

# Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias

*Agents biologiques non infectieux. Maladies respiratoires*  
*Non-infectious biological agents. Respiratory diseases*

## Redactora:

Ana Hernández Calleja  
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE  
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## 1. INTRODUCCIÓN

La definición legal de agente biológico (artículo 2 del RD 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo), establece como agente biológico: “*microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de causar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad*”. Esto incluye, por un lado, a los virus, las bacterias, los hongos, los protozoos y los helmintos o gusanos parásitos capaces, en tanto que son seres vivos y con capacidad de multiplicarse, de ocasionar infección en las personas. Pero también incluye todos aquellos productos y/o sustancias derivados de los mismos con capacidad de producir otros efectos adversos para la salud.

En el anexo II del Real Decreto figura la lista de agentes

biológicos clasificados en distintos grupos atendiendo al riesgo de infección que suponen para personas sanas. Esta lista constituye una de las principales herramientas en la evaluación de los riesgos laborales por exposición a agentes biológicos, ya que la inclusión de un determinado agente en uno de los grupos da idea de la peligrosidad intrínseca del mismo. Atendiendo al mandato expreso de la norma de evaluar todos los posibles peligros, en la lista y para los agentes biológicos de los que se tiene información, figura además la notación de posibles efectos alérgicos y tóxicos. En la tabla 1 se resumen los agentes biológicos que tienen alguna de dichas indicaciones.

A la vista de los criterios de clasificación, esta lista únicamente contempla a los agentes biológicos patógenos. En consecuencia, no proporciona información sobre agentes biológicos que, sin causar infección, pueden provocar el resto de efectos adversos contemplados en la definición. Buena parte de esos efectos (alérgicos y

AGENTE BIOLÓGICO		Clasificación	Notas
Bacterias y afines	<i>Clostridium botulinum</i>	2	T
	<i>Clostridium tetani</i>	2	T.V.
	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	2	T.V.
	<i>Escherichia coli</i> , cepas verocitotóxicas (0157:H7 ó 0103)	3 (*)	T
	<i>Shigella dysenteriae</i> (tipo 1)	3 (*)	T
Parásitos	<i>Ascaris lumbricoides</i>	2	A
	<i>Ascaris suum</i>	2	A
Hongos	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	A
	<i>Candida albicans</i>	2	A
	<i>Coccidioides immitis</i>	3	A
	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>neoformans</i>	2	A
	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>gattii</i>	2	A
	<i>Epidermophyton floccosum</i>	2	A
	<i>Microsporum</i> spp	2	A
	<i>Penicillium marneffeii</i>	2	A
T Producción de toxinas	V Vacuna eficaz disponible	spp Otras especies del género pueden	constituir un riesgo para la salud
A Posibles efectos alérgicos	(*) Normalmente no infeccioso a través del aire		

Tabla 1. Agentes biológicos con efectos alérgicos o tóxicos (Anexo II RD 664/1997)

tóxicos) se manifiestan en las vías respiratorias y los pulmones. Esta nota técnica de prevención se va a centrar en los agentes biológicos y los productos de origen biológico aerotransportados y cuya vía de penetración en el organismo es la inhalatoria. El término "Bioaerosol" es utilizado para describir el conjunto de materia particulada de origen biológico (vegetal, animal o microbiológico), suspendida en el aire.

Según la definición de la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), un bioaerosol puede comprender:

- Microorganismos patógenos y no patógenos:
  - Microorganismos vivos y cultivables
  - Microorganismos vivos, pero no cultivables
  - Microorganismos muertos
- Fragmentos y estructuras de los microorganismos (por ejemplo, trozos de hifas o esporas fúngicas)
- Sustancias tóxicas y alérgicas
  - Endotoxinas
  - Micotoxinas
  - $\beta$  (1,3)-glucanos
  - Enzimas
  - Peptidoglicanos
  - Alérgenos vegetales (fundamentalmente polen)
  - Alérgenos animales (derivados de invertebrados y de vertebrados)

## 2. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

En los últimos años han surgido diferentes actividades industriales en las que la exposición a agentes biológicos puede ser importante. Industrias tales como las de

producción de sustancias biológicas altamente purificadas, las dedicadas al tratamiento de aguas residuales, a la recogida de residuos orgánicos o a la fabricación de compost. Esto ha producido un renovado interés en el conocimiento de las posibles exposiciones a bioaerosoles y de los efectos adversos para la salud asociados a las mismas.

