Available from: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n13/a18v39n13p17.pdf>
  38. Biblioteca del congreso nacional. La contaminación del aire en Asia Pacífico y las medidas para reducir la polución [Internet]. Observatorio parlamentario. 2017. Available from: <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/comtaminacion-aire-asia-pacifico-polucion>
  39. MARTÍNEZ Á. Nueva Delhi, capital mundial de la contaminación. El PAIS [Internet]. 2016;3. Available from: [https://elpais.com/elpais/2016/01/27/planeta\\_futuro/1453897737\\_125785.html](https://elpais.com/elpais/2016/01/27/planeta_futuro/1453897737_125785.html)
  40. Querol X. Calidad Del Aire Reto Mundial [Internet]. 2018. Available from: <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>
  41. Barragán, Fabiola Mejía, Sierra Fabio GC. Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme. Fac Ciencias Económicas, Inst Estud Ambient “IDEA” [Internet]. 2011;75:119 pp. Available from: <c:%5CUsers%5CUsuario%5CDocuments%5CBibliografiaEtnobotanica%5CBarragan.2011.Implicaciones ambientales del uso de leña en zona rural.pdf>
  42. Ministerio trabajo de España. Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX [Internet]. Risctox. Available from: <https://risctox.istas.net/>
  43. Robertson S, Douglas P, Jarvis D, Marczylo E. Bioaerosol exposure from composting facilities and health outcomes in workers and in the community: A systematic review update. Int J Hyg Environ Health [Internet]. 2019;222(3):364–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.02.006>
  44. Morgado W. Evaluación de bioaerosoles fungí asociados a un Relleno sanitario ubicado en el Municipio de Evaluación del comportamiento bioaerosoles fungí asociados a un Relleno sanitario ubicado en el Municipio de Tubara , Departamento. Univ Manizales , Fac Ciencias Contab Económicas y Adm [Internet]. 2017;93. Available from: <https://bit.ly/2WbqmoT>

45. Semenas L. Patógenos en residuos orgánicos. ResearchGate [Internet]. 2014;(September):2–27. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/266020609\\_Patogenos\\_en\\_residuos\\_organicos](https://www.researchgate.net/publication/266020609_Patogenos_en_residuos_organicos)
46. Morgado-Gamero W. Evaluación de bioaerosoles fungí asociados a un Relleno sanitario ubicado en el Municipio de Tubara, Departamento del Atlántico. Univ Manizales. 2017;(February 2017).
47. Pereira AV, Caicedo YC, Rincones SRB. Distribución espacio-temporal de Aerobacterias en el Relleno Sanitario Palangana, Santa Marta (Colombia). Intropica Rev del Inst Investig Trop. 2010;5(1):7–18.
48. Maldonado-vega M, Peña-cabriales JJ, Villalobos SDELOSS, Castellanos-arévalo AP, Camarena-pozos D, Arévalo-rivas B. Bioaerosoles Y Evaluación De La Calidad Del Aire En Dos Centros [Internet]. Vol. 30. 2014. p. 351–63. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000400004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400004)
49. Kenia L, Espinosa CS, Chávez MA. Aeromicología y salud humana. Rev Cubana Med Trop [Internet]. 2014;66(3):322–37. Available from: <http://scielo.sld.cu>
50. Carvajal Tatis CA. Evaluación del comportamiento de aerobacterias en el corregimiento de Cuatro Bocas. Tubará, Atlántico. Univ la costa [Internet]. 2016;2–109. Available from: <http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/handle/11323/936>
51. Cardozo RY, Araque LG. Caracterización de bioaerosoles en tres edificaciones administrativas de Bogotá , 2012-2013. Rev Cienc en Desarrollo [Internet]. 2015;6(1):41–54. Available from: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_en\\_desarrollo/article/view/3648](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/3648)
52. Lopez Meza AH. Evaluación de Bioaerosoles, bacterias y hongos, en el laboratorio de microbiología. Univ la salle [Internet]. 2012;1:197. Available from: <https://slideplayer.es/slide/1648837/>
53. Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects. Ann Occup Hyg [Internet]. 2003;47(3):187–200. Available from: [https://watermark.silverchair.com/meg032.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysgAAAqQwggKgBgkqhkiG9w0BBwagggKRMIICjQIBADCCAoYGCSqGS1b3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMLr6DzS3Sc2D7TvSmAgEQgIICV8A9jl20GT0fmtxv\\_PgMiJSw-gJjpbEkOjrS-fBDtlhNiuKC](https://watermark.silverchair.com/meg032.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAqQwggKgBgkqhkiG9w0BBwagggKRMIICjQIBADCCAoYGCSqGS1b3DQEHATAeBglghkgBZQMEAS4wEQQMLr6DzS3Sc2D7TvSmAgEQgIICV8A9jl20GT0fmtxv_PgMiJSw-gJjpbEkOjrS-fBDtlhNiuKC)
54. Srikanth P, Sudharsanam S, Steinberg R. Bio-aerosols in indoor environment: Composition, health effects and analysis [Internet]. Vol. 26, Indian Journal of Medical Microbiology. 2009. p. 302. Available from: <http://www.ijmm.org/article.asp?issn=0255-0857;year=2005;volume=23;issue=3;spage=159;epage=163;aulast=Basu#ref5>
55. Organización Mundial de la Salud. Legionelosis [Internet]. 2018. Available from: <https://www.who.int/features/qa/legionnaires/es/>

56. Paz F. El papel de la epidemiología ambiental en el desarrollo disciplinar de la epidemiología. Univ del Val [Internet]. 2011;42:2–285. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v42n3/v42n3a3.pdf>
57. Arriagada MS. Epidemiología ambiental. Univ Catol Chile. 1994;50–2.
58. Manterola C, Quiroz G, Salazar P, García N. Metodología de los tipos y diseños de estudio mas frecuentemente utilizados en investigación clínica. Rev Clínica Las Condes [Internet]. 2019;30(1):36–49. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.11.005>
59. S PF. Tipos de estudios epidemiologicos. Fisterra [Internet]. 2001;1–9. Available from: [http://www.fisterra.com/mbe/investiga/6tipos\\_estudios/6tipos\\_estudios.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/6tipos_estudios/6tipos_estudios.asp)
60. Convención de Viena y Montreal. Convenção de Viena e Protocolo de Montreal. Minist del Medio Ambient [Internet]. 2017; Available from: <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/convencao-de-viena-e-protocolo-de-montreal>
61. Toloza D, Lizarazo L, Blanco J. Concentración Y Composición Microbiana En El Ambiente De La Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado De La Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia, Tunja, Colombia. Actual Biológicas [Internet]. 2012;34(97):241–52. Available from: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329179/20785704>
62. Ramos Flores A. Convenios de Ginebra. Mil Rev (Ed Hispanoam [Internet]. 2003;LXXXIII(2):40–4. Available from: [https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/colombia/en/Brochure-Final\\_SP.pdf](https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/colombia/en/Brochure-Final_SP.pdf)
63. Acuña G. La conferencia de Río+20 y el principio 10. 2012;1–8.
64. Organización de las Naciones. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Volumen I. United Nations [Internet]. 1993;473. Available from: <https://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>
65. Organización de las Naciones Unidad. Convenio de Estocolmo. 2011; Available from: [https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book\\_rae\\_/assets/pdf/UNEP-POPS-PAWA-SC10-Achievementbooklet.Sp.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/assets/pdf/UNEP-POPS-PAWA-SC10-Achievementbooklet.Sp.pdf)
66. Naciones Unidas/CEPAL. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales [Internet]. Publicación de las Naciones Unidas. 2019. 93 p. Available from: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
67. Naciones Unidas. Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Cop21 [Internet]. 2015;21930:18. Available from: [http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf%5Cnhttps://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_spanish\\_.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf%5Cnhttps://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf)
68. Consejo Nacional De Política Económica y Social. Conpes\_3344\_2005. 2005;

- Available from:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes\\_3344\\_2005.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes_3344_2005.pdf)
69. Toro ER, Narea MS, Pacheco JF, Contreras E, Gálvez A. Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Manuales la CEPAL. 2016;209.
