



UNE EN ISO 9001:2008



HOJAS INFORMATIVAS AMBISALUD OCTUBRE DE 2010

MICROBIOLOGÍA DEL AIRE

El mejor ambiente
para su empresa



INTRODUCCIÓN	3
HISTORIA	3
TIPOLOGÍA.....	5
SUPERVIVENCIA	6
GRUPOS DE RIESGO.....	7
MÉTODOS DE MUESTREO.....	8
EFFECTOS SOBRE LA SALUD.....	11
NORMATIVA.....	13
CONCLUSIÓN	14

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos son y siempre han sido un factor importante para la salud humana. La vida se inició en forma de microorganismos y estos han desarrollado una extraordinaria capacidad de supervivencia que les ha permitido colonizar prácticamente cualquier espacio natural de la tierra y por supuesto también los hábitats artificiales creados por el ser humano para cobijarse.

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona pero es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos), procedentes de otros ambientes. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia.

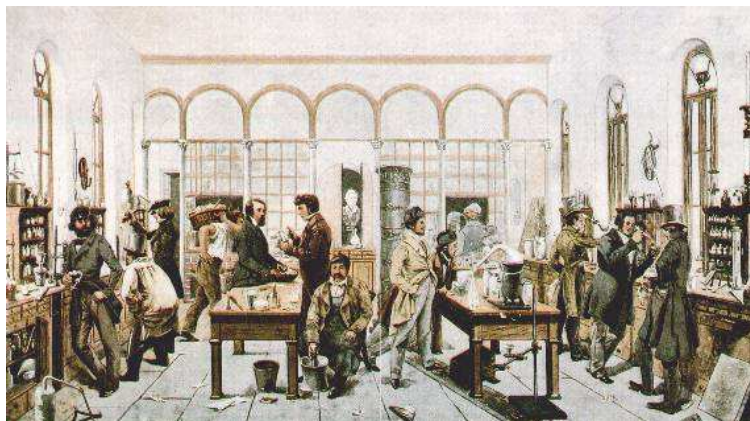
Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran importancia biológica y económica porque producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteraciones en los alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales.

El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar.

HISTORIA

La Microbiología del aire comenzó en el siglo XIX con la intención de descubrir la causa de algunas enfermedades; como sucedió durante la epidemia de cólera que apareció en Europa en 1847 y 1848, en donde se descubrieron “gérmenes” en el aire de los hospitales, causantes de ésta enfermedad.

Se demostró la presencia en el aire de varias bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Mycobacterium tuberculosis*, etc. y que, por tanto, a través de él podían transmitirse enfermedades infecciosas como la escarlatina, tuberculosis, tosferina y rubéola.



Desde entonces, numerosos investigadores han trabajado en este campo tanto en el aire exterior como en recintos cerrados, preocupándose a finales de siglo, por el ambiente quirúrgico.

Hasta el siglo XX, el estudio de los microorganismos del aire sufre grandes altibajos y no es hasta mediados de siglo, cuando hay uno de los dos principales resurgimientos de la época.



El primero, fue en el estallido de la Segunda Guerra Mundial en donde hubo un gran interés en conocer cómo se propagaban las infecciones respiratorias, especialmente en instalaciones militares estadounidenses y se realizaron numerosos estudios sobre *Streptococcus pyogenes*.

El segundo, fue en los años setenta, con la aparición de un enfermedad respiratoria llamada la «**enfermedad de los legionarios**» y el conocimiento posterior de una nueva bacteria (*Legionella pneumophila*), como agente etiológico y de su transmisión por aerosoles procedentes del aire acondicionado. Ello supuso un resurgimiento del estudio de los microorganismos que se transmiten por el aire.

Así mismo, en estos años se observa una mayor preocupación por el control del aire de los ambientes cerrados, principalmente en los hospitales, industrias farmacéuticas y alimentarias. Así como también, en otros ambientes cerrados, como fábricas de aparatos electrónicos, escuelas y edificios de oficinas.