En muchas situaciones existe exposición a mezclas complejas de toxinas, alérgenos o a agentes químicos, lo que supone un amplio rango de efectos adversos potenciales. Como consecuencia de estas exposiciones y en términos generales se pueden distinguir tres grandes grupos de enfermedades: las infecciosas, las respiratorias y el cáncer. En esta nota técnica de prevención se tratarán exclusivamente las enfermedades respiratorias.

Los síntomas respiratorios y el deterioro de la función pulmonar son los aspectos más estudiados entre los efectos asociados a la exposición a bioaerosoles. Estos efectos van de las condiciones agudas leves, que apenas afectan la vida diaria, a enfermedades respiratorias severas crónicas.

En general, los síntomas respiratorios de origen laboral son consecuencia de la inflamación de las vías respiratorias causada por exposiciones específicas a toxinas, alérgenos o a otros agentes o que favorecen el proceso inflamatorio. A la vista de los mecanismos inflamatorios y de los subsiguientes síntomas, se puede efectuar una distinción entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas. Los síntomas respiratorios no alérgicos reflejan una inflamación específica no inmune de las vías aéreas; mientras que los síntomas respiratorios alérgicos son consecuencia de una inflamación específica inmune en la que varios anticuerpos (inmunoglobulinas IgE e IgG) juegan un papel fundamental en la respuesta inflamatoria.

En la tabla 2 se muestran las principales enfermedades

ENFERMEDAD		AGENTES	ACTIVIDADES
<b>No alérgica</b>	Asma no alérgica Rinitis no alérgica Bronquitis crónica Obstrucción crónica de las vías aéreas Síndrome del polvo orgánico tóxico (ODTS)	Hongos Bacterias Actinomicetes Endotoxinas $\beta$ (1,3)-glucanos Peptidoglicanos Micotoxinas Otros componentes de origen microbiano, vegetal o animal	Agricultura e industrias relacionadas Tratamiento de aguas residuales. Elaboración y manipulación de abonos Industria alimentaria Procesado de fibras animales y vegetales Industria de la madera Producción de papel Procesos de fermentación Mecanizado metálico (fluidos de corte) Recolección de basuras Oficinas (sistemas de ventilación y climatización contaminados)
<b>Alérgica</b>	Asma alérgica Rinitis alérgica Neumonitis hipersensitiva/ Alveolitis alérgica extrínseca/Pulmón de granjero	Hongos Enzimas microbianos Proteínas de vegetales (soja, látex) Proteínas de animales (roedores) Proteínas de invertebrados	Elaboración de compost Agricultura e industrias relacionadas Producción de enzimas e industrias biotecnológicas Industria alimentaria Panificadoras Fabricación de detergentes Sector sanitario (látex) Veterinarios Animales de compañía (cría y venta) Estabularios Industria de biopesticidas (invertebrados)

Tabla 2. Enfermedades respiratorias no infecciosas.

respiratorias, los agentes causales y algunos ejemplos de actividades laborales en las que puede ocurrir la exposición.

Buena parte de las enfermedades respiratorias contempladas en esta nota técnica de prevención se desarrollan a través de mecanismos inmunológicos cuyo objetivo es el control y eliminación de cualquier elemento extraño. Para ello, lo primero es reconocer dicho elemento para, a continuación, desarrollar una respuesta adecuada que consiga su destrucción.

El sistema inmune cuenta con diversos mecanismos que se pueden agrupar en dos categorías: innatos y adaptativos. Los mecanismos innatos se basan en la activación del complemento por la vía alternativa y en la acción de los fagocitos (monocitos/macrófagos y neutrófilos) y de los mastocitos. Los mecanismos adaptativos se basan en la acción de los linfocitos T y linfocitos B. Estos últimos segregan anticuerpos específicos; mientras que los linfocitos T colaboran en la formación de los anticuerpos y en la acción destructiva de los macrófagos.

Los excesos, defectos o errores de la inmunidad conducen a la manifestación de enfermedades tales como: alergias, inmunodeficiencias o autoinmunidad. La alergia es una reacción desmesurada del sistema inmune (hipersensibilidad) frente al elemento extraño.

Casi todas las reacciones alérgicas son el resultado de una respuesta inmune denominada hipersensibilidad inmediata tipo I (atópica o anafiláctica), que consiste en reacciones inflamatorias causadas por la liberación masiva de mediadores inflamatorios (histamina, triptasa, prostaglandinas y leucotrienos), por parte de leucocitos basófilos y mastocitos cuando se unen el antígeno con el anticuerpo IgE presente en la membrana de las células. Estos mediadores son los causantes de los síntomas, los cuales, según la vía de entrada y el grado de difusión del alérgeno, pueden adoptar una forma localizada, como la rinitis o el asma, o generalizada, como las reacciones anafilácticas (picaduras insectos, medicamentos, etc.).

