

LIBRO BLANCO

LA TRANSMISIÓN DEL SARS-CoV-2
EN AEROSOL Y MECANISMOS
DE PROTECCIÓN

ENERO 2021

La elaboración del presente Libro Blanco ha sido llevada a cabo por:

Coordinación:

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) del Ministerio de Defensa
Instituto Español de Investigación Enfermera del Consejo General de Enfermería (CGE)

Autores:

Dra. María Enríquez Jiménez,
Enfermera del Instituto Español de Investigación Enfermera del CGE
Doctoranda María Sánchez García,
Miembro del equipo de investigación del Área de Energías y Medio Ambiente de INTA
Doctoranda Guadalupe Fontán Vinagre,
Enfermera del Instituto Español de Investigación Enfermera del CGE
Dr. Victor Archilla Prat,
Jefe de laboratorio de Instrumentación y Técnicas Experimentales de Medida del Área de Energías y Medio Ambiente del INTA

Revisores Internos:

Dra. Pilar Fernández Fernández,
Vicepresidenta del Consejo General de Enfermería
Dr. Diego Ayuso Murillo,
Secretario del Consejo General de Enfermería
Dr. José Luis Cobos Serrano,
Vicesecretario del Consejo General de Enfermería

Revisores externos:

Dr. Ricardo Díaz Martín,
Catedrático de Ingeniería Química y Materiales en Udima. Decano del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid
Dr. Jose Luís Castillo Gimeno,
Catedrático del Departamento de Física Matemática y de Fluidos de la Facultad de Ciencias de la UNED. Presidente de la AECyTA (Asociación Española de Ciencia y Tecnología de los Aerosoles)
Dra. Irene Heredero Bermejo,
Profesora del Departamento de Biomedicina y Biotecnología de la Facultad de Farmacia de la UAH

Diseño y maquetación:

Fernando Gómara y Ángel Martínez

1.ª edición: enero 2021

ISBN 978-84-09-28309-5

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Prólogo

La lucha que ha emprendido toda la sociedad para ganar la guerra contra la pandemia por SARS-CoV-2 ha hecho posible circunstancias increíbles. Por ejemplo, que los ciudadanos se volcaran en fabricar mascarillas y dispositivos de protección caseros cuando nos vieron luchando contra el virus, que nos aplaudieran durante meses todos los días a la ocho de la tarde, que la gente cuidase de sus vecinos, especialmente de los mayores solos o que los pacientes se diesen cuenta de la precariedad con la que tenemos que trabajar.

De todos estos hitos hay uno especialmente bonito, por la alianza tan atípica y a la vez tan provechosa y eficaz. Me refiero a la unión entre las enfermeras y enfermeros del Consejo General de Enfermería de España y los ingenieros y científicos de Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. ¿Quién iba a decirnos, cuando el virus no había iniciado su carrera devastadora, que expertos en cuidados y en aviación trabajaríamos de la mano para salvar vidas?. Pero si algo me ha enseñado la vida es que el destino es inescrutable y crea compañeros de viaje sorprendentes.

El lector tiene en sus manos una investigación exhaustiva, rigurosa y a fondo sobre el comportamiento del virus, sus posibles formas de contagio, incluyendo los aerosoles y las me-

didias de protección. Estoy convencido de que las conclusiones de esta investigación van a salvar muchas vidas porque de ellas se deduce cuál es la forma de protección más eficaz en cada entorno sanitario y social. Evitar el contagio es la mejor garantía para preservar tu salud y la de todo tu entorno (compañeros de trabajo, familia, amigos, pacientes...) evitando con ello los posibles efectos de la infección que van desde su sintomatología más leve hasta la más grave y unas secuelas que todavía desconocemos en profundidad.

Quiero terminar estas líneas haciendo llegar mi más profundo agradecimiento a todos los que han hecho posible este trabajo: ingenieros, enfermeras, científicos, técnicos... Todos ellos han invertido tiempo personal y familiar para hacer posible este documento que, sin duda, supondrá un antes y un después en la actual batalla que libramos contra esta pandemia. Esta investigación es un ejemplo claro de que trabajando unidos y de forma multiprofesional alcanzamos nuestros objetivos con calidad y excelencia.

Florentino Pérez Raya
Presidente del Consejo General de Enfermería

Presentación

El 31 de diciembre de 2019, la Comisión Municipal de Salud y Sanidad de Wuhan (provincia de Hubei, China) informó sobre un grupo de 27 casos de neumonía de etiología desconocida, con una exposición común a un mercado mayorista de marisco, pescado y animales vivos en la ciudad de Wuhan, incluyendo siete casos graves. El inicio de los síntomas del primer caso fue el 8 de diciembre de 2019. El 7 de enero de 2020, las autoridades chinas identificaron como agente causante del brote, un nuevo tipo de virus de la familia Coronaviridae que posteriormente ha sido denominado SARS-CoV-2, cuya secuencia genética fue compartida por las autoridades chinas el 12 de enero(1). El día 11 de marzo, la OMS declaró la pandemia mundial.

A fecha de Diciembre de 2020, este nuevo coronavirus SARS-CoV-2, que provoca la enfermedad COVID-19, continúa extendiéndose por el planeta y ya ha infectado a más de 75 millones de personas, mientras que la cifra global de fallecidos se sitúa por encima del millón y medio, la de los recuperados supera los 40 millones de personas. España, en concreto, acumula más de dos millones de casos y más de 50000 muertes, y es el país de la Unión Europea más afectado por la pandemia.

La publicación de la Directiva (UE) 2020/739 de la Comisión, de 3 de junio de 2020, por la que se modifica el anexo III de

la Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la **inclusión del SARS-CoV-2 en la lista de agentes biológicos que son patógenos humanos conocidos como agente de riesgo 3** (2), considera que *“el SARS-CoV-2 puede provocar una grave enfermedad humana entre la población infectada y representa, en particular, un grave peligro para los trabajadores de mayor edad y para los que tienen un problema médico o una enfermedad crónica subyacente”*. Se continúa sin tratamiento efectivo, por otro lado, actualmente se encuentran un número significativo de vacunas experimentales y otras que ya han pasado su aprobación, hasta que no haya una proporción significativa de población vacunada no se podrá considerar una herramienta efectiva de prevención, teniendo en cuenta las pruebas científicas y los datos clínicos más recientes disponibles, así como el asesoramiento de expertos que representan a todos los Estados miembros, el SARS-CoV-2 debe clasificarse, por tanto, como patógeno humano del grupo de riesgo 3.

El presente Libro Blanco recoge un revisión bibliográfica y documental del comportamiento aéreo de este virus y posibilidades de transmisión del mismo, con el objetivo de dar mayor información para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad, así como la prevención de dichos riesgos, a los que están o pudieran estar expuestos en su trabajo.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	9
2	AEROSOL Y BIOAEROSOL	11
	2.1. Concepto de aerosol y bioaerosol	11
	2.2. Formación del bioaerosol	11
	2.3. Distribución de tamaño del bioaerosol	12
	2.4. ¿Cómo se comportan por vía aérea?	14
	2.5. Extensión de la dispersión	15
3	LOS CORONAVIRUS	18
	3.1. Conocer a un enemigo común	18
	3.2. Estudios de infectabilidad por aire	21
	3.3. Estudios experimentales de viabilidad del virus	22
	3.3.1. Presencia del virus en espacios interiores	24
	3.3.2. Estudios realizados en centros sanitarios	26
	3.3.3. Análisis de otros espacios confinados	29
	3.4. Posicionamiento nacional e internacional ante la viabilidad de transmisión aérea	30
4	VENTILACIÓN, PURIFICACIÓN DEL AIRE Y DISTANCIA SOCIAL	32
5	LA IMPORTANCIA DE LAS MASCARILLAS	34
	5.1. Tipos y características de las mascarillas	35
	5.2. Colocación, ajuste y retirada adecuada	40
	5.3. Recomendación de uso y compra de las mascarillas	40
	5.4. Las mascarillas en entornos sanitarios	46
	5.5. Métodos de desinfección de las mascarillas	47
	5.5.1. Limpieza	47
	5.5.2. Otros tratamientos	47
	5.6. Identificación de regulación y normativas de las mascarillas	50
6	DESINFECCIÓN DE SUPERFICIES	53
7	CONCLUSIÓN	55
8	REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS	57
9	ANEXOS	63
	Anexo I	63
	Anexo II	64
	Anexo III	65
	Anexo IV	66

1. Introducción

Dentro de los aspectos de la transmisión de la COVID-19, en un principio se alertó a la población sobre las medidas de contagio por contacto, dejando constancia **de las siguientes medidas prioritarias: mantener una cuidadosa higiene de manos, etiqueta respiratoria y evitar tocarse la cara y mucosas.** Desde distintas instancias internacionales se recomendó **establecer distancias de seguridad entre 1,5-2m** y además se contempló la transmisión por vía aérea por gotas menores de 5 µm y aire, de manera especial en centros sanitarios y hospitales dada la realización de técnicas y cuidados generadoras de aerosoles donde, debido a la alta carga viral del ambiente, se incluyó el **uso de mascarillas entre los trabajadores y pacientes y, finalmente, entre la población para la prevención comunitaria.** También se recomendó extremar la higiene y desinfección de superficies para reducir la transmisión por contacto y fómites (3-4).

