

Organiza:



## V ENCUESTRO Ingeniería de la Energía

Patrocinadores:



Asociación Nacional  
de Productores  
de Energía Renovable



Cátedra  
Takasago Industria y  
Mantenimiento 4.0



CÁTEDRA DEL AGUA  
Y LA SOSTENIBILIDAD



UNA DÉCADA PROMOVENDO LA MOVILIDAD ELÉCTRICA



# ACTAS DEL CONGRESO

## V ENCUESTRO DE INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE NOSTRUM



Editores:

Mariano Alarcón García (Editor)

Manuel Seco Nicolás (Co-editor)

© Mariano Alarcón García

ISBN: 978-84-09-29971-3

Dirección web de congreso: [V-EIECMN](http://V-EIECMN)

Universidad de Murcia

Campus Mare Nostrum

Del 23 al 26 de  
noviembre de 2020

Quinta edición del Encuentro orientado a servir de espacio de reunión para tratar las distintas facetas de las aplicaciones de la Energía en los ámbitos académico y profesional, así como de instituciones y empresas en el que compartir trabajos, se muestren avances creando un espacio virtual de debate y reflexión en el que plantear soluciones a los importantes retos que la Sociedad tiene en el ámbito de la Energía, englobado en el ODS-7, *Energía asequible y no contaminante*, desde una vocación tecnológica pero a la vez con sensibilidad social.





**PONENCIA INVITADA**

**La propagación de los bioaerosoles**

**Arcadio García Lastra**

Comité técnico de la Asociación Española de Técnicos de Calefacción y Refrigeración  
(ATECYR)

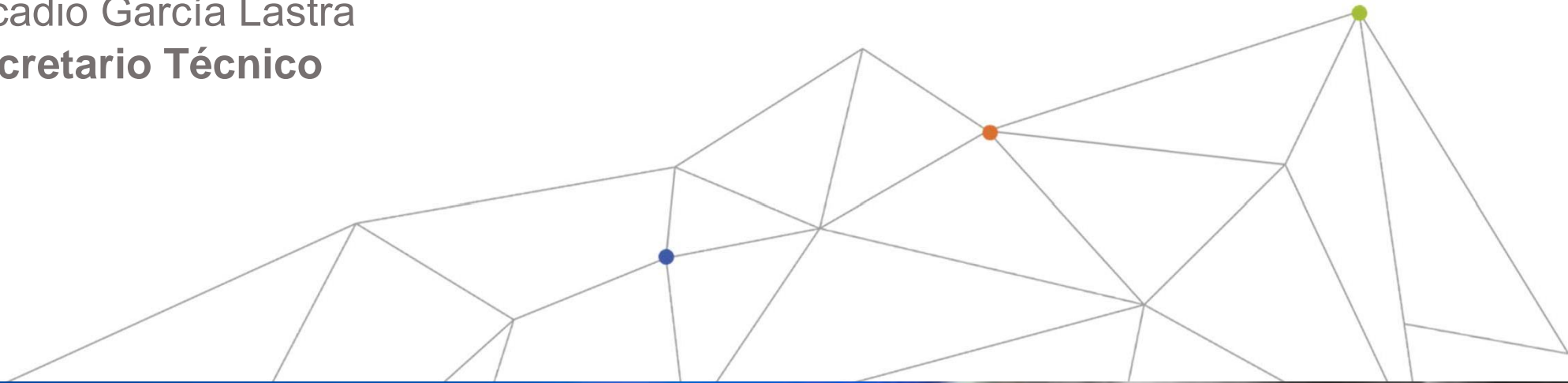
**PRESENTACIÓN**



Doctor Ingeniero Industrial y Secretario Técnico de Atecyr. Autor, entre otros, de *DTIE 7.03 Entrada de datos a los programas Lider y Calener VyP* de la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración ATECYR (2008).

# La propagación de los bioaerosoles

Arcadio García Lastra  
Secretario Técnico





# Atecyr

 (+34) 91 767 13 55  [info@atecyr.org](mailto:info@atecyr.org)

mi Atecyr



[Conócenos](#)

[Formación y temas técnicos](#)

[Jornadas y eventos](#)

[Actualidad](#)

[Contacto](#)

[Área privada](#)

[Formación](#)

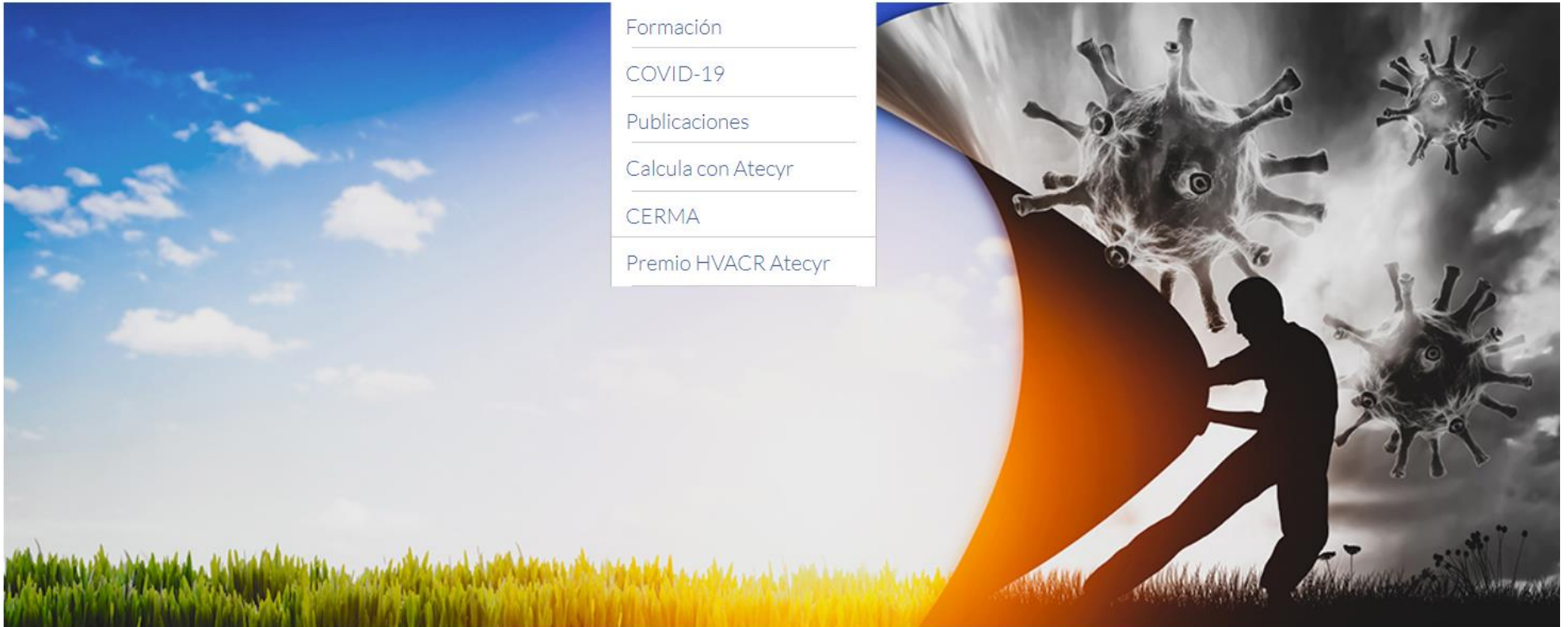
[COVID-19](#)

[Publicaciones](#)

[Calcula con Atecyr](#)

[CERMA](#)

[Premio HVACR Atecyr](#)







# Atecyr

- Guía recomendaciones COVID 19 de REHVA
- Posicionamiento de Atecyr sobre las medidas a realizar en la operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación para edificios de uso no sanitario para la prevención del contagio por COVID-19
- Guía de Atecyr de recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación para edificios de uso no sanitario para la prevención del contagio por SARS CoV 2 [Versión 2 del 19 de mayo de 2020]
- Recomendaciones de actuación de Atecyr para la mejora de la ventilación en los sistemas de climatización y saneamiento de los centros educativos
- Vídeos del canal youtube del Universo Atecyr, del XV Encuentro Anual de Atecyr, sobre las Instalaciones de Climatización, la Calidad de Aire y el SARS CoV 2
- DTIE 2.07: Las instalaciones de climatización, SARS CoV 2 y calidad de aire y suplemento de aplicaciones y soluciones
- Publireportajes de las aplicaciones y soluciones incluidas en la DTIE 2.07: Las instalaciones de climatización, SARS CoV 2 y calidad de aire
- Intervención de José Luis Jiménez, profesor de la Universidad de Colorado, tras la Asamblea General de Socios 2020 de Atecyr, sobre la transmisión del virus SARS CoV 2 por vía aérea mediante aerosoles como un factor clave en la propagación del virus en ambientes interiores

DOCUMENTOS TÉCNICOS  
DE INSTALACIONES  
EN LA EDIFICACIÓN



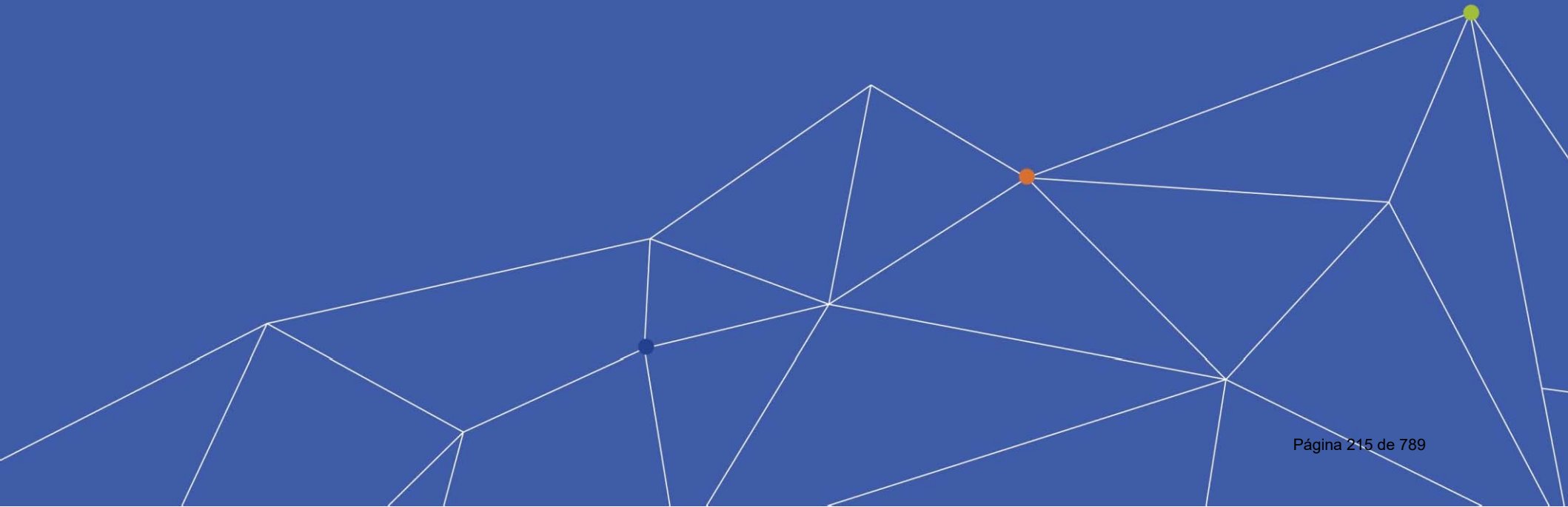
**DTIE 2.07**  
LAS INSTALACIONES DE  
CLIMATIZACIÓN,  
SARS CoV 2 Y  
LA CALIDAD DE AIRE

EDITA

 **Atecyr**

# 1. Vías de propagación. Bioaerosoles

## 2. Estrategias





# No existe un criterio único

## Informe científico sobre vías de transmisión SARS-CoV-2

*Para el Ministerio de Ciencia e Innovación de España*

*29-Oct-2020*

Contribuyen: Antonio Alcamí (CBM-CSIC), Margarita del Val (CBM-CSIC), Miguel Hernán (Harvard University), Pello Latassa (Gobierno La Rioja), José Luis Jiménez (Colorado University), Xavier Querol (IDAEA-CSIC), Ana Robustillo (Hospital Universitario La Paz), Gloria Sánchez (IATA-CSIC), Alfonso Valencia (BSC-CNS)



## Posibles Vías de Transmisión

Documento técnico

Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2  
mediante aerosoles. Medidas de prevención y  
recomendaciones.