  70. Alcaldía Mayor de Bogotá. Decreto 174. 2006;2006(Mayo 30). Available from: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20361>
  71. Congreso de Colombia. Ley 99 De 1993. D Of [Internet]. 1993;(41146):44. Available from: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
  72. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. RESOLUCION No. 1208 de septiembre 5 de 2003. 2003;(1208). Available from: [http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res\\_1208\\_240610.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res_1208_240610.pdf)
  73. Ministerio de Ambiente V y DT. Resolución 909 de2008. Resoluc 909 2008 [Internet]. 2008;(909):36. Available from: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resolución 909 de 2008 - Normas y estandares de emisión Fuentes fijas.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/f0-Resolución%20909%20de%202008%20-%20Normas%20y%20estandares%20de%20emisión%20Fuentes%20fijas.pdf)
  74. Ministerio de Ambiente V y DT. Resolución 651 de 2010. 2010;(651).
  75. Área Metropolitana Valle de Aburrá. Acuerdo Metropolitano N°16 [Internet]. 2017. Available from: [http://ctumedellin.com/sitio/download/circulares\\_y\\_otros/Acuerdo-Metropolitano-16-de-2017.pdf](http://ctumedellin.com/sitio/download/circulares_y_otros/Acuerdo-Metropolitano-16-de-2017.pdf)
  76. Junta Metropolitana del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Acuerdo Metropolitano N° 4 [Internet]. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. 2018. p. 1–20. Available from: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/POECA/Acuerdo-Metropolitano-04-de-2018-POECA.pdf>
  77. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. Health Info Libr J [Internet]. 2009;26(2):91–108. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19490148>
  78. De Labry AO, Mendoza JÓ, Mena L udea. edu. co/wps/portal/udea/web/inicio/sistema-bibliotecas/recursos-investigación/contenido/asmenuateral/recursos-informacion-digital-electronico. Á. Más allá de las revisiones sistemáticas. Psicoevidencias [Internet]. 2016;1–4. Available from: <https://www.psicoevidencias.es/contenidos-psicoevidencias/articulos-de-opinion/77-mas-alla-de-las-revisiones-sistematicas/file>
  79. Munn Z, Peters MDJ, Stern C, Tufanaru C, McArthur A, Aromataris E. Systematic review or scoping review Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. BMC Med Res Methodol. 2018;18(1):1–7.
  80. Sistema de Bibliotecas Universidad de Antioquia. Políticas de la biblioteca digital Universidad de Antioquia [Internet]. p. 1–4. Available from: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/>
  81. EcuRed. Terminologia\_DeCs\_MeSH [Internet]. Available from: [https://www.ecured.cu/Tesoros\\_MeSH\\_y\\_DeCS](https://www.ecured.cu/Tesoros_MeSH_y_DeCS)
  82. Margolles P. Operadores booleanos [Internet]. NeoScientia. 2014. Available

- from: <https://neoscientia.com/operadores-booleanos/>
83. Grinn-Gofroń A, Nowosad J, Bosiacka B, Camacho I, Pashley C, Belmonte J, et al. Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* fungal spores in Europe: Forecasting possibilities and relationships with meteorological parameters. *Sci Total Environ*. 2019;653(November 2018):938–46.
  84. Agnew M, Banic I, Lake IR, Goodess C, Grossi CM, Jones NR, et al. Modifiable risk factors for common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) allergy and disease in children: A case-control study. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7).
  85. Vörös K, Bobvos J, Varró JM, Málnási T, Kói T, Magyar D, et al. Impacts of long-term ragweed pollen load and other potential risk factors on ragweed pollen allergy among schoolchildren in Hungary. *Ann Agric Environ Med* [Internet]. 2018;25(2):307–13. Available from: <http://www.aem.pl/Investigation-of-the-impacts-of-long-term-ragweed-pollen-load-and-other-potential,82624,0,2.html>
  86. Guilbert A, Cox B, Bruffaerts N, Hoebeke L, Packeu A, Hendrickx M, et al. Relationships between aeroallergen levels and hospital admissions for asthma in the Brussels-Capital Region: A daily time series analysis. *Environ Heal A Glob Access Sci Source* [Internet]. 2018;17(1):1–12. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5896062/>
  87. Osborne NJ, Alcock I, Wheeler BW, Hajat S, Sarran C, Clewlow Y, et al. Pollen exposure and hospitalization due to asthma exacerbations: daily time series in a European city. *Int J Biometeorol*. 2017;61(10):1837–48.