En las primeras versiones del Documento Técnico sobre “Prevención y control de la infección en el manejo de pacientes con COVID-19” elaborado por el Ministerio de Sanidad del Gobierno de España, se mencionaba que “El SARS-CoV-2 se propaga principalmente por gotas infecciosas emitidas al hablar, toser o estornudar directamente sobre una superficie mucosa o conjuntiva de una persona susceptible, o por contacto directo con superficies contaminadas por esas gotas” (5-6). Sin embargo, ya que el confinamiento generalizado, el uso de mascarillas y el lavado de manos han sido menos efectivos de lo esperado, hizo suponer que un canal de transmisión efectivo todavía había quedado abierto.

Motivo por el cual, desde el principio de la pandemia, la comunidad científica que estudia los aerosoles, sus modos de transporte y dispersión en diferentes ambientes, están evaluando el papel que juegan estos, en la **transmisión de la COVID-19 por vía aérea.**

Ilustración 1.

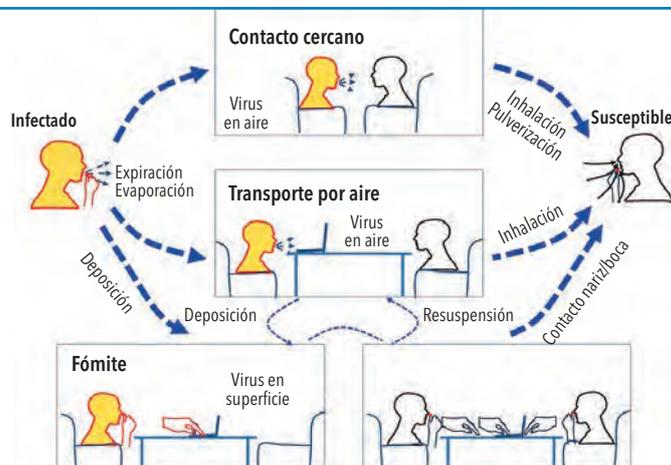
El virus está envuelto en una **capa lipídica** (de grasa) que protege su material genético

Cómo el jabón destruye el coronavirus



Fuente: BBC News Mundo. ¿Qué le hace el jabón al virus causante de la COVID?(3)

Ilustración 2.



Fuente: Teillier et al. (2019) (4)

Actualmente dicha vía de transmisión, está siendo cada vez más admitida a nivel nacional e internacional, basándose en las investigaciones de científicos de varias universidades estadounidenses, como las de San Diego, Maryland, Virginia Tech y encabezados por Kimberly Prather, de la Universidad de la Jolla, quienes advierten sobre la evidencia de que la inhalación del SARS-CoV-2 pueda representar una vía importante de transmisión de la COVID-19 (7).

Con el objetivo de prevenir la dispersión de gotas y como prevención comunitaria, se incluyó el uso de mascarillas, no sólo para el sistema sanitario, sino también para la población general en algunos países como España, en los que es obli-

gatorio su uso en los espacios públicos cerrados, en los abiertos en los que no se pueda mantener la distancia social y en los medios de transporte aéreo, marítimo, en autobús, o por ferrocarril, así como en los transportes públicos y privados complementarios de viajeros en vehículos de hasta nueve plazas, incluido el conductor, si los ocupantes de los vehículos de turismo no conviven en el mismo domicilio (8-9). Pero para que esta medida sea efectiva, tenemos que garantizar que las mascarillas tengan una filtración correcta, se ajusten adecuadamente y estén homologadas.

Este libro profundiza sobre la transmisión del SARS-CoV-2 en forma de aerosol y sobre el análisis de los mecanismos y dispositivos de prevención.

2. Aerosol y bioaerosol

2.1. Concepto de aerosol y bioaerosol

En el campo de estudio de la calidad del aire, el término **aerosol**—también denominado materia particulada o partículas atmosféricas— hace referencia a **cualquier partícula sólida o líquida que se encuentra suspendida en el aire** y que generalmente presenta un rango de tamaños entre 0,001 y 100 μm . Por tanto, se puede reconocer como aerosol al polvo del desierto, las emisiones de tubos de escape, la ceniza, gotas líquidas como el aerosol marino formado por la ruptura de las olas, el polen, así como las bacterias y los virus, siempre que se encuentren en suspensión en el aire (10).

Los aerosoles son muy heterogéneos, ya que pueden presentar diferentes propiedades físico-químicas, fuentes de origen, procesos de formación, etc. influyendo en los efectos que puedan ejercer en el medio.

Cualquier microorganismo—incluidos los virus— puede ser transportado por el aire (bien aislado o contenido en pequeñas gotas líquidas), constituyendo un **bioaerosol (partículas que tienen un origen biológico: animal, vegetal o microbiano, pudiendo estar viables o no)**. Si el tamaño aerodinámico de la partícula infecciosa es el apropiado, pueden permanecer largo tiempo suspendido en el aire y entrar en contacto con los humanos causando una infección, en función de su potencial vírico y su habilidad para resistir al estrés de permanecer en suspensión en forma de aerosol (11).

Los mecanismos para la generación de estos bioaerosoles son muy diversos, desde la propia actividad humana diaria, como el habla o un estornudo, hasta las salpicaduras de agua de la cisterna de un inodoro. Esto puede provocar la contaminación de superficies susceptibles de entrar en contacto con personas o alcanzarlas directamente si las condiciones son propicias.

Debido a este eficiente modo de transmisión de la infección, mediante el contacto o la vía aérea, los virus respiratorios, considerados bioaerosoles, son una de las causas más frecuentes de enfermedades en humanos, afectando a todos los grupos de edad.

2.2. Formación del bioaerosol

La formación del bioaerosol respiratorio resulta de los movimientos provocados por los flujos de aire en las vías respiratorias, que provocan la ruptura de la capa mucosa que las recubre y, con ello, la creación de gotículas de distintos tamaños a partir de la mucosa. Por tanto, van a constituir una mezcla viscosa de diferentes componentes como sales, proteínas y materia orgánica e inorgánica, incluyendo las posibles partículas de virus, todos ellos inmersos en el fluido mucoso (13).

Jonhson et al. (14) clasifican las gotículas en función de si se han producido en la **parte más baja del tracto respiratorio**, asociadas a una respiración normal (secreciones bronquiales

Ilustración 3.



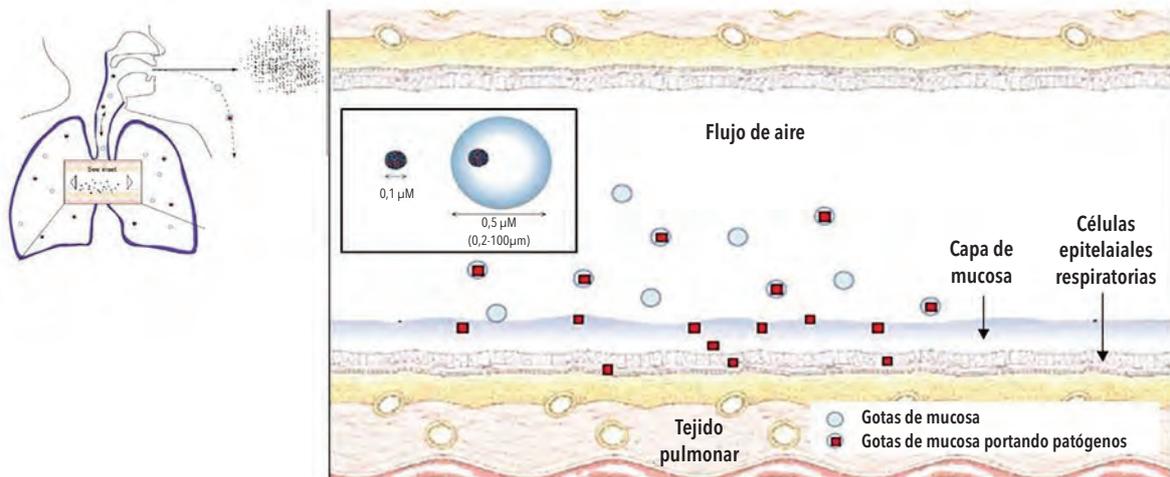
Fuente: Adaptado de U.S EPA (2018) (12)

o esputo); en la **región de la laringe**, activada por el habla o la tos, o en la **parte alta del tracto respiratorio**, incluyendo la cavidad oral, asociada a una conversación más activa o a la tos. Cada uno de estos eventos va a presentar unas características específicas que van a condicionar tanto al bioaerosol generado como a su comportamiento una vez exhalado (15).