La hipersensibilidad tipo I se produce en dos etapas: sensibilización y desencadenamiento. Durante la etapa de sensibilización los anticuerpos IgE producidos en respuesta al antígeno se unen a los receptores de membrana de los mastocitos y/o basófilos. En la fase de desencadenamiento, y tras una nueva exposición al antígeno, ocurre la unión del antígeno a los anticuerpos fijados en

las células provocando la activación y liberación de los mediadores produciéndose los síntomas característicos. En la figura 1 se muestra un esquema de este mecanismo de acción.

Otro de los mecanismos inmunológicos que intervienen en la aparición de enfermedades respiratorias, concretamente en las alveolitis alérgicas extrínsecas, es la hipersensibilidad tipo III o hipersensibilidad mediada por inmunocomplejos. La reacción alérgica se produce cuando se acumula un gran número de complejos inmunes formados por la unión del antígeno y el anticuerpo soluble, fundamentalmente IgG o IgM. Estos complejos pueden provocar una inflamación extensa que daña los tejidos.

**Asma**

El asma es una enfermedad caracterizada por el estrechamiento reversible de los bronquios debido al aumento de la reactividad bronquial frente a diversos estímulos que producen inflamación.

Durante un ataque de asma, los músculos lisos de los bronquios producen un espasmo y los tejidos que revisten las vías aéreas se inflaman segregando mucosidad. Este hecho reduce el diámetro de los bronquios (broncoconstricción) dificultándose así la respiración. El desencadenante de estos efectos es la liberación, por parte de mastocitos y eosinófilos, de sustancias tales como la histamina y los leucotrienos. La liberación de estas sustancias se produce como consecuencia del estímulo provocado por determinados agentes extraños, los alérgenos, entre los que se pueden distinguir el polen o las sustancias de alto peso molecular de origen biológico. Esta respuesta también es propiciada por otros factores como pueden ser la inhalación de sustancias irritantes, el estrés, la ansiedad, respirar aire frío o hacer ejercicio.

Los síntomas más característicos del asma son los siguientes: tos, sibilancias, opresión torácica, dificultad en la respiración. En función de si los síntomas aparecen o no tras un período de latencia se pueden distinguir dos tipos: el inmunológico mediado por la inmunoglobulina IgE y como respuesta a la exposición a agentes de alto