  88. Zhao F, Durner J, Winkler JB, Traidl-Hoffmann C, Strom TM, Ernst D, et al. Pollen of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): Illumina-based de novo sequencing and differential transcript expression upon elevated NO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>. *Environ Pollut* [Internet]. 2017;224:503–14. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117306103?via%3Dihub>
  89. Marchetti P, Pesce G, Villani S, Antonicelli L, Ariano R, Attena F, et al. Pollen concentrations and prevalence of asthma and allergic rhinitis in Italy: Evidence from the GEIRD study. *Sci Total Environ* [Internet]. 2017;584–585(January):1093–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.168>
  90. Jiřík V, Machaczka O, Ovesná V, Miturová H, Holendová E, Janoutová J, et al. Bioaerosols in the suburbs of Ostrava during a one year period. *Cent Eur J Public Health*. 2016;24(11):S55–60.
  91. Guilbert A, Simons K, Hoebeke L, Packeu A, Hendrickx M, De Cremer K, et al. Short-Term Effect of Pollen and Spore Exposure on Allergy Morbidity in the Brussels-Capital Region. *Ecohealth* [Internet]. 2016;13(2):303–15. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4996865/>
  92. Obersteiner A, Gilles S, Frank U, Beck I, Häring F, Ernst D, et al. Pollen-associated microbiome correlates with pollution parameters and the allergenicity of pollen. *PLoS One* [Internet]. 2016;11(2):1–16. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0149545&type=printable>
  93. Cariñanos P, Adinolfi C, Díaz de la Guardia C, De Linares C, Casares-Porcel M. Characterization of Allergen Emission Sources in Urban Areas. *J Environ*

- Qual [Internet]. 2016;45(1):244–52. Available from: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/jeq2015.02.0075>
94. Bogdali AM, Antoszczyk G, Dyga W, Obtulowicz A, Bialecka A, Kasproicz A, et al. Corrigendum to “Nickel allergy and relationship with *Staphylococcus aureus* in atopic dermatitis” [J. Trace Elem. Med. Biol. 33 (2016) 1-7] DOI: 10.1016/j.jtemb.2015.06.009. J Trace Elem Med Biol [Internet]. 2016;35:126. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X15300109>
  95. Kasprzyk I, Rodinkova V, Šaulienė I, Ritenberga O, Grinn-Gofron A, Nowak M, et al. Air pollution by allergenic spores of the genus *Alternaria* in the air of central and eastern Europe. Environ Sci Pollut Res [Internet]. 2015;22(12):9260–74. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-4070-6>
  96. Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Delgado R, De Linares C. A statistical approach to bioclimatic trend detection in the airborne pollen records of Catalonia (NE Spain). Int J Biometeorol [Internet]. 2014;58(3):371–82. Available from: <file:///C:/Users/pb-pc07/Downloads/Fernandez-Llamazaresetal.2014-IntJournalofBiometeorology.pdf>
  97. Fernández-Rodríguez S, Skjøth CA, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, et al. Identification of potential sources of airborne *Olea* pollen in the Southwest Iberian Peninsula. Int J Biometeorol [Internet]. 2014;58(3):337–48. Available from: [file:///C:/Users/pb-pc07/Downloads/Fernández-Rodríguez2014\\_Article\\_IdentificationOfPotentialSourc.pdf](file:///C:/Users/pb-pc07/Downloads/Fernández-Rodríguez2014_Article_IdentificationOfPotentialSourc.pdf)
  98. Bonofiglio T, Orlandi F, Ruga L, Romano B, Fornaciari M. Climate change impact on the olive pollen season in Mediterranean areas of Italy: Air quality in late spring from an allergenic point of view. Environ Monit Assess [Internet]. 2013;185(1):877–90. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-012-2598-9>
  99. Negrini AC, Negrini S, Giunta V, Quaglini S, Ciprandi G. Thirty-year survey on airborne pollen concentrations in Genoa, Italy: Relationship with sensitizations, meteorological data, and air pollution. Am J Rhinol Allergy [Internet]. 2011;25(6):232–41. Available from: <https://doi.org/10.2500/ajra.2011.25.3729>
  100. Cirera L, García-Marcos L, Giménez J, Moreno-Grau S, Tobías A, Pérez-Fernández V, et al. Daily effects of air pollutants and pollen types on asthma and COPD hospital emergency visits in the industrial and Mediterranean Spanish city of Cartagena. Allergol Immunopathol (Madr) [Internet]. 2012;40(4):231–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21890258/>