Este último caso, se debe a que, en los últimos años, se ha descrito una nueva enfermedad «**el síndrome del edificio enfermo**», que se produce en los ocupantes de determinados edificios.

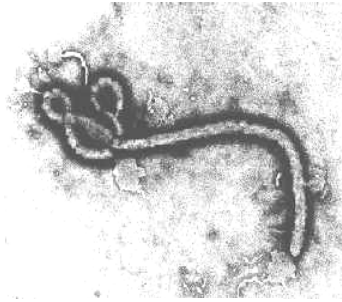
El origen de los síntomas, irritación de las membranas mucosas, dolor de cabeza, erupciones y dificultad respiratoria, no está aún muy claro, pero entre las posibles causas se citan factores ambientales (temperatura, humedad), químicos (adhesivos, pinturas) y microorganismos.



TIPOLOGÍA

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo.

Los **virus** son las formas de vida más simples. Están constituidas únicamente por material genético: ADN (Acido desoxirribonucleico) o ARN (Acido ribonucleico) y una cápside o cubierta proteica.



Virus del Ébola

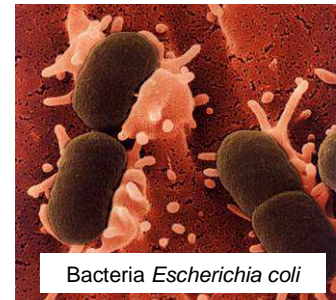
Son parásitos obligados, es decir, precisan de un huésped para poder reproducirse.

La infección la llevan a cabo inyectando su material genético en las células del huésped. Una vez en su interior se sirven de la maquinaria biológica del huésped para producir copias de sí mismos hasta lograr su total recomposición y en un número tal que rompe las membranas celulares pasando así a infectar nuevas células.

Las **bacterias** son organismos más complejos que los virus y a diferencia de ellos son capaces de vivir, en un medio adecuado, sin la necesidad de un huésped para completar su desarrollo.

Es de destacar la capacidad de elaborar esporas que presentan algunas bacterias.

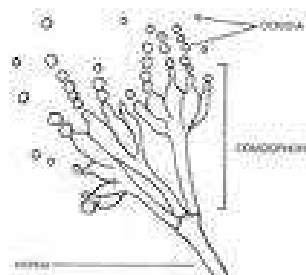
Las esporas no son más que formas de vida resistentes a condiciones adversas. Pueden resistir, durante años incluso, altas temperaturas, sequedad, falta de nutrientes, etc., recuperando su estado normal y capacidad infectiva al entrar en contacto con un medio adecuado para su desarrollo.



Bacteria *Escherichia coli*

Los **hongos** son formas complejas de vida que presentan una estructura vegetativa denominada micelio que está formada por hifas (estructuras filiformes por las que circula el citoplasma plurinucleado). Esta estructura vegetativa surge de la germinación de sus células reproductoras o esporas.

Su hábitat natural es el suelo, pero algunos componentes de este grupo son parásitos tanto de hombres y animales como de vegetales.



Hifa

SUPERVIVENCIA

El número de microorganismos de la atmósfera cambia según la altura, obteniéndose el más alto junto al suelo, (sobre todo en los dos metros inferiores, que constituyen el microclima del hombre), disminuyen hasta los 200 metros y luego se hacen más escasos hasta los 5.000 metros. Su presencia es rara hasta el límite de la troposfera y no se encuentran en la estratosfera.

El número de microorganismos del aire en las zonas pobladas depende de la actividad en esa zona, tanto industrial o agrícola, como de los seres vivos y la cantidad de polvo.



El número de microorganismos es mayor en las zonas pobladas y después en el mar, cerca de las costas. En las zonas desérticas no hay más que lo que aportan los vientos de las zonas habitables próximas y en los casquetes polares no hay nada. En las zonas con clima seco, el aire contiene numerosos microorganismos y el número desciende después de la lluvia debido a que ésta los arrastra por lavado del aire.

La **supervivencia, reproducción y dispersión** en el aire de virus, bacterias, hongos y otros contaminantes biológicos, dependen, en gran medida, de las condiciones del entorno en que se encuentran. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la luz y las fuentes de alimento, principalmente, van a determinar el grado en que los microorganismos se encontrarán en el ambiente.