# Bioaerosoles

➤ **Aerosol: partículas sólidas o líquidas **suspendidas** en el aire:**

- Tiempo de permanencia en el aire prolongados
- Baja velocidad de sedimentación

➤ **Bioaerosoles: aerosoles o partículas de origen microbiano, vegetal o animal:**

- bacterias y hongos patógenos o no patógenos vivos y muertos,
- virus,
- alérgenos, endotoxinas bacterianas, micotoxinas, peptidoglucanos...
- polen, fibras vegetales

➤ **Se caracterizan fundamentalmente por su tamaño/concentración**

➤ **Nexo persona- bioaerosol - sistema de climatización - persona**



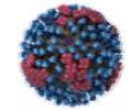
La presencia de bioaerosoles provoca afecciones respiratorias, sequedad de garganta, picor de ojos...



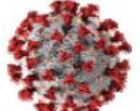


# Bioaerosoles. Tamaño relativo

## Virus Sizes



influenza  
0.1  $\mu\text{m}$



SARS-CoV-2  
0.12  $\mu\text{m}$

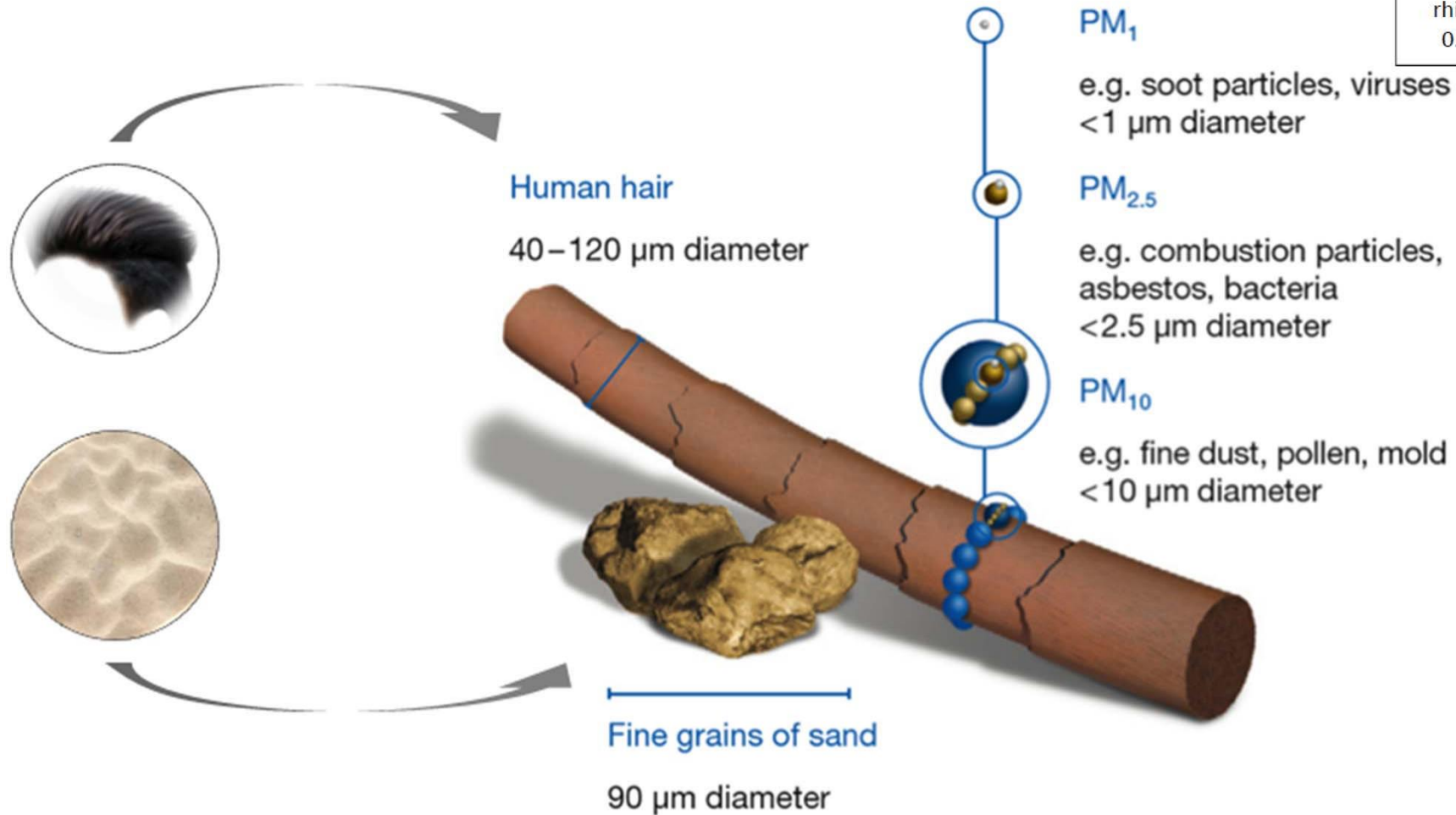


rhinovirus  
0.03  $\mu\text{m}$



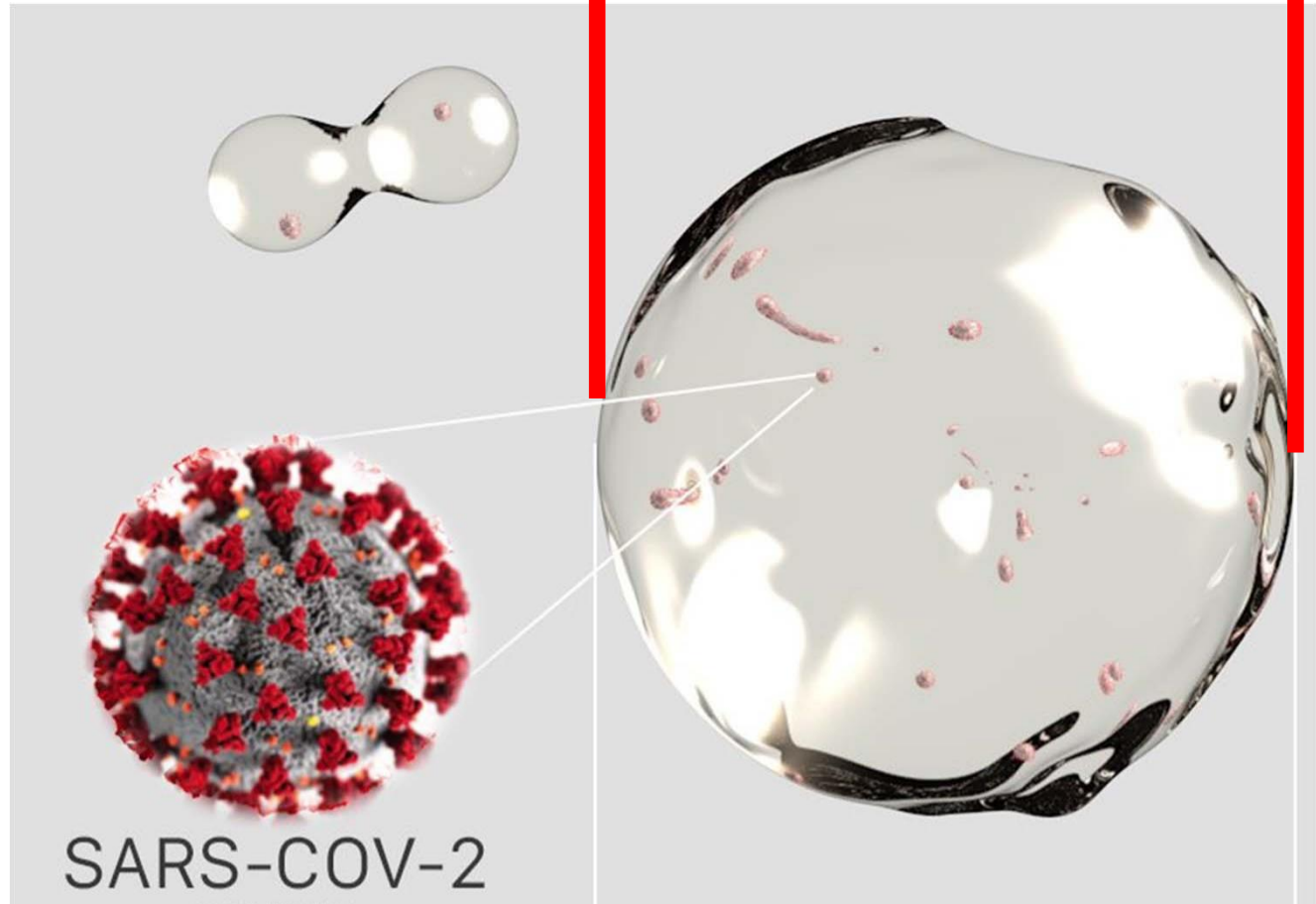
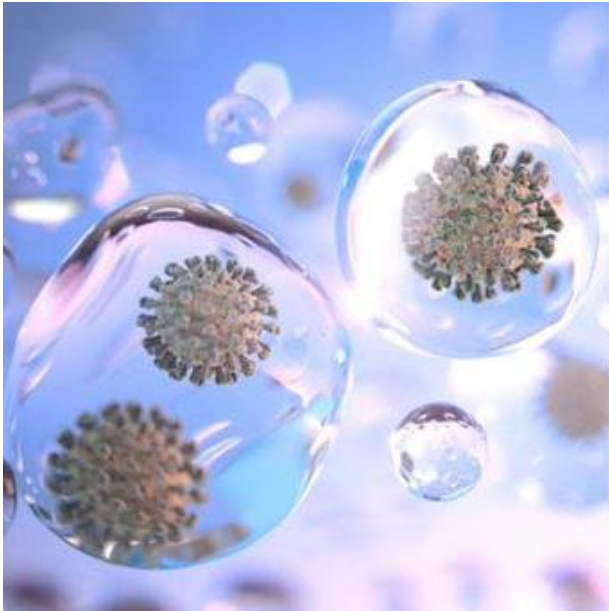
adenovirus  
0.1  $\mu\text{m}$