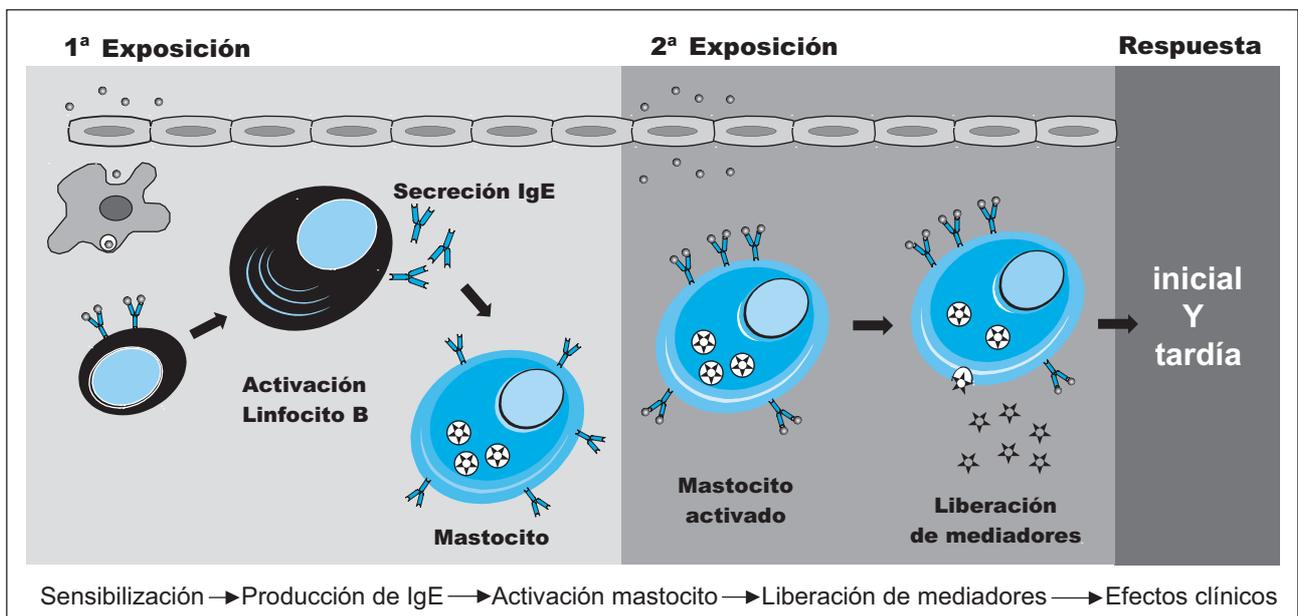


Figura 1. Hipersensibilidad tipo I

peso molecular y algunos de bajo peso molecular, y el no inmunológico que no presenta período de latencia, también conocido como asma irritativa.

En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de agentes biológicos y de sustancias de origen biológico implicadas en procesos asmáticos.

## Rinitis

Rinitis es el término que describe los síntomas producidos por irritación o inflamación nasal. Entre los síntomas cabe destacar: goteo nasal, picor, estornudos y congestión nasal. Esta enfermedad a menudo coexiste con otras enfermedades respiratorias como por ejemplo el asma.

Existen dos tipos de rinitis dependiendo o no de la intervención de los mecanismos inmunitarios:

- **Rinitis alérgica:** esta condición ocurre cuando el sistema inmunitario responde de forma excesiva a determinadas sustancias tales como: polen, hongos, ácaros, pelo animal, productos químicos, humo de tabaco, alimentos, medicinas o veneno de insectos, que el organismo reconoce como extrañas.

Tras un primer contacto con el alérgeno, una persona atópica (con predisposición genética) queda sensibilizada. Un contacto posterior con el alérgeno va a provocar una respuesta desmesurada del sistema inmunitario. En concreto, la que se produce en estos casos es la hipersensibilidad tipo I comentada anteriormente.

- **Rinitis no alérgica:** esta forma de rinitis no depende de la presencia de la inmunoglobulina IgE y no es consecuencia de una reacción alérgica. Los síntomas pueden ser provocados por el humo de tabaco, olores fuertes, el frío, infecciones o el uso excesivo de descongestionantes.

## Neumonitis por hipersensibilidad

La neumonitis por hipersensibilidad (NH), también conocida como alveolitis alérgica extrínseca (AAE) puede definirse como una enfermedad pulmonar de base inmunológica producida por una amplia gama de antígenos que llegan al pulmón por vía inhalatoria, vehiculizados por polvos orgánicos e inorgánicos de procedencia diversa, generalmente de origen ocupacional, y que dan lugar a enfermedades cuyos nombres suelen hacer referencia a la actividad laboral que desarrollan las personas expuestas.

Los rasgos más característicos de la enfermedad se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Afectación bilateral y difusa de bronquiolos terminales, alvéolos e intersticio pulmonar.
- Inflamación constituida por infiltrado celular mononuclear que frecuentemente deriva e la formación de granulomas y fibrosis.
- Presentación de la enfermedad con patrón agudo, subagudo o crónico.
- Detección en el suero de los pacientes de anticuerpos precipitantes frente al antígeno responsable.

		COMPUESTO	ACTIVIDAD
COMPUESTOS DE PESO MOLECULAR ELEVADO	Polvo vegetal y harinas	Polvo de cereales	Granjeros, Trabajadores portuarios, Molinos
		Harinas de trigo, centeno	Panaderías
		Lúpulo	Industria cervecera
		Harina y polvo de soja	Procesamiento de soja
		Ricino	Fertilizantes
		Cacao	Industria alimentaria
		Café verde	Industria del café
		Hojas de té	Industria del té
		Semillas de algodón, lino	Industria textil
		Linaza	Extracción de aceites
	Enzimas vegetales	Papaína, Diastas	Industria alimentaria
		Pectinasa, Bromelina	Industria farmacéutica
	Gomas vegetales	Caraya, Goma arábiga, Guar	Aditivos, estabilizadores, espesantes, Imprentas
		Látex	Industria del látex, Biosanitarios
Hongos y esporas	<i>Alternaria, Aspergillus, Cladosporium</i>	Panaderías, Granjas, Cultivadores de setas	
Enzimas animales	Ácaros de cereales	Molinos	
	Cochinilla	Fabricación de carmín	
COMPUESTOS DE BAJO PESO MOLECULAR	Maderas	Cedro rojo, Cedro del Líbano, Boj sudafricano, Roble, Caoba, Iroco	Aserraderos, Acabados de maderas, Carpinterías, Ebanisterías, Fabricación de moldes
	Otros	Colofonia	Tinturas de piel, Industria química
		Piretrinas	Fumigación