En general, las temperaturas bajas inhiben el crecimiento de muchos microorganismos; no obstante, algunos de ellos (por ejemplo, mohos y levaduras) se desarrollan bien en ambientes fríos. Otras especies microbianas (por ejemplo, *Aspergillus sp*, *Legionella pneumophila* o *Thermoactinomyces vulgaris*), alcanzan su desarrollo óptimo a temperaturas elevadas.

Los ambientes muy húmedos favorecen el desarrollo de los hongos, de las bacterias y de los ácaros del polvo doméstico. El movimiento del aire contribuye al transporte, mantenimiento y paso al aire de los contaminantes biológicos procedentes del exterior o contenidos en un reservorio del interior.

El grado y tipo de luz también pueden favorecer o inhibir el desarrollo de los microorganismos. Por ejemplo, la luz ultravioleta inhibe dicho crecimiento y la ausencia de luz impide la formación de esporas de algunos hongos (*Altemaria sp.*).

Los organismos vivos precisan de nutrientes para su supervivencia y desarrollo; éstos son muy variados pero resumiendo, se podría decir que el agua y la materia orgánica son los dos recursos principales de que se sirven estos organismos para vivir. Por lo tanto, todos aquellos materiales y estructuras en las que se reúnan esas dos condiciones pueden ser considerados como substratos colonizables por los microorganismos.

GRUPOS DE RIESGO

El Real Decreto 664/1997 de 12 de mayo, para la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, clasifica los agentes biológicos en función del riesgo de infección, en cuatro grupos:

1. **Agente biológico del grupo 1:** aquél que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.
2. **Agente biológico del grupo 2:** aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.
3. **Agente biológico del grupo 3:** aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.
4. **Agente biológico del grupo 4:** aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

La siguiente tabla, esquematiza las características de los distintos agentes biológicos para su clasificación dentro de un grupo de riesgo determinado:

GRUPO DE RIESGO DEL AGENTE BIOLÓGICO	RIESGO INFECCIOSO	RIESGO DE PROPAGACIÓN A LA COLECTIVIDAD	PROFILAXIS O TRATAMIENTO EFICAZ
1	Poco probable que cause enfermedad.	NO	Innecesario.
2	Pueden causar enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores.	Poco probable	Posible generalmente.
3	Puede provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores.	Probable	Posible generalmente.
4	Provocan una enfermedad grave y constituyen un serio peligro para los trabajadores.	Elevado	No conocido en la actualidad.

De esta forma, los agentes biológicos del **Grupo de Riesgo 1 (GR-1)** serían aquellos que, habitualmente, no están asociados con enfermedades en el hombre.

El **GR-2** lo constituyen agentes asociados con enfermedades en el hombre, que raramente son serias, y para las cuales existen habitualmente medidas preventivas o terapéuticas.



Símbolo Peligro Biológico

El **GR-3** lo componen agentes que están asociados con enfermedades graves o mortales, para las cuales son posibles intervenciones de tipo preventivo o terapéutico (alto riesgo individual pero bajo para la colectividad).

El **GR-4** lo forman agentes que, probablemente, causan una enfermedad grave o letal en el hombre, para las cuales las intervenciones preventivas o terapéuticas no son eficaces (alto riesgo individual y para la colectividad).

Para conocer la clasificación de los agentes biológicos a los que podemos estar expuestos, podemos consultar el anexo II del RD 664/1997, en donde están clasificados en los grupos 2, 3, o 4, siguiendo el criterio expuesto en la tabla anterior.

MÉTODOS DE MUESTREO

La elección de un muestreador de bioaerosoles depende del agente biológico objeto de interés, de la información que se desee obtener, de la concentración previsible de bioaerosol y del diámetro aerodinámico de las partículas. Otros aspectos que pueden condicionar la elección del equipo de toma de muestras son las condiciones ambientales y determinados factores ligados al equipo.