2.3. Distribución de tamaño del bioaerosol

La clasificación más ampliamente utilizada para el estudio de los aerosoles es en base a la **distribución de tamaños** (10), en la que se encuentran tres fracciones de tamaño principales (ilustración 5):

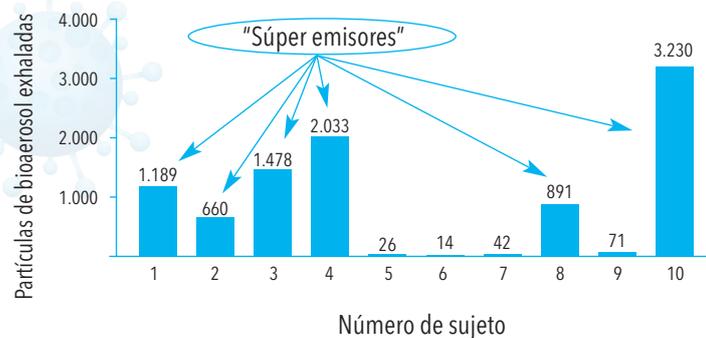
Ilustración 4.



Fuente: Fiegel et al. (2006) (13)

Gráfico 1.

Cabe destacar a una pequeña parte de la población que pertenece a los denominados "súper productores" o "súper emisores"; es decir, aquellas personas que durante una conversación emiten mayores cantidades de partículas. Estos individuos tendrán una mayor disposición a propagar una infección



Fuente: Fiegel et al. (2006) (13)

"Muchos científicos creen que la distinción clásica en dos grupos de tamaños de partículas, de las mayores en diámetro o gotículas y las finas o aerosoles, es didáctica pero artificial. La realidad es que se trata de una gama continua y difusa de partículas de distintos volúmenes, no dos tipos claramente diferenciados con propiedades distintas".

Fuente: El país. Salas J(16)

- **Partículas gruesas**, con diámetros entre 2,5 y 100 μm , teniendo su moda en 10 μm .
- **Partículas finas**, entre 0,1 y 2,5 μm de diámetro.
- **Partículas ultrafinas**, con diámetros menores de 0,1 μm .

A partir de esta clasificación se han incluido otras para la toma de muestra del aerosol y análisis de **calidad de aire** (con PMx indicando el material particulado de diámetro inferior a x micras) (17-19): **PM₁₀** (<10 μm), **PM_{2,5}** (<2,5 μm), **PM₁** (<1 μm) y **PM_{0,1}** (<0,1 μm), estas dos últimas constituyen el denominado aerosol submicrométrico y se encuentran fuera de las regulaciones vigentes actualmente en medida de calidad de aire, ya que los organismos, como la OMS (20), consideran que la evaluación de la exposición así como su impacto en la salud son complejos y requieren de mayor evidencia científica.

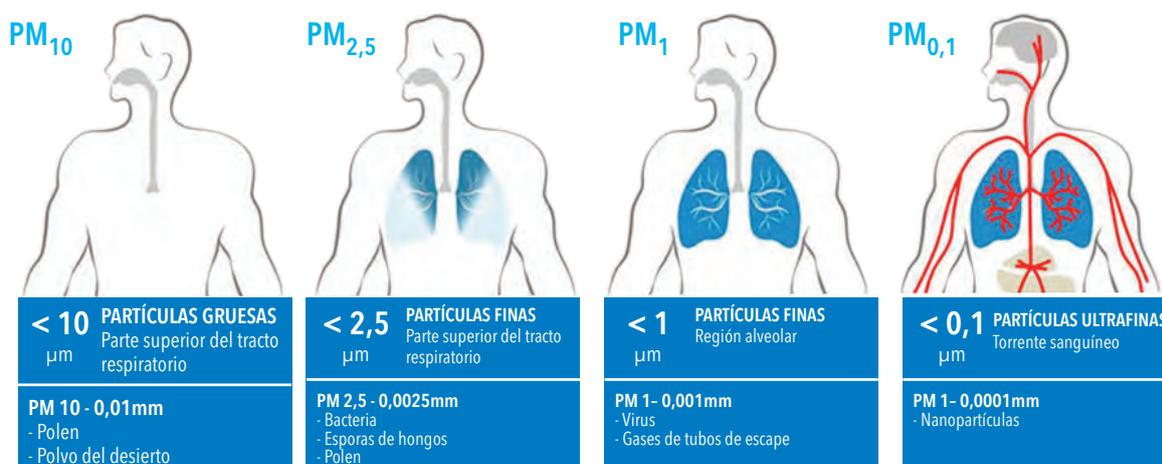
Finalmente, desde el punto de **salud pública/laboral**, existen normativas que diferencian entre fracciones **inhalable**, partículas inhaladas por la nariz o la boca que alcanzan el tracto respiratorio; **torácica**, partículas inhaladas que alcanzan la región traqueo-bronquial, y **respirable**, aquellas que alcanzan la región alveolar.

Dentro de la dispersión de estos bioaerosoles, se ha introducido la clasificación en **gotículas**, haciendo referencia a partículas de mayor diámetro y corto alcance, que se ven influenciadas por la gravedad y no alcanzan a ser inhaladas, y en **aerosoles**, correspondiente a partículas de menores

tamaños y corto-largo alcance cuyo diámetro facilita su inhalación, pudiendo llegar a alcanzar la región alveolar. En cambio, en otros campos no sanitarios, los especialistas en ciencia y tecnología de aerosoles que no solo tratan con su inhalación, no hacen distinción entre estos dos grupos por tamaños y denominan a todas ellas con el nombre genérico de aerosoles. Según la fuente de estudio, el límite establecido entre ambas categorías es de **10 ó 5 μm** . (23-24). Aunque en otras referencias se sigue manteniendo el límite teórico inicialmente mencionado de hasta 100 μm para considerar esta transmisión por aerosol (25) (26). Al final, la importancia a la hora de limitar los tamaños de los bioaerosoles para considerar una transmisión, reside principalmente en su capacidad de penetrar en las vías respiratorias y ser depositado en los pulmones. Además, este hecho dependerá a su vez de otros factores como la morfología del tracto respiratorio y de los patrones de respiración, por lo que es complejo fijar unos límites (27).

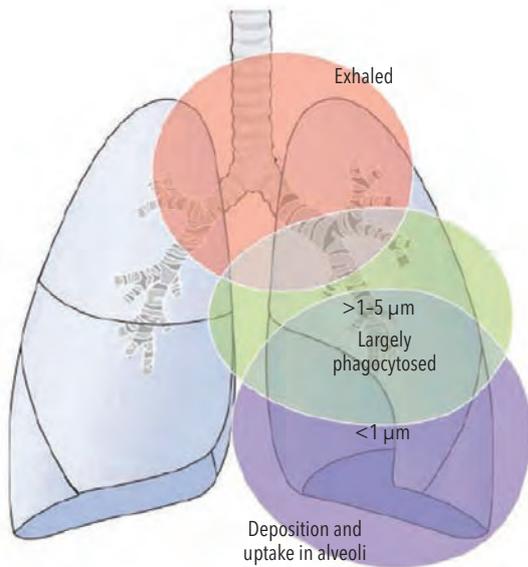
Existe cierto consenso en la literatura de que las partículas en el rango de 1 a 5 μm son depositadas en la parte profunda de los pulmones, mientras que las superiores a 10 μm se quedan en la región orofaríngea. Por su parte, los estudios que analizan las partículas submicrométricas sugieren que se pueden localizar a lo largo de todo el tracto respiratorio y de manera más aleatoria, alcanzando fácilmente la región alveolar y depositándose también en la región traqueobronquial. Una vez en el pulmón, el tamaño de la partícula va a

Ilustración 5.



Fuente: Adaptado Danel (2019)(21) y CFDC (2019) (22)

Ilustración 6.



Fuente: Rijt SH Van (2020) (28)

determinar igualmente la capacidad que tendrá el organismo de poder eliminarlas o fagocitarlas (28).

En el caso de los bioaerosoles infecciosos que son liberados de forma espontánea de la persona o animal enfermo, están compuestos de una gran variedad de tamaños de partícula. **El límite de tamaño inferior de un aerosol viral se verá limitado por el diámetro del propio virus**, mientras que el límite superior dependerá del tamaño de partícula al que se encuentra asociado.