## Agente infeccioso





## Bioaerosoles. Tamaño relativo



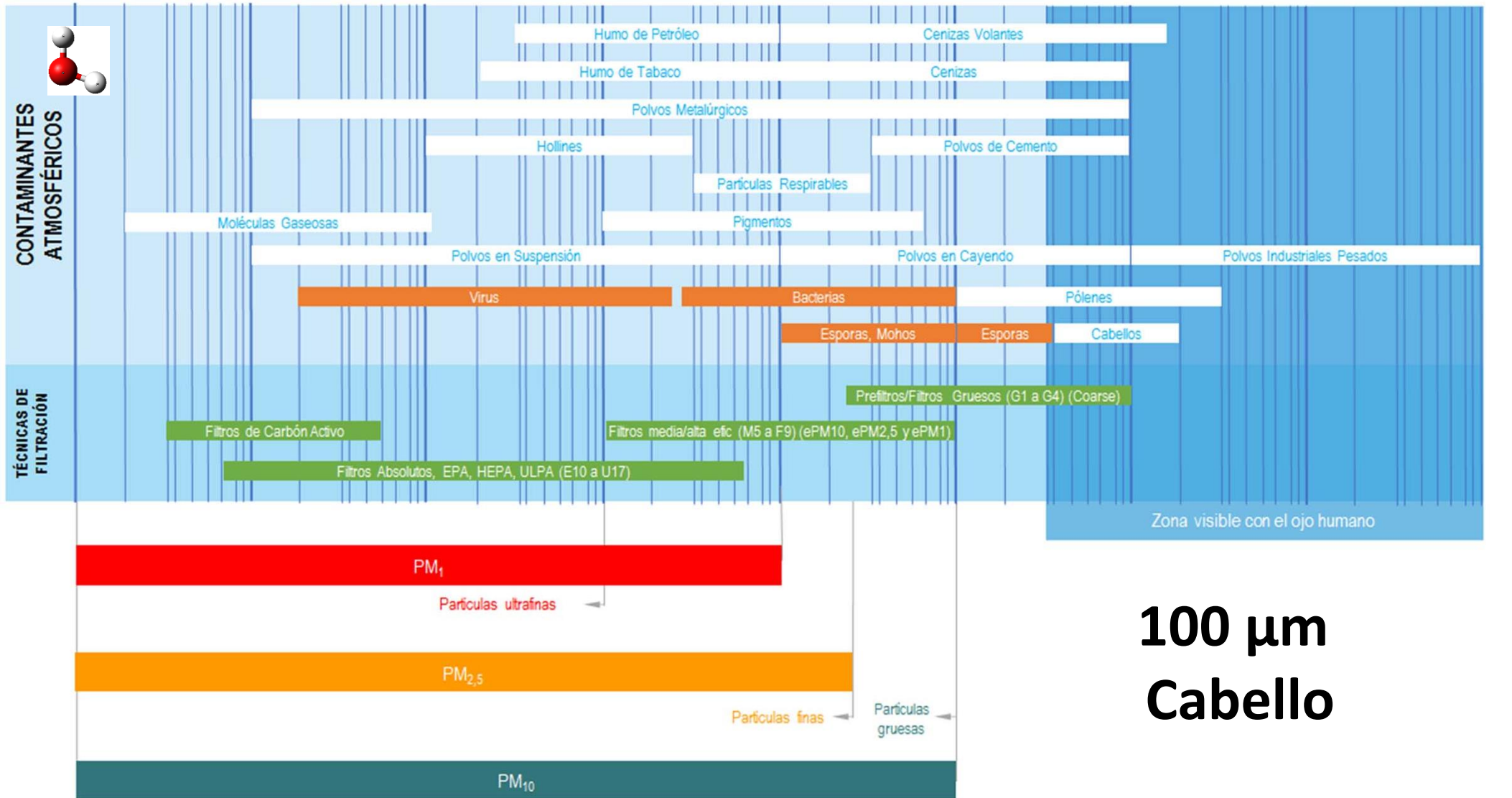
El **tamaño** del aerosol tiene implicaciones importantes para la **capacidad de las máscaras y filtros** para eliminarlo del aire, la profundidad con la que **penetrará en los pulmones** y determina la tasa de pérdida debida al **asentamiento gravitacional** en espacios interiores



# Bioaerosoles. Diámetros de partículas

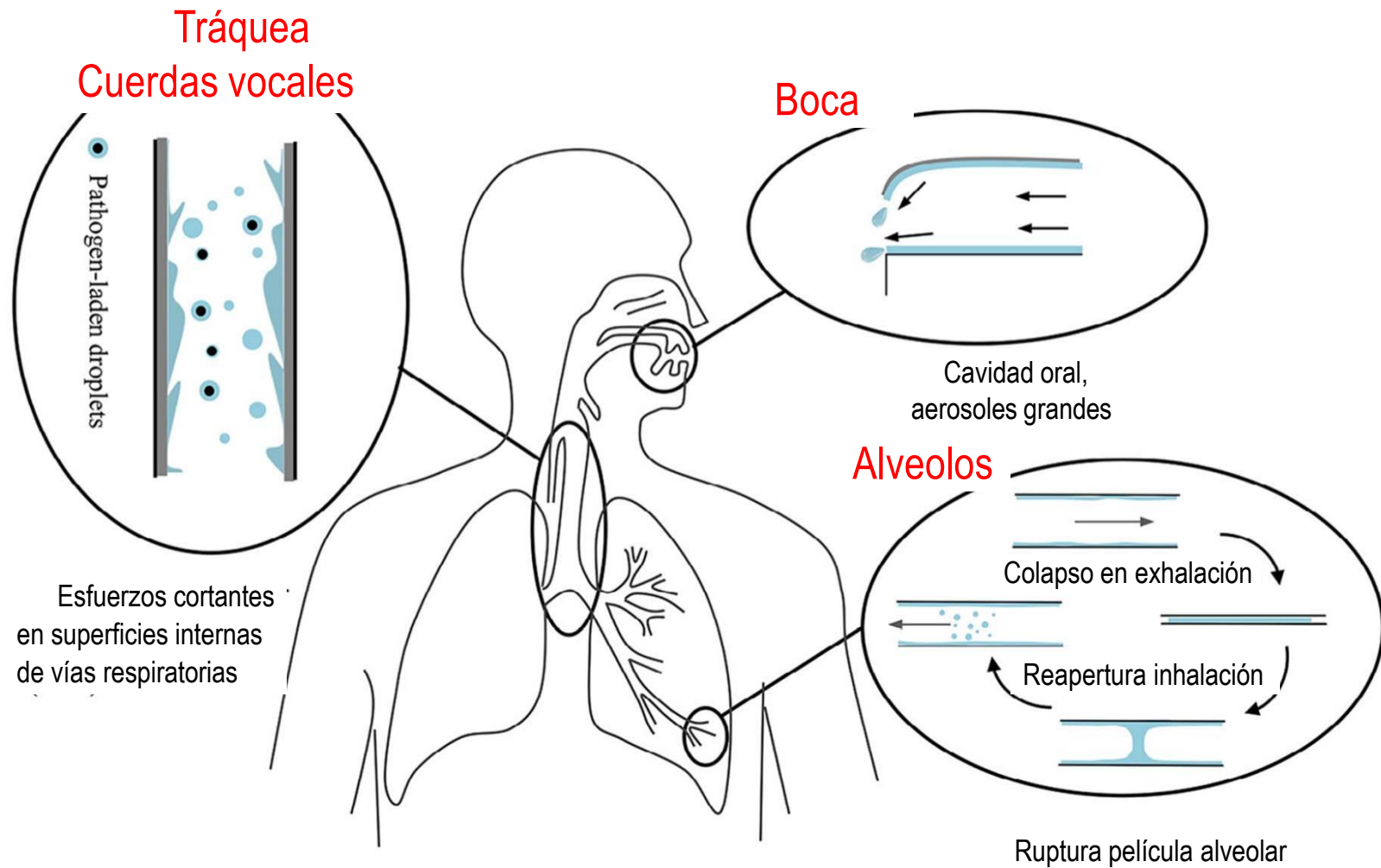
Diámetro de las Partículas  $\mu\text{m}$

0,0001      0,001      0,01      0,1      1      10      30      100      1.000      10.000