No existe un método estandarizado de muestreo de bioaerosoles; algunos muestreadores que pueden ser apropiados para algunas situaciones lo son en menor medida para otras. Por lo tanto, la mejor forma de elegir un muestreador es conocer sus características de funcionamiento y escoger en consecuencia. No se debe olvidar, por su importancia en la elección del equipo muestreador, el análisis al que se van a someter las muestras. El estudio teórico de la situación puede dar como resultado la necesidad de medir un determinado componente del bioaerosol que puede caracterizar perfectamente la exposición; la disponibilidad del equipo de muestreo idóneo y/o de la técnica analítica apropiada pueden marcar las limitaciones de la medición y, en consecuencia, de la evaluación.

LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS MÁS IMPORTANTES:

- **Gravitación o impactación natural:** Es la forma más simple de toma de muestra de bioaerosoles, en la cual las partículas biológicas aerotransportadas son recogidas sobre una superficie adherente (agar en una placa Petri o recubriendo un portaobjetos, placas RODAC,...) por su capacidad de sedimentar por gravedad.

Es un procedimiento útil para estudios iniciales y para la estimación aproximada de la carga microbiológica tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, si se eligen adecuadamente los medios de cultivo.

- **Impactación:** El aire, aspirado por una bomba de vacío que forma parte del muestreador, pasa a través de un orificio y es dirigido a la superficie del medio de cultivo contenido en una placa adecuada.

Muchos muestreadores emplean este método, algunos recogen las partículas sobre una superficie única, mientras otros las recogen por diferentes fracciones de tamaño (diámetro aerodinámico equivalente), en superficies sucesivas (impactación en cascada). Ejemplos de estos muestreadores por impactación incluyen los de rendija (Casella), impactadores de etapa simple (SAS), impactadores Andersen de 1, 2 y 6 etapas o placas (este último considerado como método de referencia), impactador en cascada de May que recoge fracciones sobre portaobjetos.



La identificación específica del agente biológico supone habitualmente que se proceda a su resiembra, en medio idóneo, y la posterior aplicación de reacciones de identificación o estudios por morfología directa o tinciones específicas.



Aspergillus fumigatus



Bacillus licheniformis

- **Centrifugación:** Estos muestreadores de impactación utilizan la fuerza centrífuga para ayudar a la separación de las partículas de la corriente de aire de aspiración. Operan creando un remolino en el cual las partículas con suficiente inercia dejan la corriente de aire para impactar sobre la superficie (medio de cultivo) de recogida.



- **Burbujeo o *impinger*:** El aire a muestrear pasa a través de un volumen conocido de líquido (suero salino, agua de peptona con agentes humectantes, medios líquidos...). Las partículas abandonan la corriente de aire por impactación en el líquido, quedando retenidas en el mismo. Posteriormente, y en el medio de cultivo adecuado, se transfiere una alícuota del líquido de captación, procediéndose a su cultivo, recuento y en su caso a su identificación (viables o cultivables).

- **Filtración:** El aire es aspirado a través de un medio de filtración en el cual las partículas se depositan.

El tipo de filtro más utilizado es el de membrana de policarbonato ya que las partículas pueden ser removidas fácilmente de su superficie por agitación en líquidos adecuados, procediéndose a la posterior inoculación de la suspensión formada en los medios de cultivos específicos.

- **Muestreo de superficies**

Además del muestreo aéreo, puede también determinarse el número de agentes biológicos depositados en una superficie. Este tipo de muestreo es utilizado fundamentalmente en estudios de higiene alimentaria, pero tiene otras aplicaciones como, por ejemplo, comprobar la eficacia de los productos de desinfección o evaluar la presencia de agentes biológicos en el interior de los conductos de aire de un sistema de ventilación-climatización, industria de la piel y cuero.

La toma de muestras se hace fundamentalmente mediante el empleo de torundas o por contacto directo de la superficie a muestrear con una placa RODAC preparada con el medio de cultivo adecuado y su posterior incubación e identificación, en su caso.