Tabla 3. Causas de asma laboral

ENFERMEDAD	ORIGEN DEL ANTÍGENO	ANTÍGENO
Pulmón del granjero	Heno enmohecido	<i>Saccharopolispora rectivirgula</i> (antes <i>Micropolyspora faeni</i> ) <i>Teramoactinomyces vulgaris</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. flavus</i>
Suberosis	Corcho enmohecido	<i>Penicillium frequentan</i>
Bagazosis	Caña de azúcar	<i>Teramoactinomyces vulgaris</i> , <i>T. sarachi</i>
Pulmón del cuidador de aves	Palomas, cotorras, otros	Proteínas séricas, excrementos, epitelio
Pulmón del cultivador de setas	Abono	<i>Saccharopolispora rectivirgula</i> <i>Teramoactinomyces vulgaris</i>
Alveolitis por aire acondicionado	Humidificadores, Protozoos	Proteínas de protozoos
Descortezador de arce	Corteza de arce húmeda	<i>Crystostoma corticale</i>
Sequiosis	Serrín enmohecido	<i>Alternaria spp.</i> <i>Pullularia pullulans</i>
Pulpa de madera	Pulpa enmohecida	<i>Alternaria spp.</i>
Pulmón de los trabajadores de esparto (estipatosis)	Esparto	<i>Aspergillus fumigatus</i>
Aspergilosis alérgica	Paja enmohecida	<i>Aspergillus versicolor</i>
Pulmón de los trabajadores de la malta	Cebada enmohecida	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. fumigatus</i>
Neumonitis alérgica por polvo de soja	Soja	Polvo de soja
Procesadores de tabaco	Tabaco	<i>Aspergillus spp.</i>
Neumonitis alérgica por polvo de café	Grano de café	Polvo de café
Neumonitis alérgica por polvo de pimentón	Pimentón molido	<i>Mucor stolonifer</i>
Enfermedad de los trabajadores de fertilizantes	Residuos vegetales	<i>Streptomyces albus</i>
Enfermedad de los molineros	Cereales contaminados	<i>Sitophilus granarius</i>
Pulmón de los trabajadores de harina de pescado	Harina de pescado	<i>Harina de pescado</i>
Pulmón de los lavadores de queso	Moho de queso	<i>Penicillium casei</i> <i>Acaro siro</i>
Pulmón de los limpiadores de embutidos	Mohos de embutidos	<i>Penicillium spp.</i> <i>Aspergillus spp.</i>
Pulmón de los peleteros	Pieles	Polvo de pieles
Pulmón de los detergentes	Detergentes enzimáticos	<i>Bacillus subtilis</i>

Tabla 4. Etiología de las neumonitis por hipersensibilidad

No está perfectamente establecido el mecanismo inmunológico que interviene, pero los síntomas y los datos clínicos hacen pensar en una respuesta de hipersensibilidad de tipo III, relacionada con complejos antígeno anticuerpo tipo IgG y el complemento.

Las características clínicas de las NH son similares. Independientemente de su etiología pueden presentarse en forma aguda, subaguda o crónica. La forma aguda suele comenzar al cabo de 4-6 horas tras una exposición antigénica intensa y breve. Se observa tos, fiebre, escalofríos, mialgias, malestar general y disnea habitualmente sin sibilancias. Los síntomas remiten completamente y de forma espontánea al cabo de 18-24 horas a no ser que vuelva a exponerse al antígeno causal.

La forma subaguda de NH es más común y se produce tras la exposición a largo plazo y a dosis bajas. Los síntomas son insidiosos y recuerdan los de las bronquitis crónica, con anorexia, astenia, pérdida de peso, tos, más o menos productiva, y disnea de esfuerzo. Es importante sospechar el diagnóstico en esta fase, pues la exposición persistente puede ocasionar lesión pulmonar irreversible (fibrosis intersticial e insuflación pulmonar). La forma crónica se caracteriza por tos y disnea progresiva de esfuerzo e insuficiencia respiratoria. En esta forma la fibrosis pulmonar se hace progresiva, difusa e irreversible.

En la tabla 4 se muestra la etiología de las principales neumonitis por hipersensibilidad.