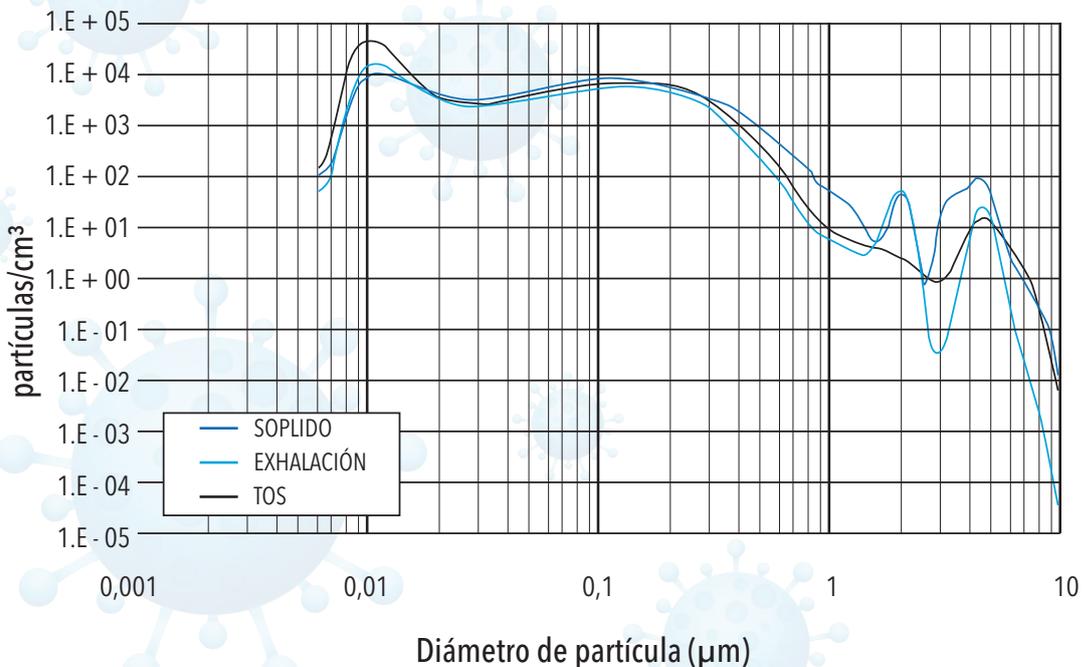
2.4. ¿Cómo se comportan por vía aérea?

Diversos estudios han demostrado que **la respiración, la tos y los estornudos pueden emitir partículas en condiciones de velocidad y duración específicas y diferenciadas**, siendo en su gran mayoría de tamaño pequeño (<2,5 μm) (7).

De esta manera, un estornudo o una tos van a generar mayor concentración de partículas a tamaños menores; mientras que la menor tasa de emisión se encuentra en las respiraciones nasales. En el caso de las conversaciones,

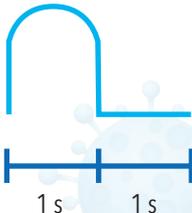
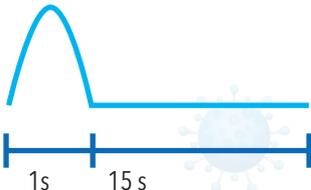
Gráfico 2.

Concentración numérica de partículas emitidas



Fuente: Propia. Ensayos INTA

Tabla 1.

Resumen de resultados obtenidos de varios estudios					
	Respiración nasal	Respiración por la boca	Tos (hombres)	Tos (mujeres)	Estornudo
Velocidad máxima	1,4 m/s	1,3 m/s	3,2-14 m/s	2,2-5,0 m/s	4,5 m/s
Distancia de propagación	0,6 m	0,8 m	0,31-0,64 m	0,16-0,55 m	0,6 m
Área de difusión	0,11 m ²	0,18 m ²	0,04-0,14 m ²	0,010-0,11 m ²	0,2 m ²
Tasa de expansión	0,16 m ² /s	0,17 m ² /s	0,25-1,4 m ² /s	0,15-0,55 m ² /s	2 m ² /s
Características	Liberación regular, continua y lenta en ambos casos Las variaciones se relacionan con los movimientos del tejido pulmonar y del diafragma		Se asume una tos controlada. Puede darse más de un evento Toser en el brazo no bloquea la emisión completamente, pero reduce la velocidad y redirige el flujo de aire, reduciendo la propagación		Un único evento explosivo a velocidades altas
Ciclo					

Fuente: Adaptada de Tang J. W et al. (2012-2013)(29)(30) y Teague. Airshield (2020)(31)

hay mayor disparidad debido a la inclusión de variables como el idioma (por la frecuencia e intensidad de vocales abiertas), la vocalización, pronunciación, el volumen y el tono de voz, etc.

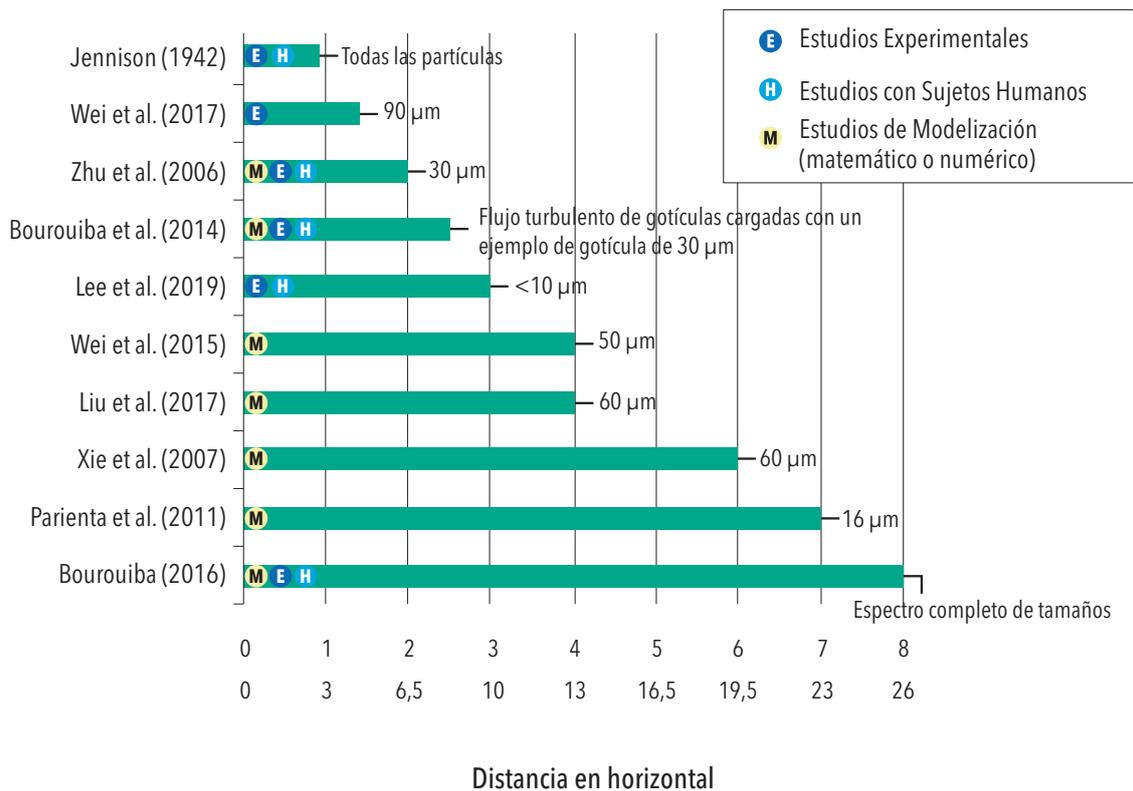
2.5. Extensión de la dispersión

Numerosas investigaciones realizadas sobre el transporte de fluidos y partículas emitidas desde el tracto respiratorio han demostrado que los metros de distancia de seguridad a mantener pueden variar en función de múltiples condiciones,

revelando la limitación científica todavía existente en cuanto a los protocolos de distanciamiento de seguridad establecidos por los organismos internacionales.

Bahl et al. (32) han realizado una revisión bibliográfica sobre las distancias recorridas por las gotículas exhaladas en diferentes estudios, llegando a la conclusión de que **factores como la viscoelasticidad del fluido de espiración, la velocidad de espiración, la tasa de evaporación y la dinámica de la turbulencia** generada durante la exhalación, el estornudo o la tos, **deben ser tenidos en cuenta.**

Gráfico 3.



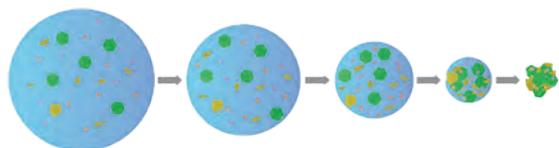
Fuente: Bah et al. (2020) (32)

A esto cabe añadir que el tamaño de una partícula exhalada es dinámica y varía en cuestión de segundos en el tránsito desde el tracto respiratorio al ambiente debido a la evaporación (12).

Una gotícula grande emitida por una tos o un estornudo puede convertirse en un aerosol en menos de un segundo debido a la dinámica del proceso de exhalación.

Otra consideración importante es el efecto de la temperatura, la humedad relativa, la ventilación, etc. que la gotícula o partícula se encuentra durante el proceso de dispersión. Por ejemplo, a mayor humedad relativa, menor será la extensión de la dispersión de la gotícula. Otros estudios muestran que, dependiendo de la dirección y el patrón del flujo de aire, un incremento en la tasa de ventilación puede reducir el riesgo de transmisión a gran escala.