  101. Vilavert L, Nadal M, Figueras MJ, Kumar V, Domingo JL. Levels of chemical and microbiological pollutants in the vicinity of a waste incineration plant and human health risks: Temporal trends. Chemosphere [Internet]. 2011;84(10):1476–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.04.041>
  102. Elfman L, Brännström J, Smedje G. Detection of horse allergen around a stable. Int Arch Allergy Immunol [Internet]. 2008;145(4):269–76. Available

- from: <https://www.karger.com/Article/Abstract/110885>
103. Fuhrman C, Sarter H, Thibaudon M, Delmas MC, Zeghnoun A, Lecadet J, et al. Short-term effect of pollen exposure on antiallergic drug consumption. *Ann Allergy, Asthma Immunol* [Internet]. 2007;99(3):225–31. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)60657-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1081-1206(10)60657-6)
  104. Feo Brito F, Mur Gimeno P, Martínez C, Tobías A, Suárez L, Guerra F, et al. Air pollution and seasonal asthma during the pollen season. A cohort study in Puertollano and Ciudad Real (Spain). *Allergy Eur J Allergy Clin Immunol* [Internet]. 2007;62(10):1152–7. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1398-9995.2007.01438.x>
  105. Rodríguez-Rajo FJ, Valencia-Barrera RM, Vega-Maray AM, Suárez FJ, Fernández-González D, Jato V. Prediction of airborne *Alnus* pollen concentration by using arima models. *Ann Agric Environ Med* [Internet]. 2006;13(1):25–32. Available from: <http://www.aaem.pl/Prediction-of-airborne-Alnus-pollen-concentration-by-using-ARIMA-models-,72943,0,2.html>
  106. Fan XY, Gao JF, Pan KL, Li DC, Dai HH, Li X. More obvious air pollution impacts on variations in bacteria than fungi and their co-occurrences with ammonia-oxidizing microorganisms in PM<sub>2.5</sub>. *Environ Pollut* [Internet]. 2019;251:668–80. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.004>
  107. Wei M, Xu C, Xu X, Zhu C, Li J, Lv G. Size distribution of bioaerosols from biomass burning emissions: Characteristics of bacterial and fungal communities in submicron (PM 1.0 ) and fine (PM 2.5 ) particles. *Ecotoxicol Environ Saf* [Internet]. 2019;171(July 2018):37–46. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.026>
  108. Ma Y, Wang Z, Yang D, Diao Y, Wang W, Zhang H, et al. On-line measurement of fluorescent aerosols near an industrial zone in the Yangtze River Delta region using a wideband integrated bioaerosol spectrometer. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019;656:447–57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.370>
  109. Guo Z, Wang Z, Qian L, Zhao Z, Zhang C, Fu Y, et al. Biological and chemical compositions of atmospheric particulate matter during hazardous haze days in Beijing. *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 2018;25(34):34540–9. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-3355-6>
  110. Zhang M, Zuo J, Yu X, Shi X, Chen L, Li Z. Quantification of multi-antibiotic resistant opportunistic pathogenic bacteria in bioaerosols in and around a pharmaceutical wastewater treatment plant. *J Environ Sci (China)* [Internet]. 2018;72:53–63. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.12.011>
  111. Li W, Yang J, Zhang D, Li B, Wang E, Yuan H. Concentration and community of airborne bacteria in response to cyclical haze events during the fall and midwinter in Beijing, China. *Front Microbiol* [Internet]. 2018;9(July):1–12. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01741/full>
  112. Lu R, Li Y, Li W, Xie Z, Fan C, Liu P, et al. Bacterial community structure in atmospheric particulate matters of different sizes during the haze days in Xi'an, China. *Sci Total Environ* [Internet]. 2018;637–638:244–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.006>



113. Fatahinia M, Zarei-Mahmoudabadi A, Shokri H, Ghaymi H. Monitoring of mycoflora in outdoor air of different localities of Ahvaz, Iran. *J Mycol Med* [Internet]. 2018;28(1):87–93. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.12.002>
114. Liu H, Zhang X, Zhang H, Yao X, Zhou M, Wang J, et al. Effect of air pollution on the total bacteria and pathogenic bacteria in different sizes of particulate matter. *Environ Pollut* [Internet]. 2018;233:483–93. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.070>
115. Phosri A, Ueda K, Tasmin S, Kishikawa R, Hayashi M, Hara K, et al. Interactive effects of specific fine particulate matter compositions and airborne pollen on frequency of clinic visits for pollinosis in Fukuoka, Japan. *Environ Res* [Internet]. 2017;156(January):411–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935117300646>