# Generación de bioaerosoles

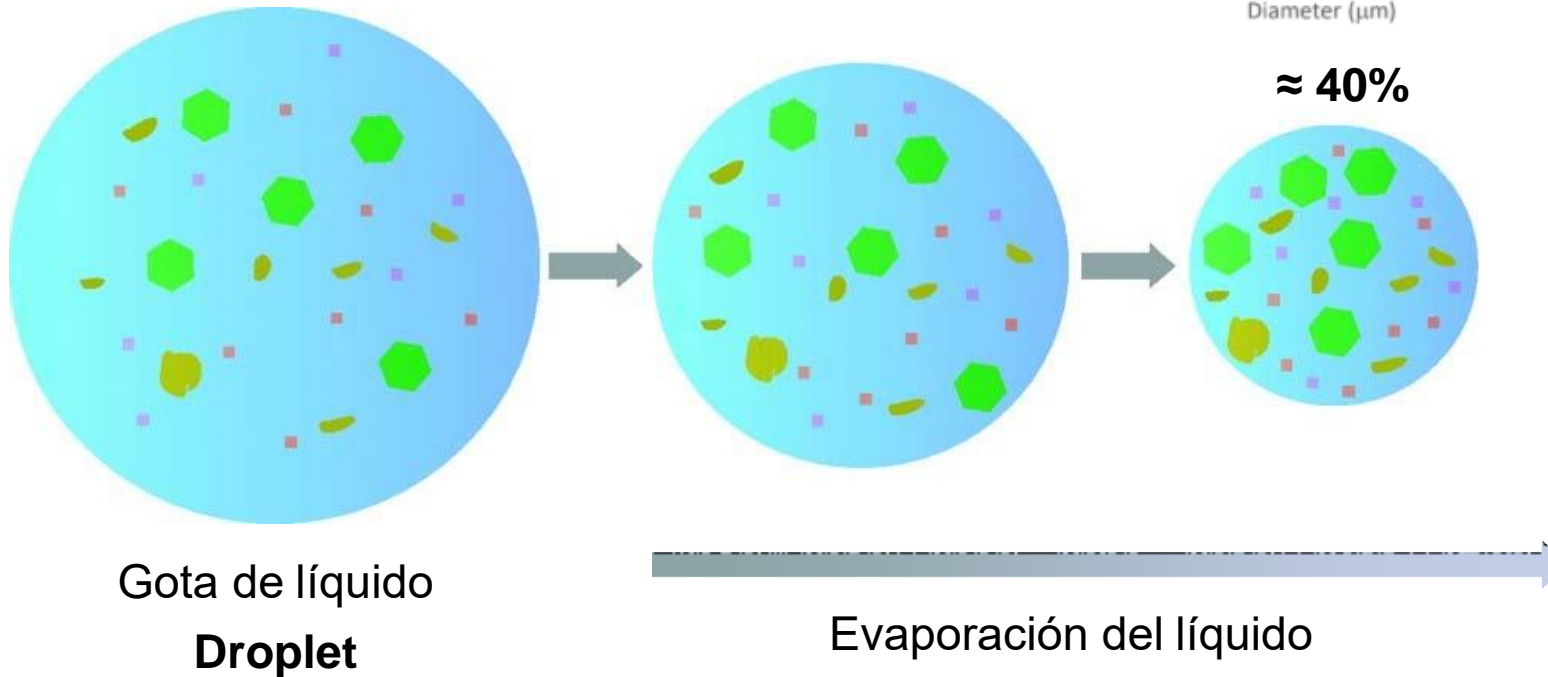
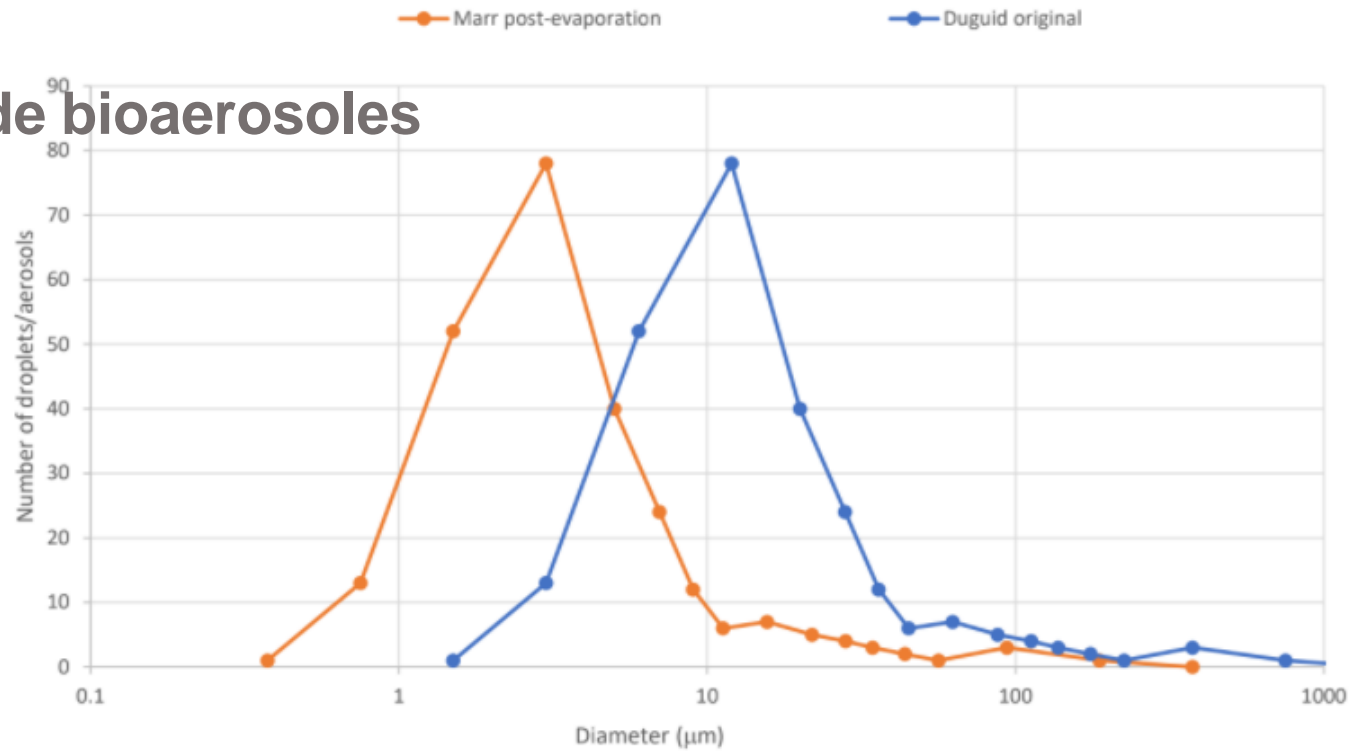


Fuente: Jianjian Wei (2016)





# Generación de bioaerosoles



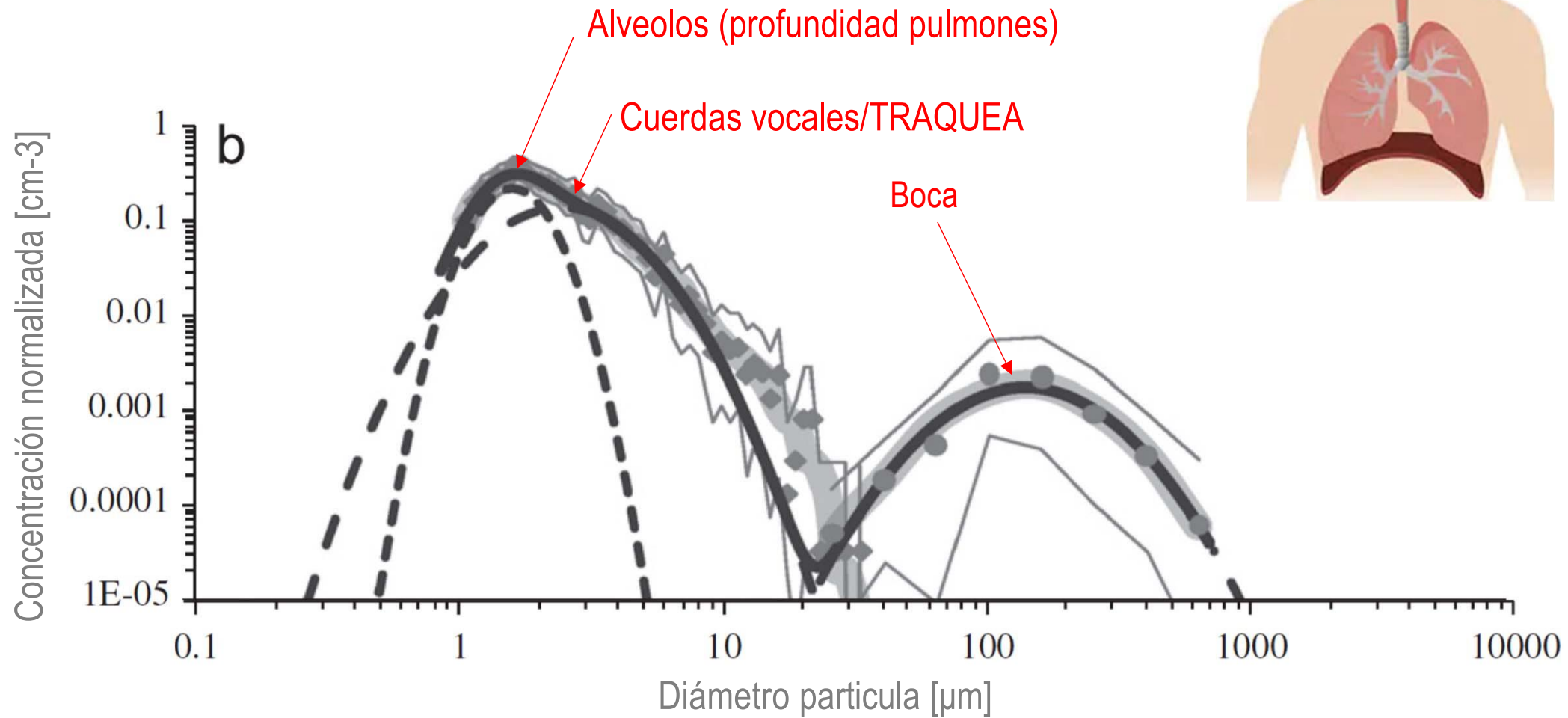
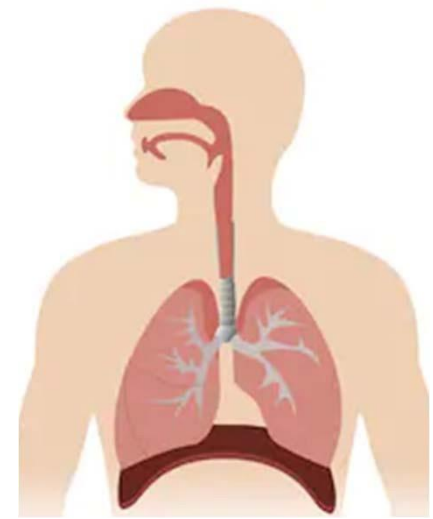
≈ 40%

Las gotas pequeñas  
(0,5 - 50 µm) se  
evaporan más  
rápido a cualquier  
nivel de humedad  
relativa (HR)