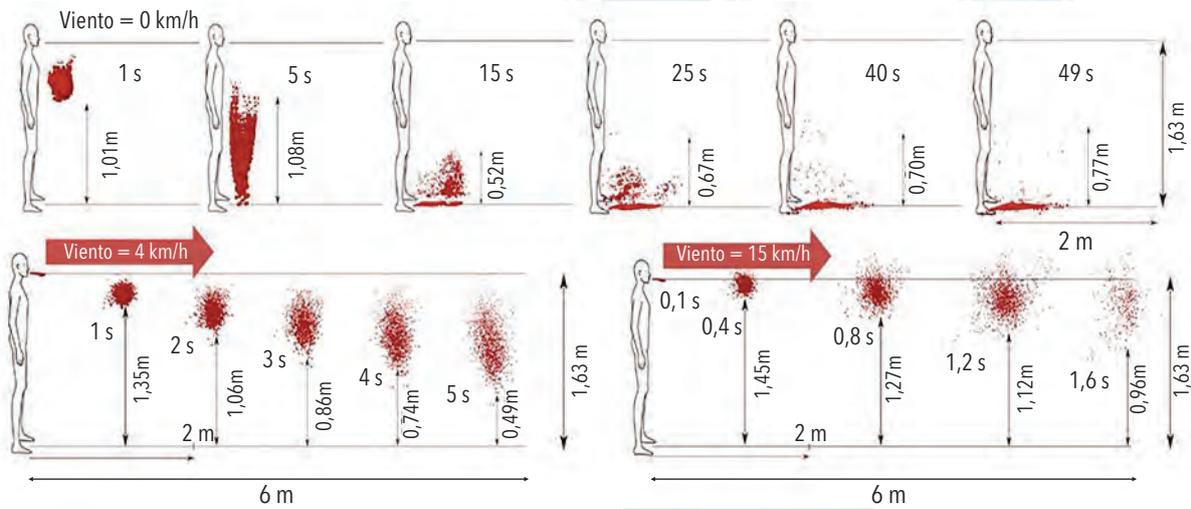
Ilustración 7.



Fuente: Verreault et al. (2008) (12)

Las gotículas y partículas gruesas de la tos o de la exhalación de una persona que esté de pie, estática y/o en un ambiente sin viento, pueden caer al suelo antes de alcanzar 1,5 m, lo que supone un riesgo menor en cuanto al contacto en adultos. Sin embargo, **con vientos de entre 4 y 15 km/h** estas distancias que recorren las gotículas de saliva pueden superar los **6 metros**, en función de la dirección del aire (33).

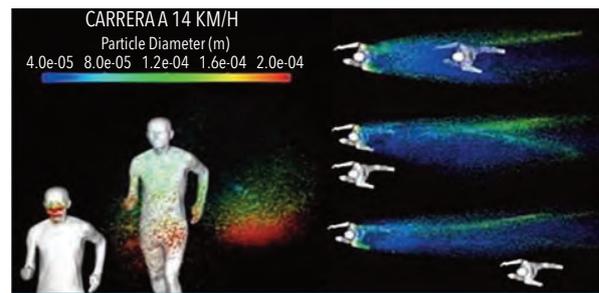
Ilustración 8.



Fuente: Dbouk y Drikakis (2020) (33).

En el caso de una persona que va detrás de otra **andando o corriendo** y en ausencia de viento, la distancia de seguridad mínima a mantener sería de **5 o 10 metros, respectivamente**; o, en su defecto, evitar la estela que genera la persona de delante (34).

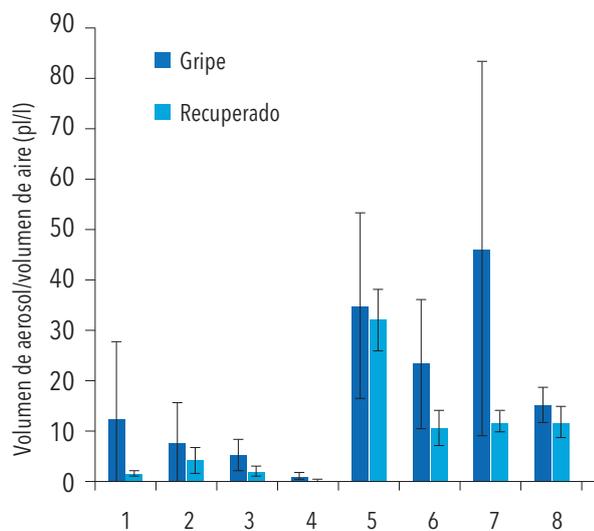
Ilustración 9.



Fuente: Blocehn et al. (2020) (34)

Gráfico 4.

Así mismo, al margen de las variaciones en la emisión de gotículas en función de cada situación e individuo, Lindsley et al. (2012) demostraron que la cantidad de aerosoles emitidos en una tos de pacientes enfermos de gripe es significativamente mayor que cuando están recuperados, independientemente de su volumen absoluto.



Fuente: Lindsley, W.G.(2012) (35)

3. Los coronavirus

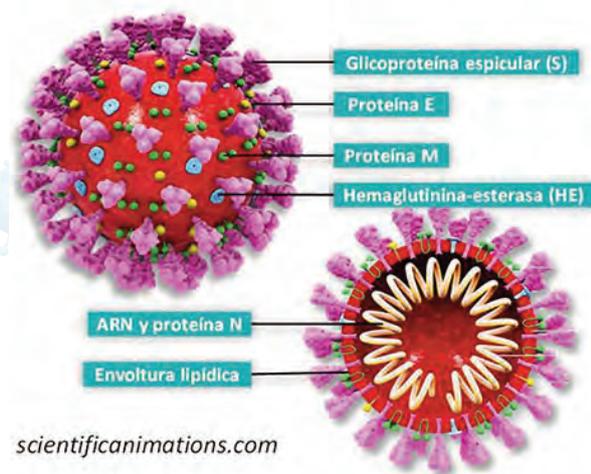
3.1. Conocer a un enemigo común

COVID-19 es el nombre otorgado a la enfermedad del coronavirus 2019 (del inglés, **CO**rona**VI**rus **D**isease-2019 por ser el 31 de diciembre de 2019 cuando se declaró la enfermedad).

Los coronavirus son una familia de virus conocidos como virus respiratorios; es decir, que provocan infecciones en el tracto respiratorio. Concretamente, este virus contiene ARN monocatenario (ssRNA(1)). Es un **beta-coronavirus** (beta-CoV) y puede producir cuadros clínicos que van desde el resfriado común hasta otros más graves con gran variación de síntomas que pueden llegar a producir el **Síndrome Respiratorio Agudo Grave** (SARS, del inglés *Severe Acute Respiratory Syndrome*), que le da nombre **SARS-CoV-2**.

Se caracteriza por su forma esférica y su envoltura lipídica, presentando diámetros de entre 60-140 nm (36). El genoma codifica cuatro proteínas estructurales: la S (spike protein), la E (envelope), la M (membrana) y la N (nucleocapsid) (15,37).

Ilustración 10.



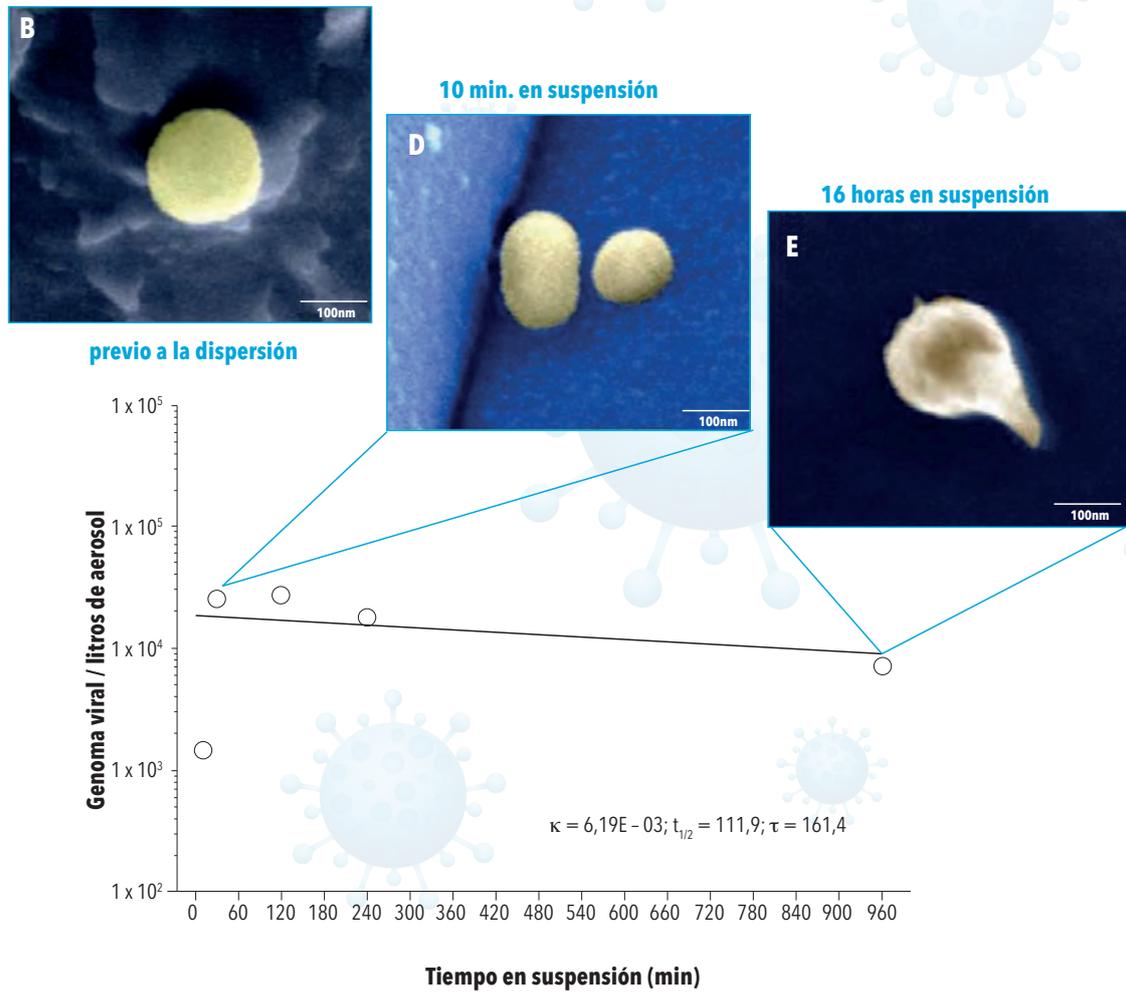
Fuente: Rajan A. (2020) (37)