116. Faridi S, Naddafi K, Kashani H, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Momeniha F, et al. Bioaerosol exposure and circulating biomarkers in a panel of elderly subjects and healthy young adults. *Sci Total Environ* [Internet]. 2017;593–594:380–9. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2062/science/article/pii/S004896971730709X?via%3Dihub>
117. Stickley A, Sheng Ng CF, Konishi S, Koyanagi A, Watanabe C. Airborne pollen and suicide mortality in Tokyo, 2001–2011. *Environ Res* [Internet]. 2017;155(January):134–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.02.008>
118. Yu WL, Liu WL, Chan KS, Yang CC, Tan CK, Tsai CL, et al. High-level ambient particulate matter before influenza attack with increased incidence of *Aspergillus antigenemia* in Southern Taiwan, 2016. *J Microbiol Immunol Infect* [Internet]. 2018;51(1):141–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2016.09.001>
119. Kallawicha K, Tsai YJ, Chuang YC, Lung SCC, Wu C Da, Chen TH, et al. The spatiotemporal distributions and determinants of ambient fungal spores in the Greater Taipei area. *Environ Pollut* [Internet]. 2015;204:173–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2015.04.020>
120. Hjort J, Hugg TT, Antikainen H, Rusanen J, Sofiev M, Kukkonen J, et al. Fine-Scale exposure to allergenic pollen in the Urban environment: Evaluation of land use regression approach. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2016;124(5):619–26. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC4858385/>
121. Lang-Yona N, Lehahn Y, Herut B, Burshtein N, Rudich Y. Marine aerosol as a possible source for endotoxins in coastal areas. *Sci Total Environ* [Internet]. 2014;499(1):311–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.054>
122. Konishi S, Ng CFS, Stickley A, Nishihata S, Shinsugi C, Ueda K, et al. Particulate matter modifies the association between airborne pollen and daily medical consultations for pollinosis in Tokyo. *Sci Total Environ* [Internet]. 2014;499:125–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.045>
123. Yadav J, Kumar A, Mahor P, Goel AK, Chaudhary HS, Yadava PK, et al.

- Distribution of airborne microbes and antibiotic susceptibility pattern of bacteria during Gwalior trade fair, Central India. *J Formos Med Assoc* [Internet]. 2015;114(7):639–46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfma.2013.04.006>
124. Hussain MM, Mandal J, Bhattacharya K. Airborne load of Cassia pollen in West Bengal, eastern India: Its atmospheric variation and health impact. *Environ Monit Assess* [Internet]. 2013;185(3):2735–44. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2430/article/10.1007/s10661-012-2744-4>
  125. Wang CC, Fang GC, Kuo CH. Bioaerosols as contributors to poor air quality in Taichung City, Taiwan. *Environ Monit Assess* [Internet]. 2010;166(1–4):1–9. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2430/article/10.1007%2Fs10661-009-0980-z>
  126. Gernes R, Brokamp C, Rice GE, Wright JM, Kondo MC, Michael YL, et al. Using high-resolution residential greenspace measures in an urban environment to assess risks of allergy outcomes in children. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019;668:760–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.009>
  127. L TY, Buttner M, Rivas D, Cross C, Bazylnski DA, Seggev J. Variation in airborne fungal spore concentrations among five monitoring locations in a desert urban environment. *Environ Monit Assess*. 2018;190(11).
  128. Lavigne E, Gasparrini A, Stieb DM, Chen H, Yasseen AS, Crighton E, et al. Maternal exposure to aeroallergens and the risk of early delivery. *Epidemiology* [Internet]. 2017;28(1):107–15. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC5380107/>
  129. Ito K, Weinberger KR, Robinson GS, Sheffield PE, Lall R, Mathes R, et al. The associations between daily spring pollen counts, over-the-counter allergy medication sales, and asthma syndrome emergency department visits in New York City, 2002-2012. *Environ Heal A Glob Access Sci Source* [Internet]. 2015;14(1):1–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12940-015-0057-0>
  130. Zhong J, Urch B, Speck M, Coull BA, Koutrakis P, Thorne PS, et al. Endotoxin and  $\beta$ -1,3- d -Glucan in Concentrated Ambient Particles Induce Rapid Increase in Blood Pressure in Controlled Human Exposures. *Hypertension*. 2015;66(3):509–16.