## Generación de bioaerosoles - **Habla**

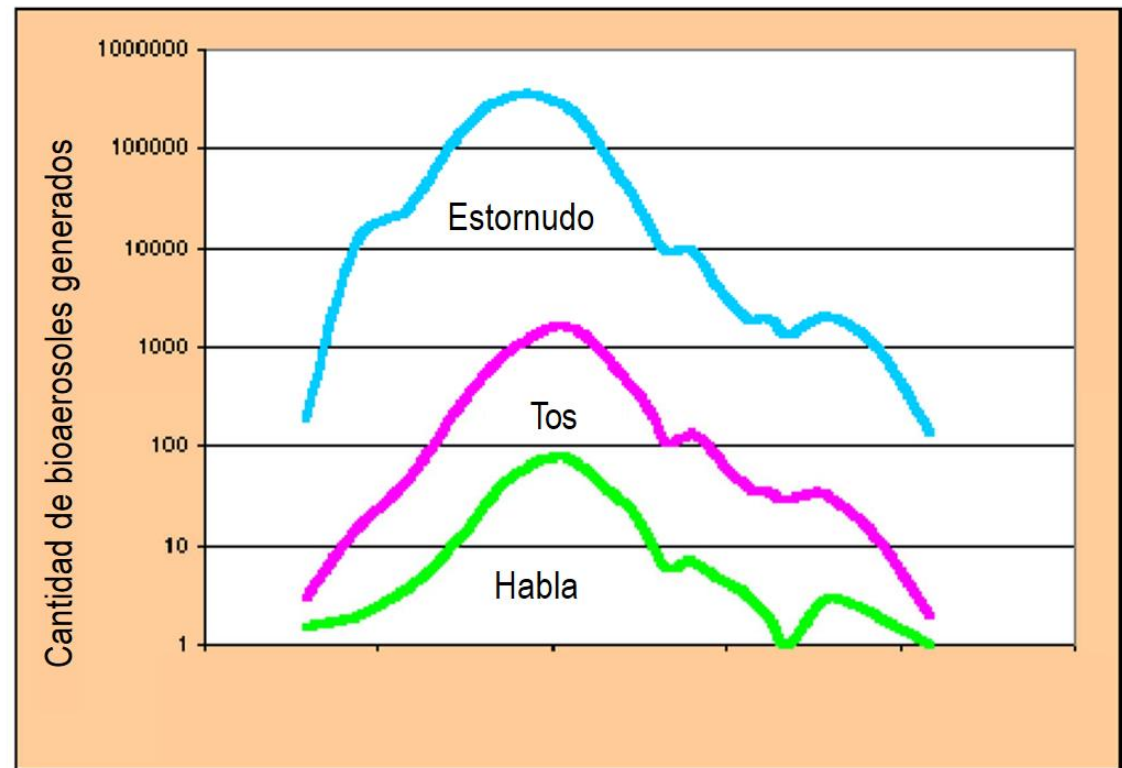
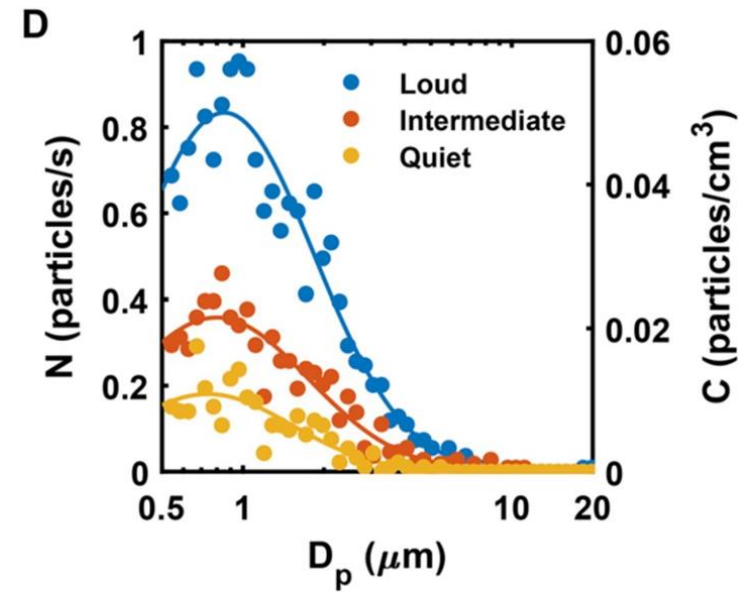


Fuente: Johnson (2011)



# Generación de bioaerosoles

Evento		Gotitas generadas [part./evento]
Estornudo		100.000 – 1.000.000
Tos		3.000 – 10.000
Hablar		10.000 part./min
Respirar		1.000 part./min

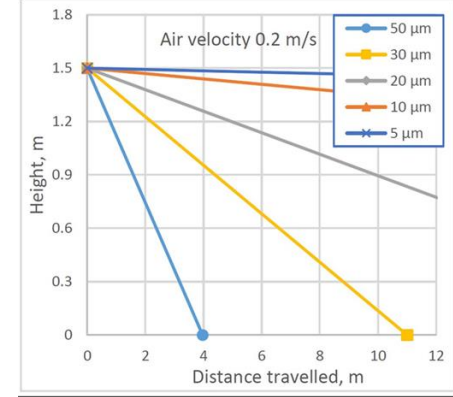


Fuente: Gupta, Xie, Pantelic y otros

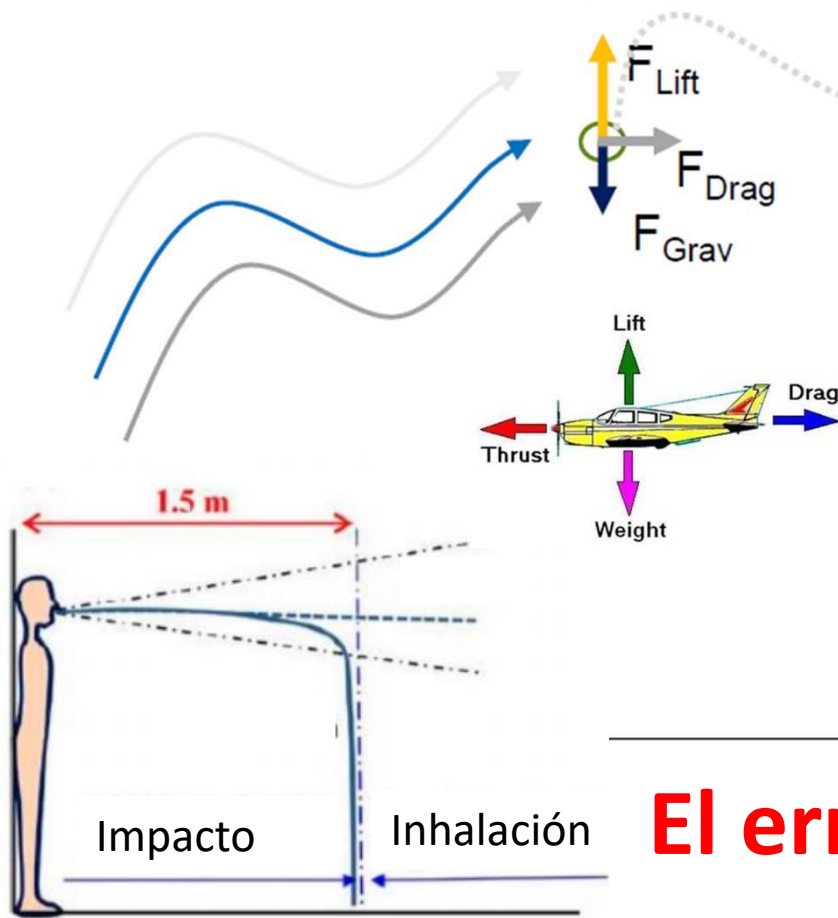


# Dispersión de bioaerosoles

## Ciencia de los aerosoles



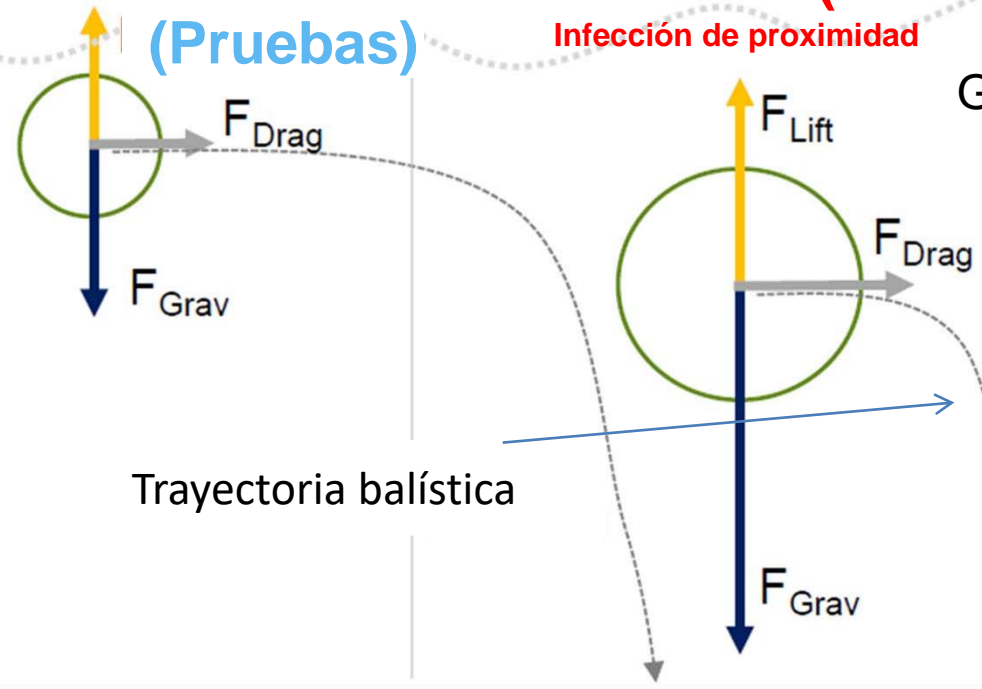
### PRODUCCIÓN



**Aerosol (Pruebas)**

**GOTICULAS (Obvia)**  
Infección de proximidad

Gotas de Flugge



**El error de las 5  $\mu\text{m}$**

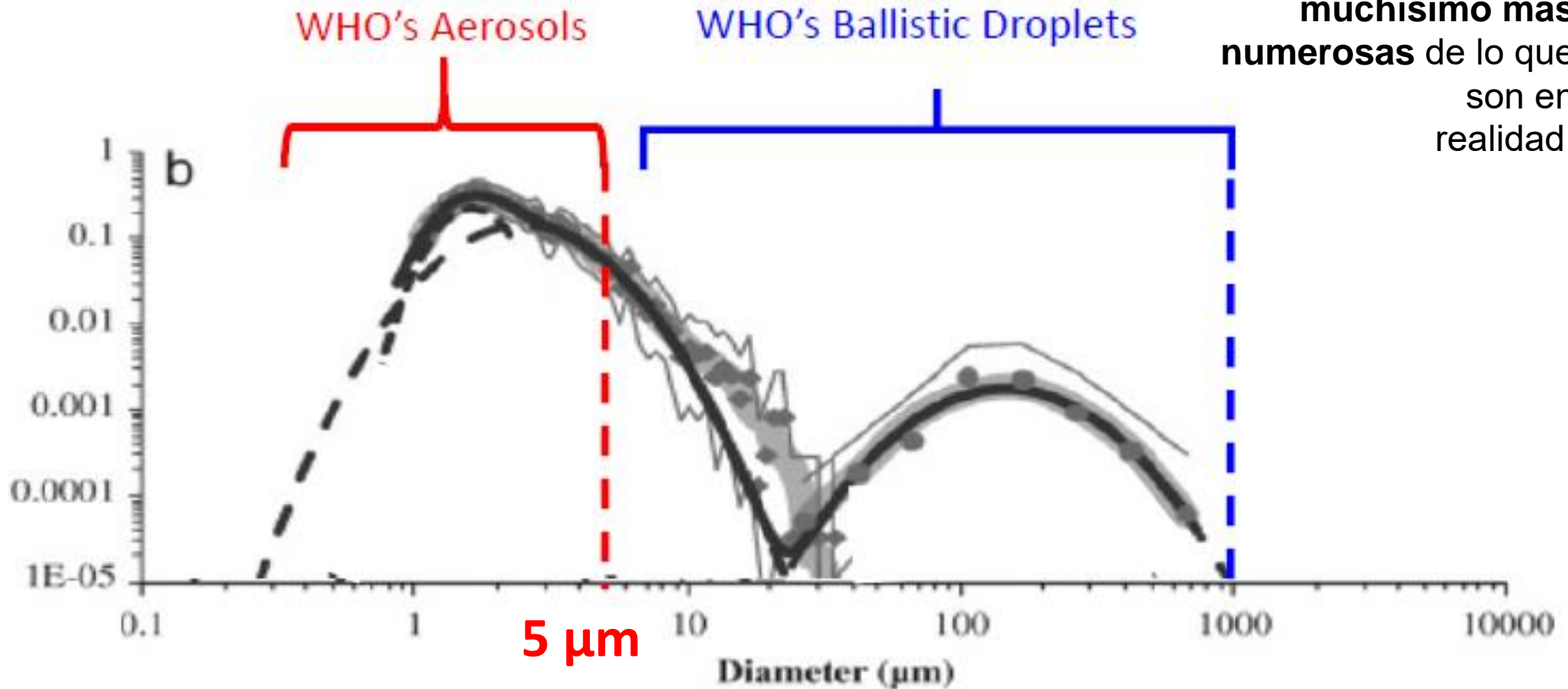
Tamaño de partícula [ $\mu\text{m}$ ] →

Fuente: Rehva (2020)



## Generación de bioaerosoles - Habla

Este error ha creado mucha confusión, al dar la apariencia de que las **gotículas eran muchísimo más numerosas** de lo que son en realidad.