Como vías de transmisión se sabe que el SARS-CoV-2 se propaga principalmente por gotas infecciosas emitidas al hablar, toser o estornudar directamente sobre una superficie mucosa o conjuntiva de una persona susceptible, o por contacto directo con superficies contaminadas por el virus por lo que se deben utilizar medidas de precaución por contacto. También durante los procedimientos generadores de aerosoles (PGA) existe un elevado riesgo de transmisión de los agentes infecciosos. Estos modos de transmisión no requieren ningún contacto físico entre la persona infectada y las personas susceptibles de serlo. Un estornudo, una tos, gritos, cantar energicamente, suspirar y/o exhalar con mayor intensidad favorece que las gotículas de líquido del tracto respiratorio cargado de virus de tamaño milimétrico afloren al exterior y lleguen a entrar en contacto con la persona susceptible de ser contagiada. Además, el virus puede ser portado al exterior del tracto respiratorio en forma de partículas sólidas residuales de gotas evaporadas, con tamaños submicrométricos, existiendo mayor riesgo de contagio en lugares pequeños cerrados o mal ventilados.

El virus no se dispersa entre la población de manera equilibrada. Mientras algunos contagiados pueden pasar desapercibidos, otros pueden afectar a grupos enteros, llegando a estimarse que **el 80% de transmisiones secundarias pueden deberse al 10% de individuos infectados (38)**. En consecuencia, desde las administraciones se ha informado sobre la posibilidad de **infecciones de COVID-19 realizadas mediante huéspedes asintomáticos**, que son aquellos que no presentan fiebre, malestar, toses continuadas, etc. Por tanto, ante la menor probabilidad de contacto por gotas producidas por la tos o el estornudo, cabe profundizar en las teorías del **contagio directo por transmisión aérea**, originadas mediante la respiración o el habla, e **indirecto por contacto de superficies infectadas**.

Hay estudios que indican que virus emitidos al aire permanecen suspendidos, activos y viables en forma de aerosol durante horas. Por tanto, una hipótesis posible, es que una conversación cara a cara con un individuo infectado asintomático, incluso si ambos individuos tienen cuidado de no tocarse, podría ser causa de transmisión de COVID-19 (39-41).

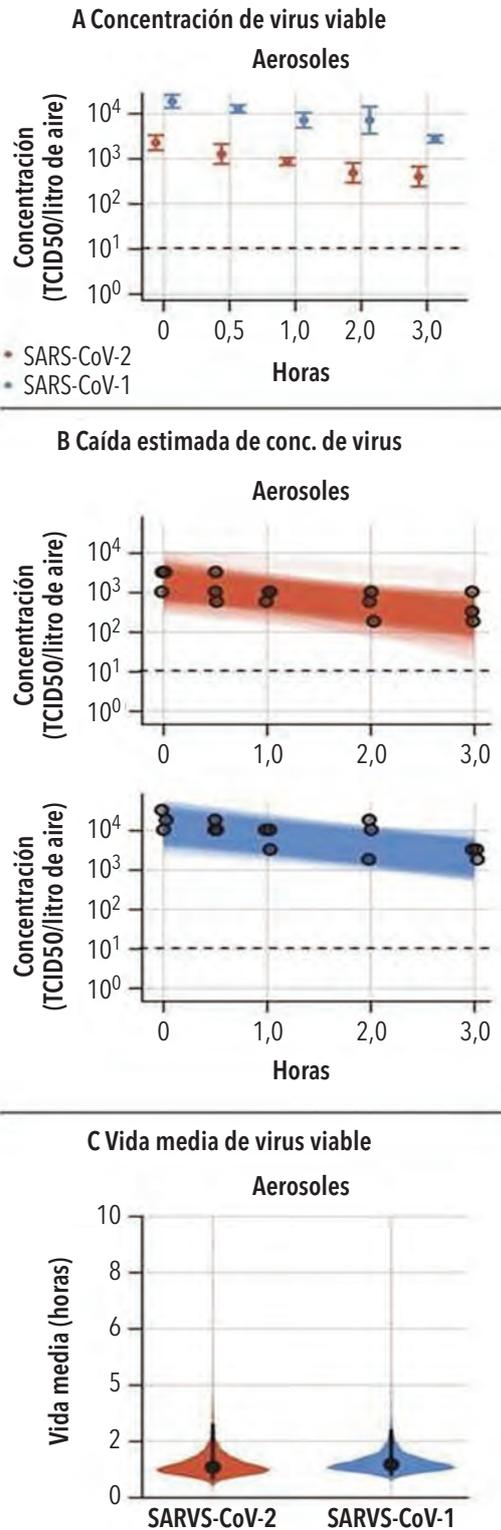
Ilustración 11.



Fuente: Adaptada de Fears A(2020) (39)

Por tanto, los mecanismos de producción de gotículas o bioaerosoles en el tracto respiratorio son de especial interés para conocer el método de transmisión de los virus, ya que van a influir en la cantidad de aerosoles exhalados y en su distribución de tamaños.

Gráfico 5.



Fuente: Fuente: Van doremalen (2020) (40)

El artículo publicado en Julio de 2020 por M. Klompas et al. sobre las consideraciones teóricas y evidencia disponible de la transmisión aérea del SARS-CoV-2 nos indica que los datos experimentales respaldan la posibilidad de que el SARS-CoV-2 pueda transmitirse por aerosoles incluso en ausencia de procedimientos generadores de aerosoles (42). Los investigadores han demostrado que hablar y toser produce una mezcla de gotas y aerosoles que puede permanecer en suspensión en el aire una determinada cantidad de tiempo.

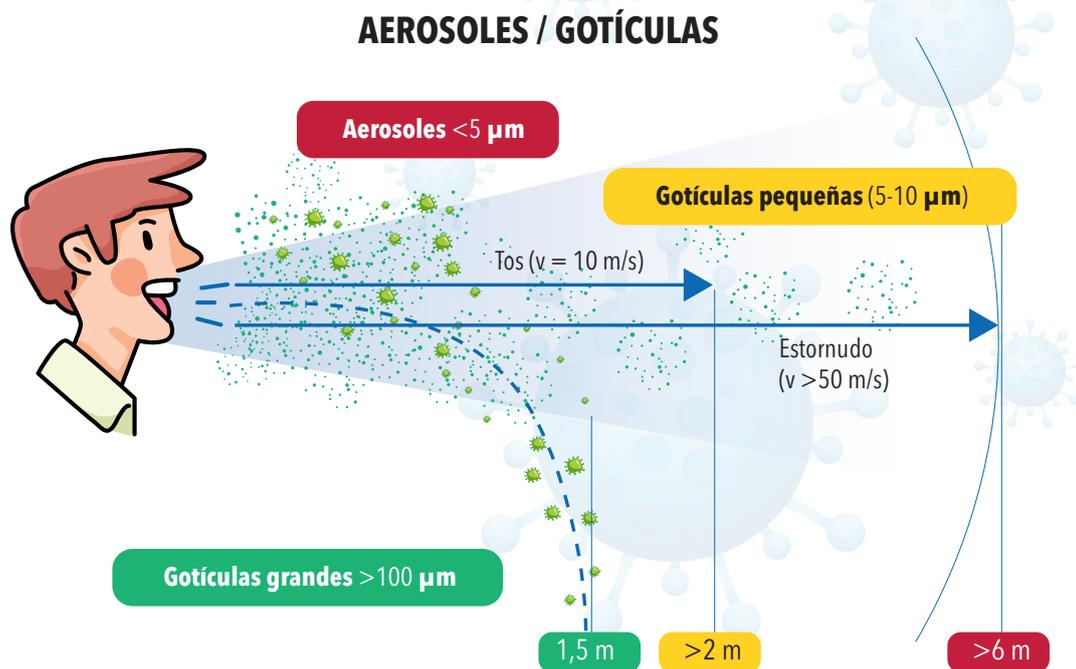
L. Morawska y D. K. Milton exponen en el informe de Oxford que ante la posibilidad de este riesgo de transmisión se deberían tomar las siguientes precauciones (43):

- Asegurar la suficiente ventilación e intercambio de aire exterior, evitando la recirculación en los sistemas de ventilación y manteniendo abiertas ventanas y puertas.
- Realizar controles, aplicar medidas que potencien la filtración y limpieza del aire mejorando así la calidad del mismo.
- Evitar las aglomeraciones y sobreaforos en transportes y espacios públicos interiores.