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Gran número de infecciones humanas y animales se transmiten por el aire y causan enfermedad, principalmente, en el aparato respiratorio. El control de estas enfermedades es difícil porque los individuos que las padecen suelen seguir realizando sus actividades cotidianas y además, en algunas de ellas, no se dispone de agentes terapéuticos ni vacunas eficaces.

Se caracterizan por su tendencia a causar epidemias, siendo más frecuentes durante el otoño y el invierno, cuando las personas se reúnen en recintos cerrados.



La transmisión aérea de enfermedades no es exclusiva de microorganismos que salen de las vías respiratorias. En algunos casos se forman bioaerosoles procedentes de animales y sus productos que se resuspenden en el aire y pueden ser inhaladas, como heces desecadas y plumas de aves (*Chlamydophila psittaci*, *Cryptococcus neoformans*, *Histoplasma capsulatum*), placenta (*Coxiella burnetii*), lana, piel y marfil (*Bacillus anthracis*). Casos especiales son: *Legionella* que se encuentra en el agua y se transmite por los aerosoles que se forman en los distintos sistemas y aparatos o *Coccidioides immitis* y *Aspergillus fumigatus* cuyas esporas, procedentes del suelo y estiércol, son diseminadas sobre el polvo y transportadas por el viento (Benenson, 1997).



respiratorias.

La inhalación de forma continua de partículas de contaminantes químicos, incrementa la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. Esto ocurre en los mineros, por inhalación de sílice y carbón, y en trabajadores de diversas industrias que producen materiales como la piedra arenisca, en los que hay una predisposición a la tuberculosis. Además, el aire de las grandes ciudades, contaminado con derivados de la combustión de hidrocarburos, incrementa la gravedad de las infecciones

La siguiente tabla muestra algunas enfermedades bacterianas transmitidas por el aire. Están producidas, principalmente, por bacterias Gram positivas debido a su mayor supervivencia en este medio. Afectan al tracto respiratorio superior (faringitis, epiglotitis, difteria) e inferior (bronquitis, neumonías, tosferina, tuberculosis) o, desde éste pasan a sangre y otros órganos (meningitis, carbunco pulmonar, fiebre Q, peste). Los ejemplos más ilustrativos son la tuberculosis, la legionelosis y el carbunco pulmonar.

ENFERMEDADES BACTERIANAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE	
Enfermedades	Géneros y especies
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Mycoplasma pneumoniae</i> <i>Chlamydomphila pneumoniae</i> <i>Chlamydomphila psittaci</i>
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Haemophilus influenzae</i>
Tosferina	<i>Bordetella pertussis</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Legionelosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Actinomicosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Nocardiosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Fiebre Q	<i>Coxiella burnetii</i>
Carbunco pulmonar	<i>Bacillus anthracis</i>
Peste	<i>Yersinia pestis</i>

Numerosas enfermedades víricas humanas se transmiten a través del aire, produciendo infecciones en el aparato respiratorio superior (resfriado, faringitis) e inferior (laringitis, gripe, bronquitis, neumonías) o afectando a otros órganos y tejidos.

ENFERMEDADES VÍRICAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE		
Enfermedades	Virus	
	Familia	Género
Resfriado común	<i>Picornaviridae</i>	<i>Rhinovirus</i>
	<i>Adenoviridae</i>	<i>Mastadenovirus</i>
Gripe	<i>Orthomyxoviridae</i>	<i>Influenzavirus</i>
Bronquitis, neumonia	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Pneumovirus</i>
	<i>Adenoviridae</i>	<i>Mastadenovirus</i>
	<i>Bunyaviridae</i>	<i>Hantavirus</i>
Sarampión	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Morbillivirus</i>
Parotiditis	<i>Paramyxoviridae</i>	<i>Rubulavirus</i>
Poliomielitis	<i>Picornaviridae</i>	<i>Enterovirus</i>
Viruela	<i>Poxviridae</i>	<i>Orthopoxvirus</i>
Varicela	<i>Herpesviridae</i>	<i>Varicellovirus</i>
Rubeola	<i>Togaviridae</i>	<i>Rubivirus</i>
Rabia	<i>Rhabdoviridae</i>	<i>Lyssavirus</i>
Gastroenteritis	<i>Reoviridae</i>	<i>Rotavirus</i>
	<i>Caliciviridae</i>	<i>Virus Norwalk</i>