  131. Cakmak S, Dales RE, Coates F. Does air pollution increase the effect of aeroallergens on hospitalization for asthma? *J Allergy Clin Immunol* [Internet]. 2012;129(1):228–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2011.09.025>
  132. Zhou H, Kobzik L. Effect of concentrated ambient particles on macrophage phagocytosis and killing of *Streptococcus pneumoniae*. *Am J Respir Cell Mol Biol* [Internet]. 2007;36(4):460–5. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC1899326/>
  133. Solomon GM, Hjelmroos-Koski M, Rotkin-Ellman M, Hammond SK. Airborne mold and endotoxin concentrations in New Orleans, Louisiana, after flooding, October through November 2005. *Environ Health Perspect* [Internet].

- 2006;114(9):1381–6. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC1570051/>
134. Johnston FH, Hanigan IC, Bowman DMJS. Pollen loads and allergic rhinitis in darwin, australia: A potential health outcome of the grass-fire cycle. *Ecohealth* [Internet]. 2009;6(1):99–108. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC4996865/>
  135. Farling S, Rogers T, Knee JS, Tilley EA, Brown J, Deshusses MA. Bioaerosol emissions associated with pit latrine emptying operations. *Sci Total Environ* [Internet]. 2019;648:1082–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.147>
  136. Olaniyan T, Jeebhay M, Rööslü M, Naidoo R, Baatjies R, Künzil N, et al. A prospective cohort study on ambient air pollution and respiratory morbidities including childhood asthma in adolescents from the western Cape Province: Study protocol. *BMC Public Health* [Internet]. 2017;17(1):1–13. Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC5602849/>
  137. Weigl F, Radl V, Munch JC, Pritsch K. Targeting allergenic fungi in agricultural environments aids the identification of major sources and potential risks for human health. *Sci Total Environ* [Internet]. 2015;529:223–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.056>
  138. Kallawicha K, Chuang YC, Lung SCC, Han BC, Ting YF, Chao HJ. Exposure to ambient bioaerosols is associated with allergic skin diseases in Greater Taipei residents. *Environ Pollut* [Internet]. 2016;216:845–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.057>
  139. Patel TY, Buttner M, Rivas D, Cross C, Bazylnski DA, Seggev J. Variation in airborne fungal spore concentrations among five monitoring locations in a desert urban environment. *Environ Monit Assess* [Internet]. 2018;190(11). Available from: <https://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2054/pmc/articles/PMC6018573/>
  140. Belmonte J, Ruoure JM. Metodos de muestreo [Internet]. Punto de información aerobiológica. 1988. Available from: <https://lap.uab.cat/aerobiologia/es/methods>
  141. Matilla-Santander N, Fu M, Ballbè M, Lidón-Moyano C, Martín-Sánchez JC, Fernández E, et al. Uso de paneles de consumidores en estudios observacionales de salud pública. *Gac Sanit* [Internet]. 2017;31(5):436–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.03.011>
  142. Cobia AP, Espinoza MR. Estudios de supervivencia. *Sociedad Española Med Lab* [Internet]. 2017;1–11. Available from: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/supervivencia/supervivencia.asp>
  143. Álvarez-Hernández G, Delgado-de la Mora J. Diseño de Estudios Epidemiológicos. I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. *Boletín Clínico Hosp Infant del Estado Son* [Internet]. 2015;32(1):26–34. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf>
  144. Walser SM, Gerstner DG, Brenner B, Bünger J, Eikmann T, Janssen B, et al. Evaluation of exposure-response relationships for health effects of microbial bioaerosols - A systematic review. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2015;218(7):577–89. Available from:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.07.004>
145. Ballester F. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Lancet Oncol* [Internet]. 2005;16(6):e269. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200005](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005)
  146. Sandoval VF, Finot V, Wilckens R, Sepúlveda PL. Effects of the temperature Efectos de la disminución de temperatura sobre el desarrollo de la pared de la antera y el grano de polen en *Oryza sativa* L. *Gayana - Bot* [Internet]. 2014;71(2):199–215. Available from: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-66432014000200003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432014000200003)
  147. Agencia Europea de Medio Ambiente. El medio ambiente en Europa : tercera evaluación. 2003;63. Available from: [file:///C:/Users/pb-pc07/Downloads/kiev\\_sum\\_es.pdf](file:///C:/Users/pb-pc07/Downloads/kiev_sum_es.pdf)