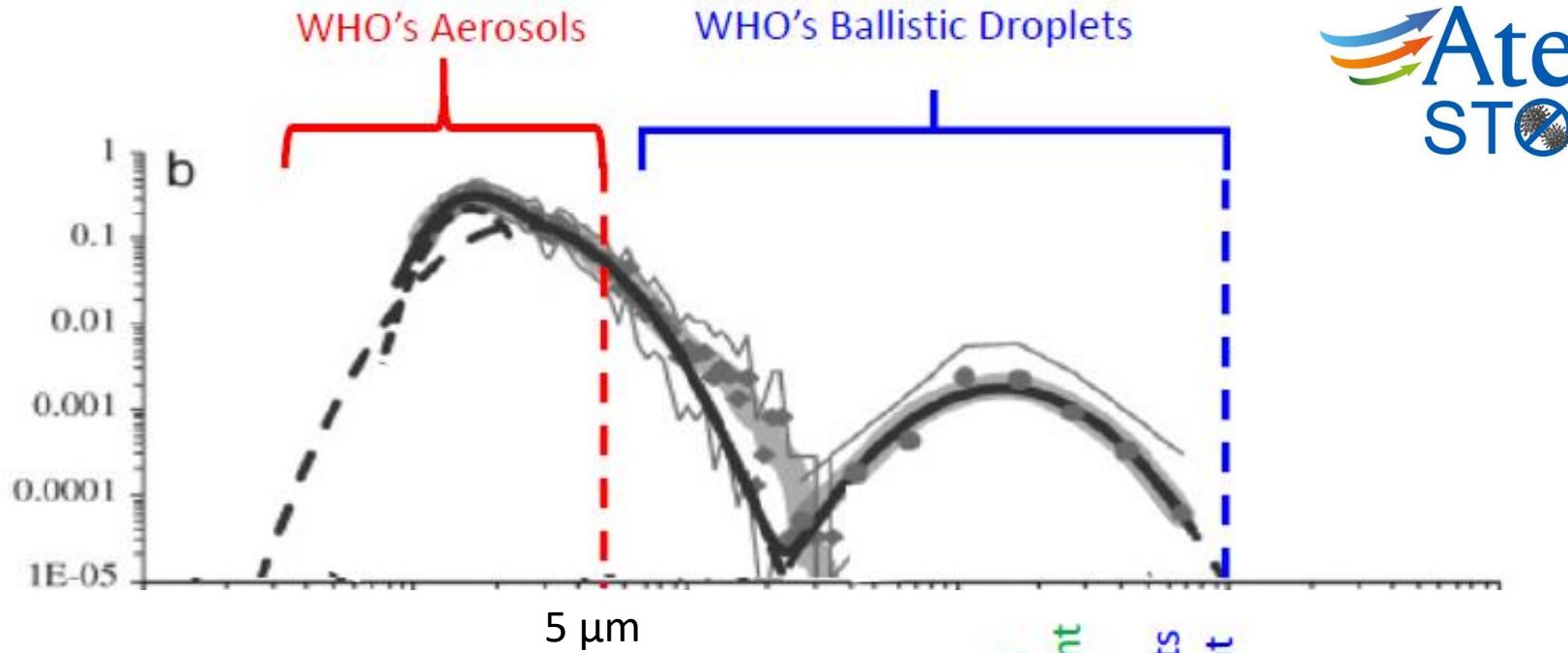


# Sedimentación de bioaerosoles. Aire en reposo

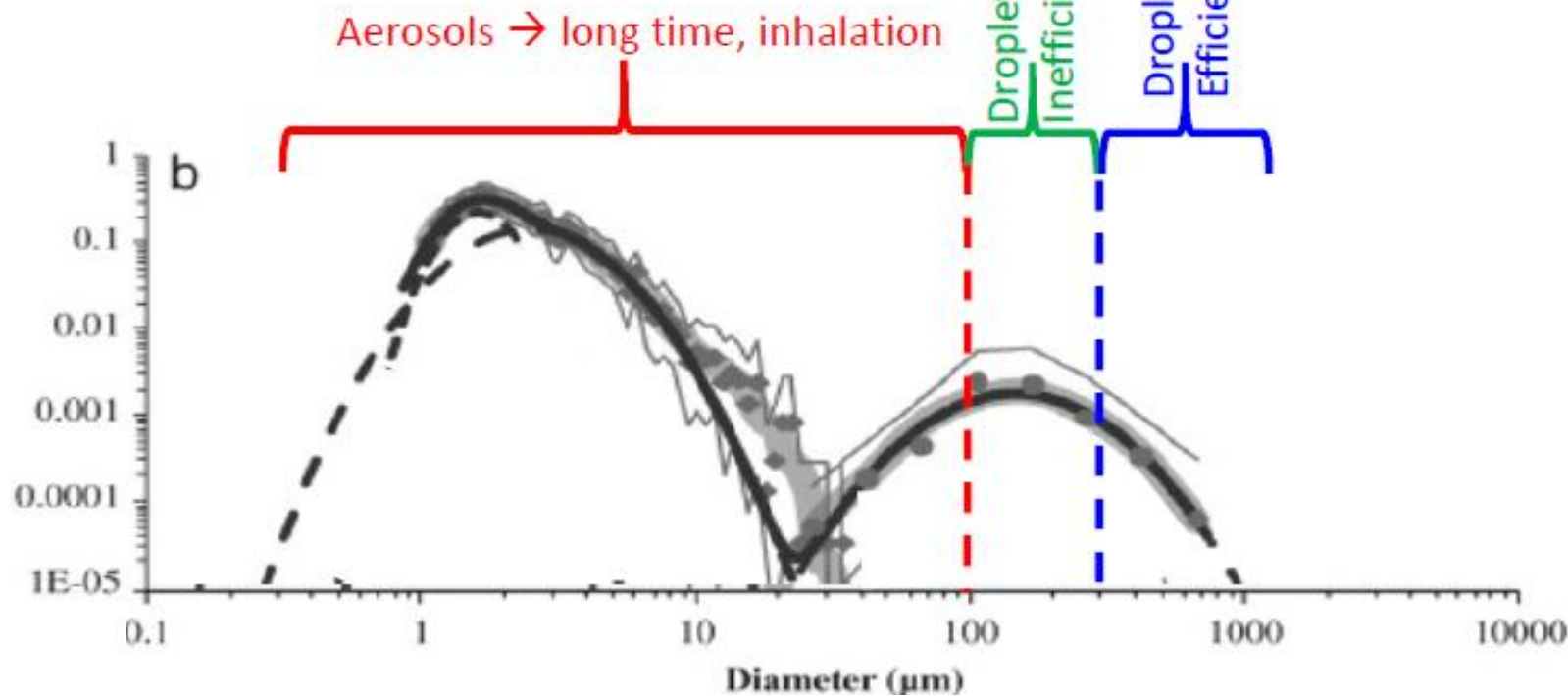


Fuente: Tellier (2006)





**Error de un factor de 100/5 = 20**

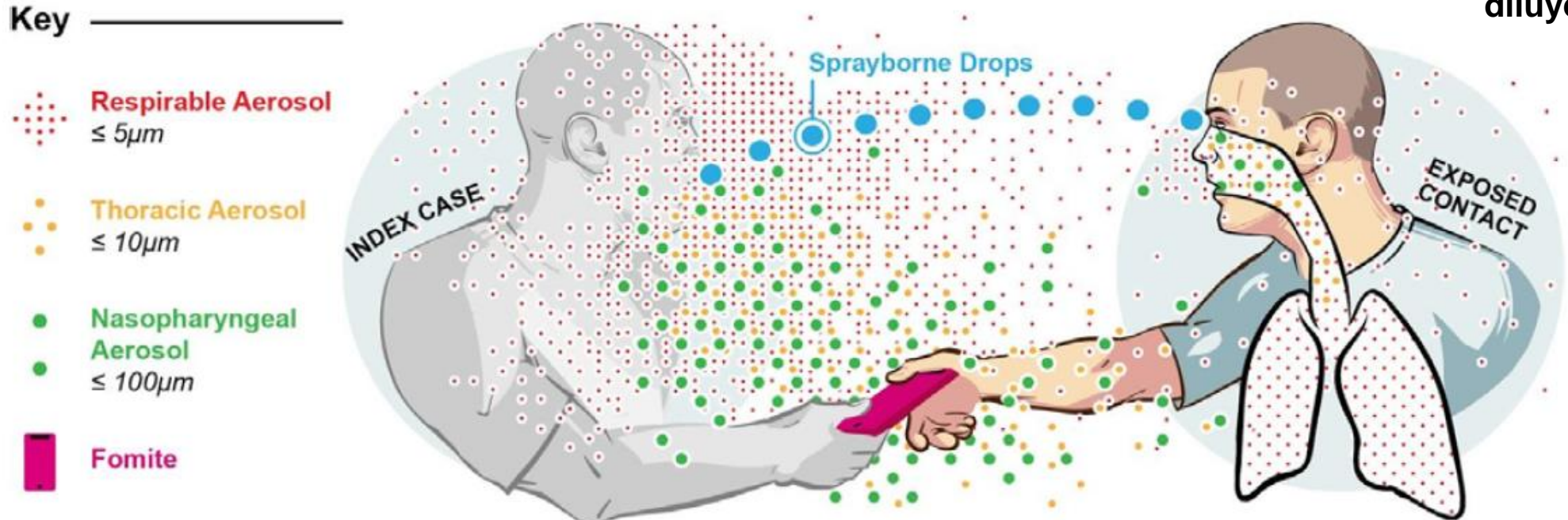




## 4 VIAS DE PROPAGACIÓN

- Directo
- Superficie (fómite)
- Gotitas balísticas (impacto)
- Aerosol (inhalación)

Concentran más **en las proximidades**,  
unas 100 veces más que cuando se  
diluyen



**Ambos viajan a través del aire desde la persona infectada hasta la persona susceptible, pero las gotitas balísticas infectan por impacto y los aerosoles infectan por inhalación.**

Figura: representación esquemática de las vías de infección por gotitas ( azul ) y aerosol ( verde , amarillo y rojo ) para una enfermedad respiratoria.