Para que la transmisión sea efectiva habría que tener en cuenta otras variables como la vía de exposición, el tamaño del inóculo, la duración de la exposición y las defensas del huésped. Por lo que como defienden Jones y Brousseau (44) **habría que tener en cuenta las siguientes premisas sobre la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles:**

1. Que los virus contenidos en los aerosoles estén en cantidad suficiente y demuestren su capacidad de generar infección.
2. Que los aerosoles generados por personas con una infección activa por SARS-CoV-2, contengan virus viables.
3. Que los tejidos diana a estos virus sean accesibles.

En relación a este último punto, el depósito de las partículas inhaladas en los pulmones ocurre principalmente por los siguientes mecanismos: impacto por inercia (partículas mayores de 5 μm), sedimentación por gravedad (partículas con un diámetro entre 1-3 μm) y movimiento Browniano (partículas menores de 0,5 μm de diámetro). El impacto por inercia es un mecanismo dependiente de velocidad, sin embargo, el depósito por sedimentación gravitacional y por movimiento Browniano son mecanismos tiempo-dependientes y son mas



Fuente: Adaptado de Sui Huang (2020) (24)

Debido a los fenómenos de transporte y dispersión de aerosoles, estas partículas finas y ultrafinas, pueden permanecer en suspensión durante horas, en ambientes cerrados y poco ventilados.

eficaces en la periferia del pulmón, donde el espacio aéreo es pequeño y el tiempo de residencia alto. Por tanto, se puede concluir que partículas de diferentes tamaños presentes en los aerosoles pueden alcanzar cualquier parte de las vías aéreas de los pulmones por diferentes mecanismos (25).

3.2 Estudios de infectabilidad por aire

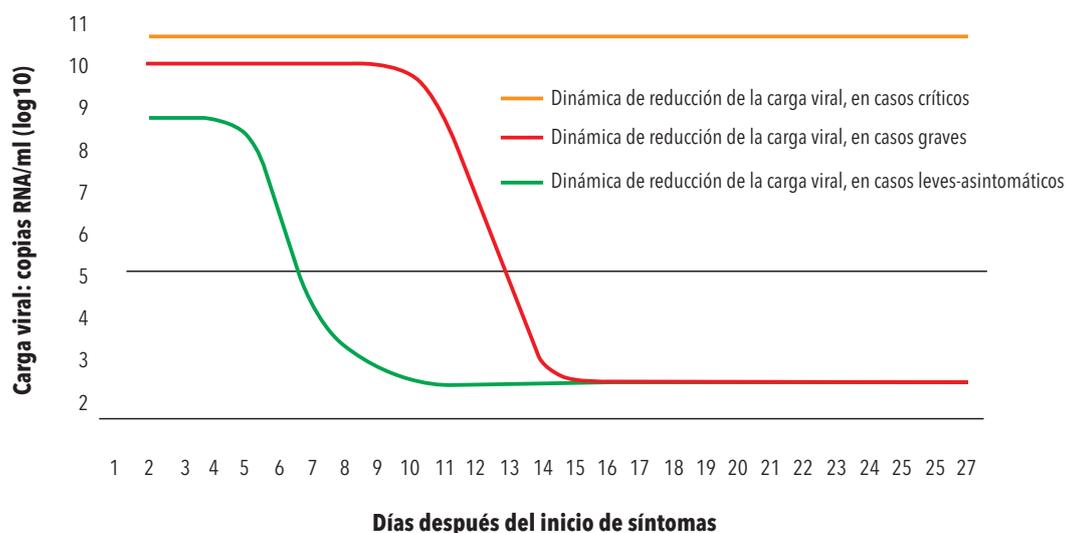
Uno de los paradigmas actuales es clarificar si las partículas en suspensión son contagiosas y cuál sería la capacidad infectiva de las mismas. Existe mucha incertidumbre a este

respecto y muchos autores se basan en la evidencia de estudios con SARS-CoV-1 por sus características similares. Sin embargo, **se estima que la carga infectiva de los aerosoles es mucho más escasa que en las gotículas** (del 1% al 0,01% según los estudios) (45).

Stadnytskyi et al. (46) han desarrollado un estudio en el que analizan la probabilidad sustancial de transmitir el virus a través del aire al mantener conversaciones en ambientes cerrados.

En sus resultados concluyen que, suponiendo un fluido oral con una carga vírica promedio de 7×10^6 copias/ml (máximo

Gráfico 6.



Fuente: Documento científico-técnico sobre el COVID-19(47)

2,35x10⁹ copias/ml), para el caso del SARS-CoV-2, la probabilidad de que una gotícula de 50 µm contenga al menos un virión (Partícula infectiva libre de los virus) es del 37%. Por su parte, para una gotícula de 10 µm de diámetro, este valor cae al 0,37%, y la posibilidad de que contenga más de un virión, es despreciable. En consecuencia, apuntan que la probabilidad de que una partícula de 1 µm de diámetro suspendida en el aire de forma indefinida contenga un virión es del 0,01%, con la carga viral media mencionada.

A pesar de ello, recalcan la limitación de su experimento, teniendo en cuenta además que la carga viral de los pacientes (entendida como las partículas de este coronavirus que se encuentra en un individuo infectado o en una muestra determinada del mismo) es muy variable aumentando dos órdenes de magnitud la carga viral media, las gotículas emitidas pueden aumentar en torno a 100000 viriones/minuto durante una conversación.

Este factor depende a su vez del estado en el que se encuentre la persona infectada, ya que el estudio anterior hace referencia a la carga viral media del esputo tras 28 días de enfermedad. Otros estudios (48) han calculado cargas virales de hasta 1011 copias/ml (108-9 copias/ml promedio) en los

primeros días de presentación de síntomas, y de 108 copias/ml en personas asintomáticas. Esto último demuestra que **un sujeto asintomático contagiado de SARS-CoV-2 puede presentar una tasa alta de emisión de carga viral durante una conversación.**

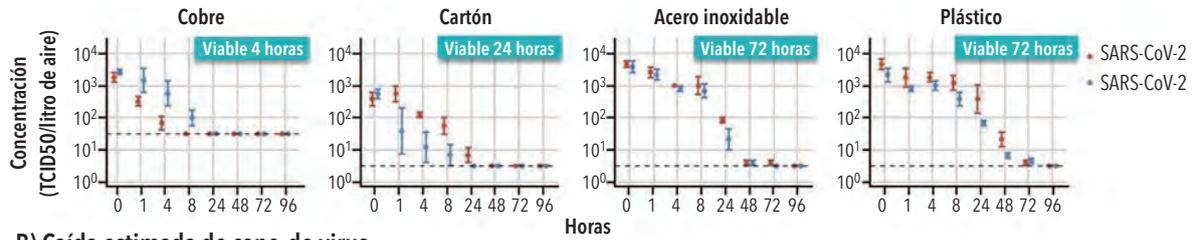
3.3. Estudios experimentales de viabilidad del virus

La viabilidad del SARS-CoV-2 tanto en interiores como en entornos exteriores va a ser el condicionante de los mecanismos de contagio indirecto y **va a depender principalmente de las condiciones ambientales de temperatura y humedad** (49).

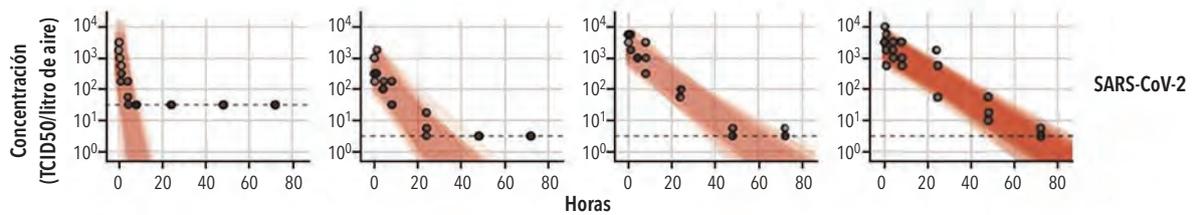
Chin et al. (50) establecieron que el virus es muy estable a temperaturas bajas de 4°C, manteniéndose viable hasta 14 días después de la incubación. Esto podría justificar el alto número de brotes en instalaciones de procesamiento de carne y conservación de alimentos (51). Sin embargo, **es muy sensible al calor**, ya que al aumentar hasta los 70°C el tiempo de inactivación se ve reducido a 5 minutos.

Gráfico 7.