### Síndrome tóxico por polvo orgánico (ODTS)

Es una enfermedad aguda febril no alérgica, caracterizada por: fiebre, temblores, tos seca, opresión torácica, disnea, dolor de cabeza, dolores musculares y articulares, fatiga, náusea y malestar general. Los síntomas hacen pensar en la gripe, pero normalmente desaparecen al día siguiente. Bajo este nombre se pueden englobar otras enfermedades tales como: las fiebres de los manipuladores de grano (síndrome de los silos), la bisinosis, la fiebre de los humidificadores y climatizadores, el síndrome de los poceros y otras fiebres inhalatorias.

Esta enfermedad es típica de trabajadores expuestos a niveles elevados de polvo orgánico normalmente en espacios confinados. Los mecanismos fisiopatológicos son diversos, entre ellos cabe señalar el papel asignado a las endotoxinas bacterianas, a las micotoxinas, al  $\beta(1,3)$ -glucanos o a la activación del complemento por la vía alternativa.

La sintomatología es muy similar a la de la neumonía hipersensitiva. El diagnóstico diferencial no está completamente establecido, pero la opinión compartida es que

en ODTS los cambios en la función pulmonar son reversibles, se pueden detectar linfocitos en el lavado broncopulmonar, pero no se detecta fibrosis.

### 3. PRINCIPALES TIPOS DE AGENTES Y CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

#### Hongos y bacterias

Muchas especies de hongos se han descrito como productoras de alérgenos tipo I, entre ellas: *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Cladosporium* al que se asocia con el asma. Sin embargo, no hay evidencias claras que respalden un papel esencial de la alergia tipo I a hongos en las enfermedades respiratorias laborales.

Los hongos y las bacterias termófilas son una reconocida fuente de alérgenos que tienen un papel importante en el desarrollo de las neumonitis hipersensitivas. Las especies de hongos más frecuentemente implicadas en este tipo de enfermedad pertenecen a los géneros: *Penicillium*, *Aspergillus*. Entre las bacterias termófilas destacan: *Saccharopolyspora rectivirgula* o *Thermoactinomyces vulgaris*.

La mayor parte de las bacterias no son alérgenos excesivamente potentes, a excepción de las bacterias termófilas. Los componentes de las paredes bacterianas, tanto de las bacterias Gram negativo como de las Gram positivo descritos más adelante, sí tienen propiedades proinflamatorias que pueden inducir síntomas respiratorios.

En la tabla 5 se muestran los bioaerosoles (fundamentalmente hongos y bacterias) dominantes en función del sustrato sobre el que se desarrollan.

#### Endotoxinas

Las endotoxinas, componentes de la pared celular de las bacterias Gram negativo, han sido reconocidas como un importante factor etiológico de las enfermedades profesionales del aparato respiratorio, incluidas el asma no alérgico y el ODTS.

Estudios experimentales muestran efectos asociados a la inhalación de endotoxinas tales como: fiebre; escalofríos; malestar (síntomas pseudo gripales); leucocitosis; inflamación de las vías aéreas; síntomas del asma (tos seca, disnea, opresión torácica, etc.); obstrucción bronquial; así como, una disminución de la función pulmonar dependiente de la dosis y disminución de la capacidad de difusión pulmonar. En numerosos estudios realizados en diferentes sectores de actividad se ha revelado una asociación positiva entre la exposición a endotoxina y los efectos mencionados. Entre los sectores de actividad en los que se ha descrito exposición a endotoxinas se pueden destacar: la industria del algodón y, en general, de la fibra vegetal; la cría de ganado, en particular, pollos y cerdos; mataderos, manejo de residuos, fabricación de compost; procesamiento de patatas, etc.

#### Peptidoglicanos

Son componentes de la pared celular de las bacterias. Estudios realizados sobre estos compuestos sugieren que principalmente inducirían respuesta inmunológica atópica. La exposición laboral a estos compuestos está relacionada con aquellas actividades en las que la presencia de bacterias sea importante, por ejemplo: manejo de residuos y fabricación de compost, mataderos, almacenamiento de alimentos o serrerías, entre otros.

#### $\beta$ (1-3) glucanos

Son polímeros de glucosa con diferentes pesos moleculares y grados de ramificación. Estos compuestos son producidos por la mayor parte de los hongos, algunas bacterias y plantas inferiores. Estudios experimentales sugieren que estos agentes influyen en la respuesta inflamatoria provocada por bioaerosoles y en los síntomas respiratorios resultantes. Estudios realizados en animales muestran una acción sinérgica con las endotoxinas causando inflamación de las vías respiratorias. Los sectores de actividad en los que su presencia puede ser importante son aquellos en los que la contaminación por hongos es factible, por ejemplo: manejo de residuos y fabricación de compost, ambientes húmedos, edificios contaminados por hongos, almacenamiento de grano y/o productos perecederos, entre otros.

#### Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios segregados por ciertos hongos en determinadas condiciones de humedad y temperatura. De las cuatrocientas variedades de micotoxinas conocidas, una veintena tienen acción tóxica para animales y hombres. La problemática de las micotoxinas es compleja puesto que, si bien no todos los hongos las segregan, una variedad de micotoxina puede ser segregada por diferentes cepas de hongos y una cepa de hongo puede segregar diferentes tipos de micotoxinas según sean las circunstancias del medio en el que se desarrollan.

Algunas micotoxinas, las aflatoxinas del género *Aspergillus*, son reconocidas como potentes agentes cancerígenos para el hígado. La Ocratoxina A es otra micotoxina a la que asocia el posible efecto cancerígeno en humanos. La ruta de exposición más relevante es la digestiva, aunque la exposición por vía inhalatoria puede ocurrir sobre todo en actividades en las que se manipula grano, frutos secos o piensos.

Los estudios realizados revelan que los trabajadores de industrias de fabricación de piensos tienen un incremento del riesgo de padecer cáncer de hígado, así como, de cánceres del sistema biliar, glándulas salivares y mieloma múltiple. Otros estudios muestran que los granjeros tienen un riesgo aumentado de padecer ciertos cánceres específicos como son: hematológicos, de labios, estómago, próstata, tejido conjuntivo o cerebro. Algunas explicaciones implican también la exposición a pesticidas y/o a virus oncogénicos. Por otra parte, no está del todo claro si las micotoxinas contribuyen a la manifestación de los síntomas respiratorios.

#### Alérgenos

En esta categoría se incluye un elevado número de sustancias que comprenden desde las de peso molecular bajo, mayoritariamente compuestos químicos, a las de peso molecular alto las cuales, a menudo, consisten en proteínas de origen biológico. Entre estas sustancias cabe destacar los enzimas derivados de hongos y bacterias que habitualmente se obtienen de procesos biotecnológicos para su utilización en la fabricación de detergentes o de alimentos tanto para humanos como para animales.

Otros reconocidos alérgenos son: el polen de las plantas, el látex o proteínas de origen animal (ácaros, gatos, ratas y ratones). Todos ellos asociados con la manifestación de fenómenos alérgicos tipo I en sectores de actividad tales como: tareas agrícolas, trabajadores de invernaderos, sector sanitario o trabajos con animales de investigación.