# ¿Rutas de transmisión SARS-CoV-2?

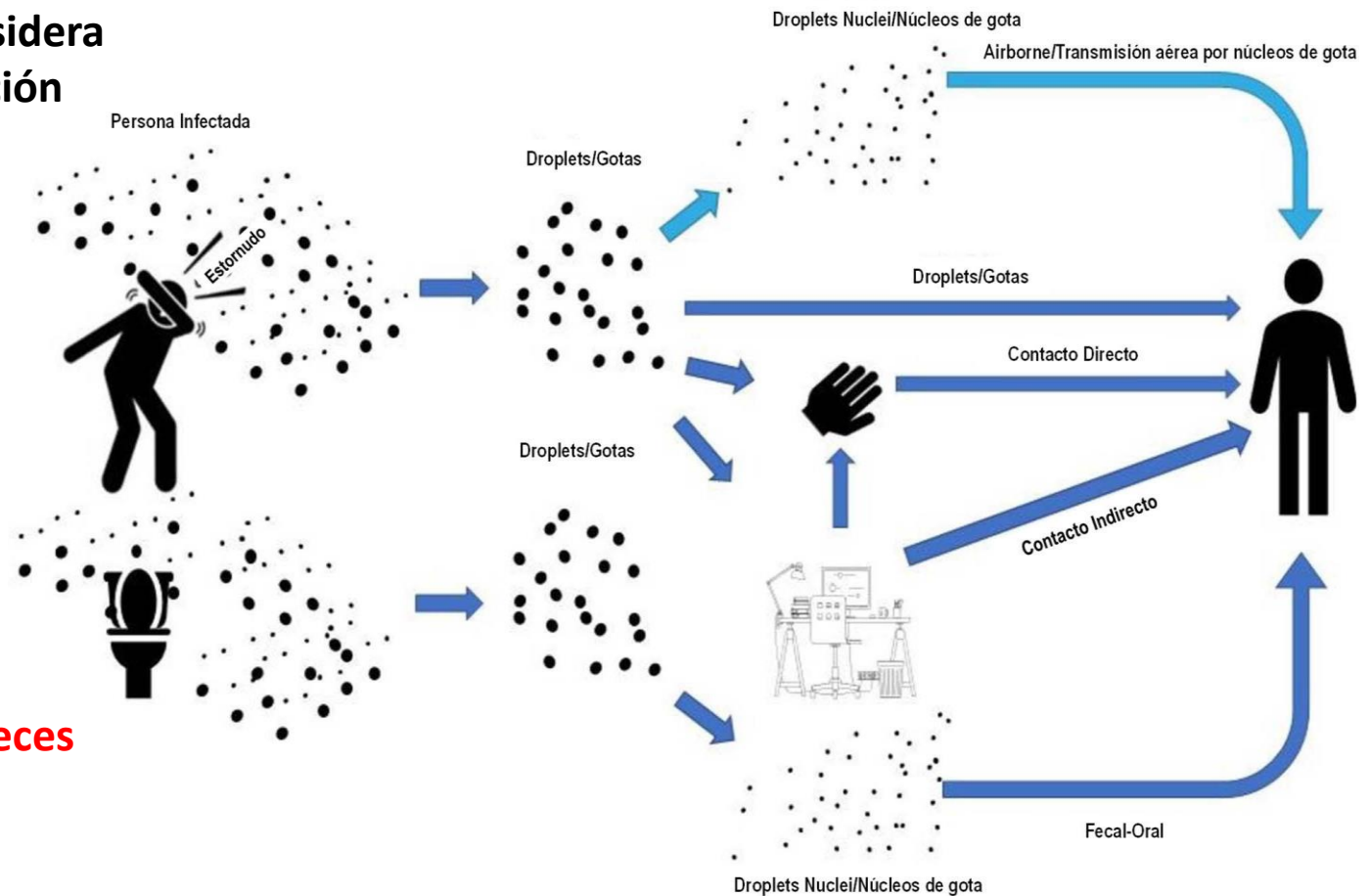
Un mecanismo de transmisión basado en aerosoles de largo alcance implica que mantener una distancia de **1-2 m** de una persona infectada **NO ES SUFICIENTE**, y se necesita un control de la **concentración con ventilación para la eliminación efectiva de partículas en espacios interiores**

La transmisión por contacto superficial (**fómites**) **no se considera la principal forma de propagación del virus**

**Tiempo de exposición es importante**

Puede permanecer activo hasta **3 horas** y hasta **2-3 días** en las superficies de la estancia en condiciones interiores comunes

El riesgo de infección en el ambiente interior es unas **20 veces mayor** que al aire libre



Fuente: Rehva (2020)



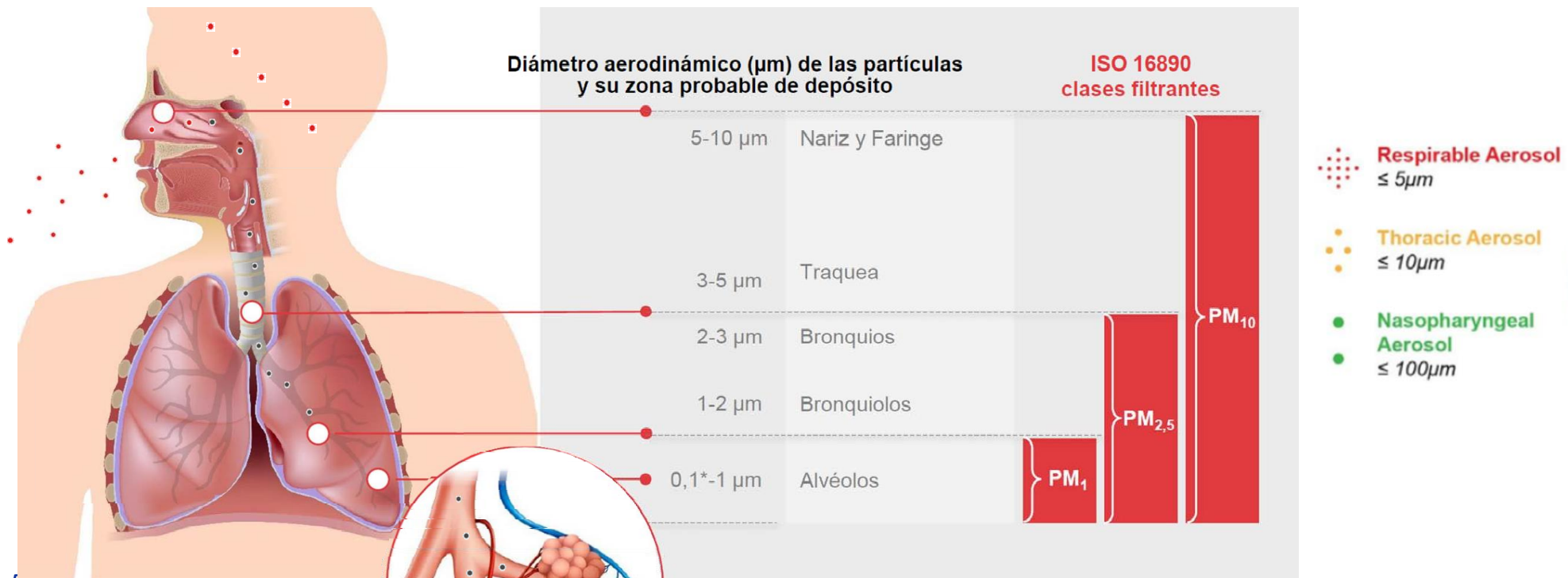
# Dónde se depositan los aerosoles de diferentes tamaños en el tracto respiratorio humano

## Enfermedad respiratoria

Los filtros deben eliminar de manera eficiente las partículas en el rango de tamaño de interés, especialmente aquellas de **10  $\mu\text{m}$  o menos**, que incluyen la mayoría de las partículas de aerosol respiratorias

100  $\mu\text{m}$  de diámetro, que es el tamaño de partícula más grande que se puede inhalar

### > Nexa persona- bioaerosol - sistema de climatización - persona



Fuente: AAR





# Pensar como el HUMO

*Figura: Izquierda: visualización del humo exhalado. La concentración es más alta frente al fumador, mucho más baja en el resto de la habitación. Derecha: el nivel de humo puede acumularse en la habitación, si hay poca ventilación, mucho tiempo, etc.*

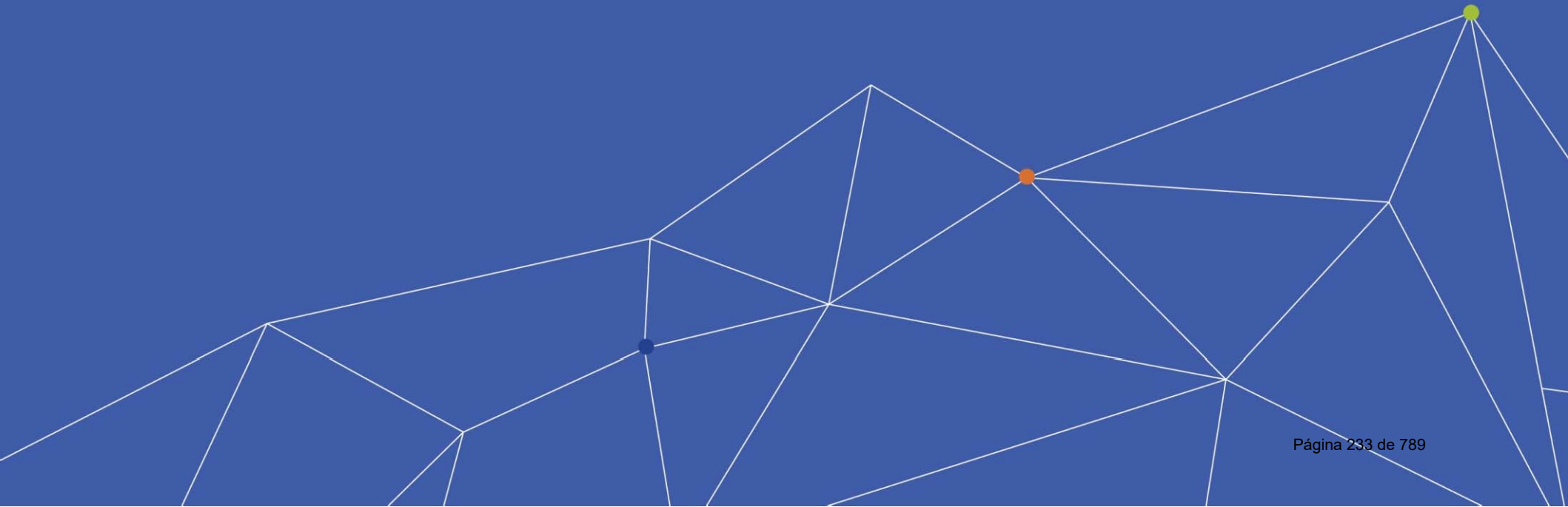


**No se sabe que el virus se transmite a través del agua.**



1. Vías de propagación. Bioaerosoles

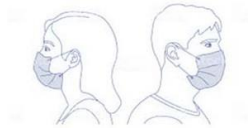
**2. Estrategias**





# Estrategias. Vía aérea

Estrategia 1. Control de fuentes de bioaerosoles.