  148. Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Evaluación de la calidad del aire en España. *Clean air* [Internet]. 2018;1–208. Available from: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2018\\_tcm30-498764.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/informeevaluacioncalidadaireespana2018_tcm30-498764.pdf)
  149. Alberto R castillo J, Manuel T meza V, Gustavo OH, Víctor B aburto. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Rev Salud Pública México* [Internet]. 2001;43:555. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342001000600005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342001000600005)
  150. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Diagnostico nacional de salud ambiental. *Minambiente* [Internet]. 2012;368. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGU B/Diagnostico de salud Ambiental compilado.pdf>
  151. Linares C, Díaz J. Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid. *Gac Sanit* [Internet]. 2009;23(3):192–7. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112009000300005](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112009000300005)
  152. Organización de las naciones Unidas. Los efectos nocivos en el aire de los incendios en Australia llegan hasta Sudamérica [Internet]. 2020. Available from: <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467611>
  153. National Geographic. Los incendios de Australia amenazan con contaminar las fuentes de agua potable. 2020; Available from: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2020/01/incendios-australia-afectaran-fuentes-agua-potable>
  154. Africa Fundación. En Africa la contaminación del aire mata, pero nadie lo quiere ver [Internet]. 2016. Available from: <http://www.africafundacion.org/en-africa-la-contaminacion-del-aire-mata-pero-nadie-lo-quiere-ver>
  155. Comisión Española de Ayuda al Refugiado (CEAR), Menéndes E. Refugio por causas medioambientales. *Africa En el olvido. Estudio de casos. Migr climáticas*. 2013;9(4):2013.

156. Fundación sur. África. En África, la contaminación del aire mata, pero nadie lo quiere ver. [Internet]. Available from: <http://www.africafundacion.org/spip.php?article31621>
157. Cañedo Andalia R, Rodríguez Labrada R, Vázquez Mojena Y. Centro Nacional para la Información Biotecnológica de los Estados Unidos: Un palacio de la información para la medicina molecular. *Acimed* [Internet]. 2009;19(4):1–30. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352009000400003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009000400003)
158. Trueba R, Estrada J. La base de datos PubMed y la búsqueda de información científica [Internet]. *El servier*. 2005. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-seminarios-fundacion-espanola-reumatologia-274-articulo-la-base-datos-pubmed-busqueda-S1577356610000229>
159. Chan AWM, Hon KL, Leung TF, Ho MHK, Rosa Duque JS, Lee TH. The effects of global warming on allergic diseases. *Hong Kong Med J* [Internet]. 2018;24(3):277–84. Available from: <https://www.hkmj.org/abstracts/v24n3/277.htm>
160. Saez M, Pérez-Hoyos S, Tobias A, Saurina C, Barceló MA, Ballester F. Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. *Rev Esp Salud Publica* [Internet]. 1999;73(2):133–43. Available from: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57271999000200004](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200004)
161. Perera BPU, Faulk C, Svoboda LK, Goodrich JM, Dolinoy DC. The role of environmental exposures and the epigenome in health and disease. *Environ Mol Mutagen* [Internet]. 2020;61(1):176–92. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/em.22311>
162. Obregom C. Técnicas genómicas.
163. Fernández S, Baptista. Investigación Exploratoria. Guía para Elaborar diseños de investigación en ciencias económicas, Contab Adm [Internet]. 2006;136. Available from: [http://caterina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmk/fonseca\\_g\\_a/capitulo3.pdf](http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmk/fonseca_g_a/capitulo3.pdf)
164. Organización panamericana de la salud. Ambiente y salud. Vol. 16, Revista Costarricense de Salud Pública. 2007. p. 1–18.
165. Alejandro D, Rondón S, Tatiana A, Vargas R. Evaluación de la presencia de bioaerosoles contenidos en material particulado mediante el método de impactación en los colegios San José y Cofraternidad de San Fernando de Bogotá y su relación con las fuentes de emisión presentes en cada uno. *Univ la Salle* [Internet]. 2019;(1):119. Available from: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2155&context=ing\\_a\\_m\\_biental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2155&context=ing_a_m_biental_sanitaria)
166. Manuel RP, Francisca DO, Mireya AT. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Clin Nucl Med* [Internet]. 1991;16(10):780–1. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032006000200008&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032006000200008&script=sci_arttext&tlng=en)