SUBSTRATO	HONGOS/BACTERIAS
PRODUCTOS ALIMENTICIOS	<p>Cacahuetes <i>Aspergillus, Penicillium, Eurotium, Emericella, Trichothecium, Paecilomyces, Fusarium</i></p> <p>Cereales (cultivo) <i>Alternaria, Chaetomium, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, Helminthosporium, Trichoderma</i></p> <p>Cereales (silo) <i>Aspergillus, Eurotium, Penicillium, Absidia, Mucor, Rhizopus</i></p> <p>Cereales (harinas y derivados) <i>Aspergillus, Absidia, Alternaria, Cladosporium, Fusarium, Trichothecium, Mucor, Scopulariopsis, Wallemia</i></p> <p>Frutas y legumbres <i>Penicillium, Phomopsis, Diplodia, Botrytis, Geotrichum, Monilia, Trichothecium, Fusarium, Alternaria, Aspergillus, Paelomyces</i></p> <p>Huevos <i>Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Mucor</i></p> <p>Productos lácteos (queso) <i>Mucor, Penicillium, Cladosporium, Scopulariopsis, Epicoccum, Trichoderma, Alternaria, Botrytis, Trichothecium</i></p> <p>Productos lácteos (mantequilla y margarina) <i>Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Moniliella, Phialophora, Phoma, Penicillium</i></p> <p>Carnes y charcutería <i>Aspergillus, Chrysonilia, Geotrichum, Cladosporium, Geomyces, Penicillium</i></p>
PRODUCTOS DIVERSOS	<p>Maderas y plantas <i>Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Cladosporium, Bipolaris, Fusarium, Trichoderma, Ulocladium</i></p> <p>Cosméticos <i>Aspergillus, Paecilomyces</i></p> <p>Cuero <i>Aspergillus, Eurotium, Aureobasidium, Catenularia, Neosartorya, Paecilomyces, Penicillium</i></p> <p>Corcho <i>Penicillium, Aspergillus, Trichoderma</i></p> <p>Productos celulósicos mojados <i>Chaetomium, Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Stachybotris, Ulocladium</i></p> <p>Materias plásticas <i>Aspergillus, Aureobasidium, Penicillium</i></p> <p>Aluminio y acero <i>Aspergillus, Trichoderma</i></p> <p>Papel <i>Aspergillus, Penicillium, Chaetomium, Acremonium, Baeauveria, Cladosporium, Epicoccum, Paulospora, Phoma, Scopulariopsis, Ulocladium</i></p> <p>Pinturas y adhesivos <i>Aireobasidium, Phoma, Cladosporium, Alternaria, Fusarium, Trichoderma, Gliomastix, Penicillium</i></p> <p>Polvo doméstico <i>Alternaria, Aspergillus, Mucor, Trichoderma, Penicillium</i></p> <p>Productos petrolíferos <i>Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Aureobasidium, Acremonium, Fusarium</i></p> <p>Tabaco <i>Aspergillus, Scopulariopsis</i></p> <p>Textiles (algodón) <i>Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Emericella, Epicoccum, Aureobasidium, Cladosporium, Dendrodochium, Fusarium, Stachybotris, Trichoderma, Ulocladium</i></p> <p>Textiles (yute) <i>Aspergillus, Curvularia, Memnoniella, Myrothecium, Paelomyces, Penicillium, Stachybotris, Talaromyces</i></p> <p>Textiles (lana) <i>Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Microsporum, Phoma, Scopulariopsis, Trichoderma</i></p> <p>Vidrio <i>Eurotium, Penicillium</i></p> <p>Fluidos de corte <i>Fusarium. Bacterias: Pseudomonas</i></p>
AMBIENTE DE TRABAJO	<p>Panaderías <i>Penicillium, Aspergillus, Cladosporium</i></p> <p>Oficinas (ventilación, humidificadores) <i>Aspergillus, Alternaria, Cladosporium, Acremonium, Aureobasidium, Mucor, Penicillium. Bacterias: Legionella, Pseudomonas</i></p> <p>Residuos domésticos (compostaje) <i>Aspergillus, Alternaria, Paelomyces, Penicillium, Trichoderma. Bacterias: Actynomyces</i></p> <p>Residuos domésticos (selección) <i>Aspergillus, Penicillium. Bacterias: Actynomyces</i></p> <p>Tratamiento aguas residuales <i>Aspergillus, Penicillium, Cladosporium</i></p> <p>Granjas <i>Aspergillus, Penicillium, Absidia, Rhizomucor, Fusarium, Wallemia, Curvularia</i></p> <p>Serrerías <i>Aspergillus, Crytostoma, Paelomyces, Penicillium, Rhizopus, Serpula, Monilia</i></p>

Tabla 5. Bioaerosoles dominantes en función del sustrato

Tabla extraída del documento: Les bioaérosols en milieu du travail: guide d'évaluation, de contrôle et de prévention del IRSST

## BIBLIOGRAFÍA

---

- (1) MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES.  
Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- (2) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO  
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- (3) MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO  
**Protocolos de vigilancia de la salud. Asma laboral. Alveolitis alérgica extrínseca.**  
*<http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/protocolos.htm>*
- (4) DOUWES, J. et al.  
**Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects**  
*Ann. Occup. Hyg., 2003, vol. 47, n° 3*
- (5) RODRÍGUEZ CARMONA  
**Riesgos biológicos no infecciosos**  
*Med. Seg.trabajo, 1998, vol. 45, n° 176*
- (6) INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SECURITÉ DU TRAVAIL  
**Les bioaérosols en milieu de travail: guide de'évaluation, de contrôle et de prévention**  
*IRSST ([http://www.irsst.qc.ca/fr/\\_publicationirsst\\_810.html](http://www.irsst.qc.ca/fr/_publicationirsst_810.html))*
- (7) LACEY J. and CROOK B.  
**Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergenes**  
*Ann. Occup. Hyg., 1988, vol. 32, n° 4*
- (8) DUTKIEWICZ J.  
**Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard**  
*Ann. Agric. Environ. Med., 1997, 4. Keynote reviews*
- (9) BAUR X.  
**Enzymes as occupational and environmental respiratory sensitisers**  
*Int. arch. Occup. Environ. Health, 2005, vol. 78, n° 4*