Protección personal

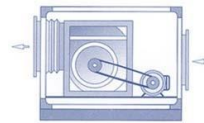


Aseos



Tasa ocupación

Estrategia 2. Dilución de bioaerosoles.



Ventilación mecánica

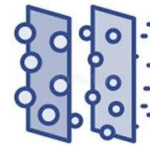


Ventilación natural



Tasa ocupación

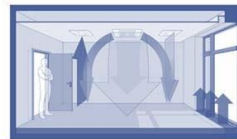
Estrategia 3. Retención de bioaerosoles.



Filtración

Estrategia 4. Control del transporte de bioaerosoles.

**Contaminante interior**



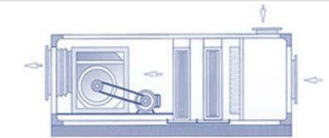
Flujos de aire



Posición y distancia

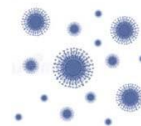


Flujos entre personas



Recirculación aire

Estrategia 5. Inactivación de patógenos en bioaerosoles.



Equipos germicidas



Seguridad personas



# Estrategias. Mascarillas



## 3 ENSAYOS

- La **eficiencia de filtración**
- La **respirabilidad** que ello permite
- El **ajuste** a la fisonomía humana, es decir, la ausencia de fugas

1. Mascarillas **higiénicas** tienen una menor eficacia **NO reutilizables** como **reutilizables**, especificaciones **UNE 0064-10-1:2020, UNE 0064-2:2020, UNE 0065:2020**
2. Mascarillas **quirúrgicas**. **EN 14683:2019**, evitar propague o emita y protección persona
3. Equipos de **protección individual** (máscaras **FFP2, FFP3**) para proteger a la persona **EN 149:2001** y **EN 149:2001** que describe el **ensayo de ajuste de la media máscara** a la fisonomía humana. Pueden o no llevar válvula de exhalación de aire. Si no la llevan, protegen tanto a quien la lleva del resto como a la inversa (al resto frente a la persona que la lleva). Si llevan válvula de exhalación, solo protege a la persona que la lleva, pero no evita que dicha persona emita potencialmente patógenos en caso de estar enferma.

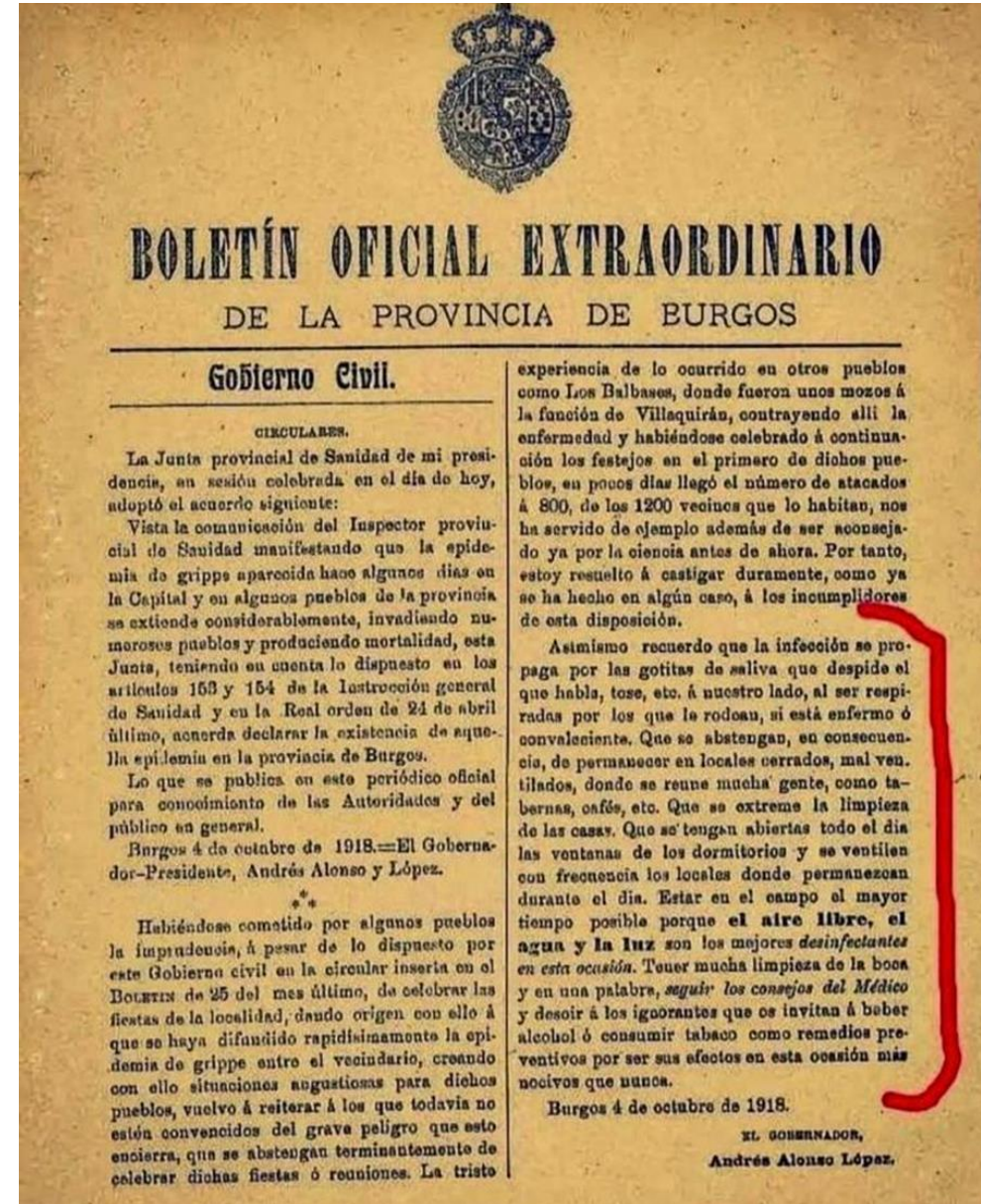




# Estrategias

“La **infección se propaga** por las gotitas de saliva que **despide** el que **habla, tose, etc.** a nuestro lado, al ser respiradas por los que le rodean, si está enfermo o convaleciente. Que se **abstengan**, en consecuencia, de permanecer en **locales cerrados, mal ventilados**, donde se **reune mucha gente**, como **tabernas, cafés, etc.** Que se **extreme la limpieza** de las casas. Que se **tengan abiertas todo el día las ventanas de los dormitorios y se ventilen con frecuencia los locales donde permanezcan durante el día.**”

Además recuerda el Gobernador que la población debería “seguir los consejos del Médico y **desoir a los ignorantes** que os invitan a **beber alcohol o consumir tabaco como remedios preventivos** por ser sus efectos en esta ocasión más nocivos que nunca.”









# ¿Cómo puedo protegerme de la transmisión de aerosoles en interiores?

**NO TENER MIEDO A LA VIA AEREA POR BIOAEROSOLES**

 **COVID-19 está en los Aerosoles:**   
Esto es lo que deberías **EVITAR**

## COVID-19 **E**vitatar



 **Aglomera**Ciones  **Interi**Ores  **Baja** **Ventilación**

 **Cercanía**  **larga** **Duración**  **sin** **mascarilla**  **Hablar** **cantar** **Gritar**

 **UN DEBER CÍVICO**  
¿Qué significa esto?

- «La transmisión por aerosoles» (también conocida como «transmisión por el aire») es similar a la transmisión por gotitas, pero estas las podemos ver.
- En cambio, los fragmentos de fluido respiratorio (aerosoles) son diminutos.
- Y pueden permanecer en el aire durante minutos u horas.

Para evaluar mejor el riesgo y las estrategias de reducción de riesgos, piensa en el humo. Simplemente imagina que todas las personas que te rodean están fumando: el objetivo es respirar la menor cantidad de humo posible y evitar esos espacios llenos de humo. Artículo completo: [www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols](http://www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols)

 **COVID-19 está en los aerosoles:**   
Esto es lo que puedes **hacer**

## COVID-19: Qué **hacer**



**Haz** todas las actividades que puedas al aire libre, pero ten en cuenta que estar fuera no es mágico.



**Lleva mascarilla (tapabocas)** – es esencial, incluso si podemos mantener la distancia de seguridad – ¡Asegúrate de que ajusta perfectamente!



**¡Piensa en ventilar y limpiar el aire mediante filtración!**



Debemos continuar haciendo lo que ya se ha recomendado: lavarnos las manos, mantenernos a 2 metros, etc. Pero eso NO es suficiente - sigue a @jjcolorado en Twitter para obtener más información.

Fuente: [www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols](http://www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols)





# Ser socio de Atecyr es algo más

*Gracias por hacerlo posible, ¡un abrazo virtual!*





## Comités del V Congreso Encuentro de Ingeniería de la Energía del Campus Mare Nostrum

### Comité organizador

Mariano Alarcón García (Presidente)  
Manuel Seco Nicolás  
Francisco del Cerro Velázquez  
Juan Pedro Luna Abad  
Alfonso P. Ramallo González  
Fernando Lozano Rivas

### Comité científico

Alfonso P. Ramallo González (UM)  
Antonia Baeza Caracena (UM)  
Antonio González Carpena (UM)  
Antonio Urbina Yeregui (UPCT)  
Antonio Viedma Robles (UPCT)  
Félix Cesáreo Gómez de León Hijes (UM)  
Fernando Illán Gómez (UPCT)  
Francisco del Cerro Velázquez (UM)  
Francisco Vera García (UPCT)  
Gloria Alarcón García (UM)  
Gloria Villora Cano (UM)  
Joaquín Zueco Jordán (UPCT)  
José A. Almendros Ibáñez (UCLM)  
José Miguel Martínez Paz (UM)  
José Ramón García Cascales (UPCT)  
Juan Pedro Luna Abad (UPCT)  
Juan Pedro Montávez Gómez (UM)  
Manuel Lucas Miralles (UMH)  
Manuel Seco Nicolás (UM)  
Mariano Alarcón García (UM)  
Miguel Ángel Zamora Izquierdo (UM)  
Pedro J. Vicente Quiles (UMH)  
Teresa Maria Navarro Caballero (UM)  
Teresa Vicente Vicente (UM)

ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

**ACTAS DEL CONGRESO V ENCUENTRO DE  
INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE  
NOSTRUM**

**PROCEEDINGS OF THE V MEETING OF ENERGY ENGINEERING OF  
CAMPUS MARE NOSTRUM**

*Editor*

Mariano Alarcón García

*Co-editor*

Manuel Seco Nicolás

Murcia 2021