Enfermedades fúngicas transmitidas por el aire:

ENFERMEDADES FUNGICAS TRANSMITIDAS POR EL AIRE	
Enfermedades	Hongos
Neumonias	— <i>Pneumocystis carinii</i>
Micosis sistémicas	— <i>Cryptococcus neoformans</i> — <i>Blastomyces dermatitidis</i> — <i>Histoplasma capsulatum</i> — <i>Coccidioides immitis</i> — <i>Aspergillus fumigatus</i>
Hipersensibilidad	— <i>Alternaria</i> — <i>Botrytis</i> — <i>Aspergillus</i> — <i>Puccinia</i> — <i>Penicillium</i> — <i>Serpula</i> — <i>Cladosporium</i> — <i>Mucor</i>
Micotoxicosis	— <i>Aspergillus</i> — <i>Fusarium</i> — <i>Stachybotrys</i>

Estudios epidemiológicos han demostrado que la inhalación de las esporas de algunos hongos es la causa de los problemas respiratorios asociados al «síndrome del edificio enfermo» y otras enfermedades ocupacionales bien conocidas de agricultores, vinateros, cerveceros y carpinteros.

Algunos hongos producen micotoxinas que afectan al hombre y a los animales cuando se ingieren, pero también se han producido casos de micotoxicosis por inhalación de esporas de hongos toxigénicos como *Aspergillus*, *Fusarium* y *Stachybotrys*, en ambientes cerrados.

NORMATIVA

El establecimiento de un valor guía, en forma de un número máximo de partículas viables, para microorganismos en ambientes interiores es complejo debido a que el número de variables que influyen es demasiado elevado y al mismo tiempo existen muchísimas variedades de microorganismos.

La ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) en 1989 publicó un guía (*Bioaerosols: Assessment and Control*) en la que se incluían como recomendación los siguientes valores:

Conteo total de hongos en suspensión <500 ufc/m³
Conteo total de bacterias en suspensión <500 ufc/m³

Sin embargo esta guía ha sido sustituida por otra en 1999 que excluye las valoraciones numéricas. En España se dispone de la norma UNE 100012 Higienización de sistemas, que incluye los siguientes valores numéricos:

- Se considera ambiente interior limpio < 800 ufc/m³
- Se hace atención al fenómeno de amplificación bacteriana, el aire interior no debe presentar una presencia de bacterias mayor de 200 ufc/m³ que el exterior.

Valores para la contaminación por microorganismos en las superficies interiores de los sistemas de climatización:

- Estándar microbiológico de superficies interiores de conductos previo a la limpieza: Se considera inaceptable >100 ufc/ 25 cm^2
- Como valor indicativo se recomienda un valor máximo de 100 ufc/ m^3 en el aire de impulsión después de realizar una limpieza de conductos.

La norma alemana VDI 6022 norma de higiene de sistemas de ventilación y climatización, incluye en la sección 3.3 Condiciones químicas y microbiológicas del aire, una referencia genérica "donde no existan reglamentos sanitarios respecto al contenido de gérmenes y materia biológica el aire exterior existente se considerara como referencia. La cantidad de polvo, bacterias, hongos, y sustancias biológicas en el aire de impulsión no deberá exceder al exterior en ninguna categoría. Esto aplica especialmente al espectro de gérmenes".

CONCLUSIÓN

Una vez que los microorganismos se han asentado en un sustrato (reservorio) e iniciado su desarrollo (amplificación), su paso al aire (diseminación), estará condicionado por varios factores, como pueden ser: su arrastre provocado por el movimiento del aire, de las personas o de la maquinaria; la alteración del reservorio debida principalmente, a obras de demolición, al movimiento de tierras o a las operaciones de limpieza.

PAULINO PASTOR PÉREZ
Director de Ambisalud

INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL
TECNICO SUPERIOR DE
PREVENCION DE RIESGOS

email: paulinopastor@ambisalud.es