A) Concentración de virus viable

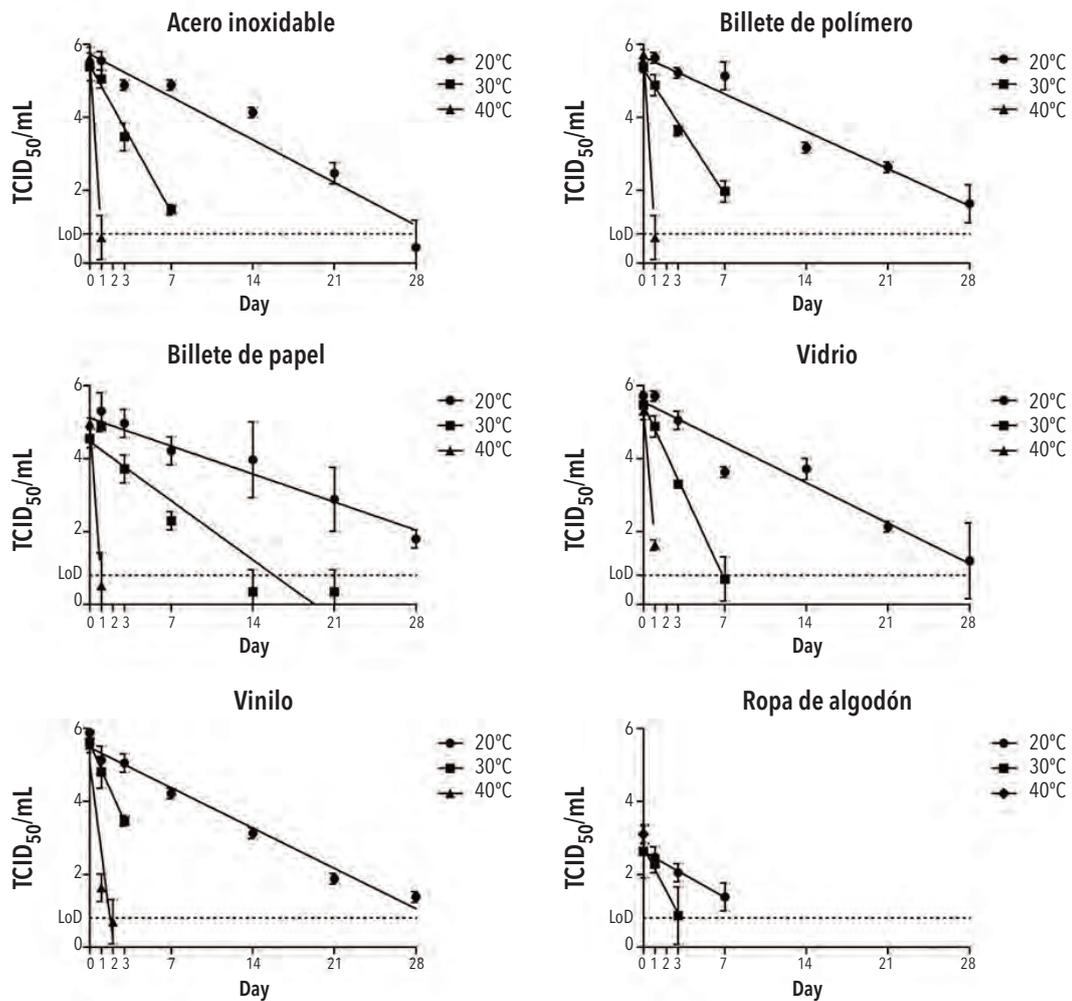


B) Caída estimada de conc. de virus



Fuente: Van Doremalen (2020)(40)

Gráfico 8.



Fuente: Ridell S.(2020)(51)

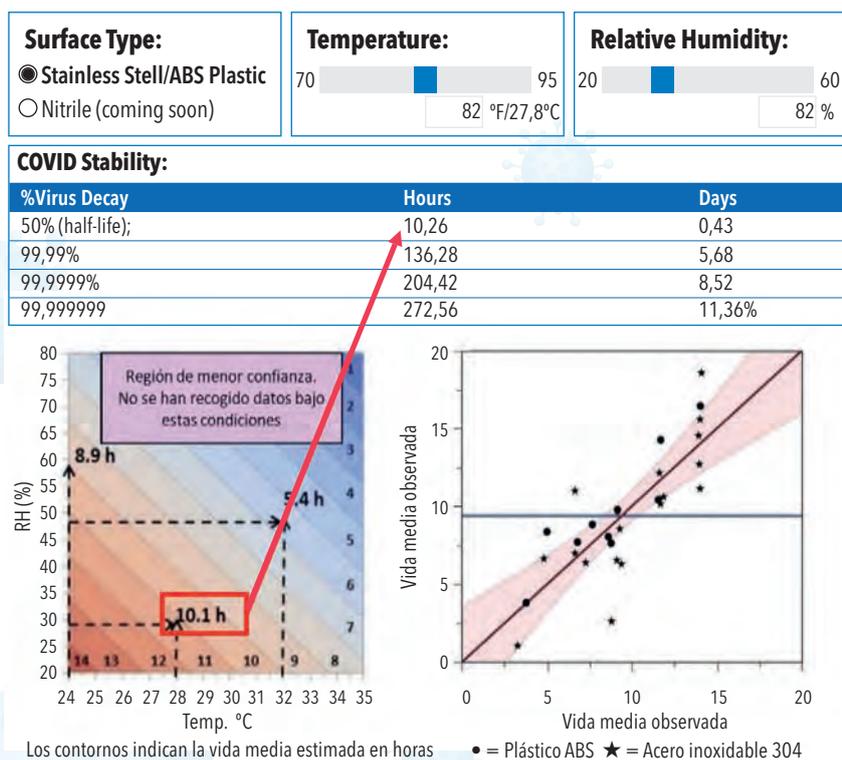
Además, la **viabilidad en superficies**, va a depender del tipo de material en el que se encuentre depositado. Se ha visto que el virus es más estable en superficies lisas y no porosas. Así, encontramos que **el SARS-CoV-2 presenta mayor viabilidad sobre el plástico y el acero inoxidable** en comparación con el cobre, el cartón, el cristal o la ropa, llegando a tener carga vírica hasta un máximo de 7 días después de su aplicación con un valor de CT (Cycle threshold) inicial en torno a 20 (40,52). Otras investigaciones (51) han demostrado que con valores de CT inferiores, la tasa de persistencia puede alcanzar los 28 días a temperatura ambiente (20 °C) y humedades relativas del 50%. De esta manera, materiales utilizados en la actividad diaria como son los billetes de papel o de polímero, el cristal y el vinilo de las pantallas táctiles contaminadas con fómites de CT aproximados de 14 pueden mantener el virus viable hasta 28 días después de haber sido depositado. Estas ta-

sas se han visto reducidas con el aumento de la temperatura, siendo menores de 48 horas a 40 °C. En consecuencia, este tipo de estudios destacan la necesidad de llevar a cabo la desinfección continua de superficies y de mantener una correcta higiene de manos.

3.3.1. Presencia del virus en espacios interiores

En lo referente a la **transmisión del SARS-CoV-2 como aerosol submicrométrico**, cada vez son más los estudios que señalan el posible contagio mediante este modo. Especialmente, se está analizando su capacidad infectiva en **espacios interiores**, donde el virus sí se ha podido mantener viable y suspendido en forma de aerosol, dispersándose en función de las corrientes de aire y el ambiente del entorno según deducciones preliminares.

Gráfico 9.



SARS-CoV-2 Decay Calculator

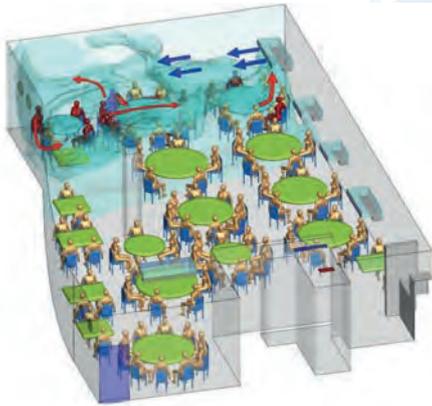
DHS S&T ha desarrollado un modelo predictivo que estima la vida media del virus SARS-CoV-2 en diferentes superficies bajo una condiciones de temperatura (21–35°C) y humedad (20–60%) determinadas.

Con esto, S&T y CWMD pretenden proporcionar una herramienta de soporte para todos los profesionales de Prevención de Riesgos Laborales para la evaluación de posibles riesgos, la limpieza y la desinfección de acuerdo a la Guía de Limpieza y Desinfección publicada por CDC y EPA.

Fuente: DHS S&T (2020) (53) y CDC/EPA (54)

El estudio de un brote de COVID-19 en Guangzhou (China) realizado por Li et al. (2020) sugiere que 9 personas de tres familias diferentes que se encontraban repartidas en mesas contiguas en un restaurante pudieron ser contagiadas por uno de ellos, enfermo asintomático. Todo ello debido a una recirculación del aire provocada por el aire acondicionado, así como a una falta de ventilación de aire del exterior. De igual manera, Park et al. (2020) ha analizado un brote centralizado en un edificio de oficinas de Corea del Sur, donde 97 personas entre trabajadores, residentes y visitantes han sido confirmadas como contagiadas. Siendo 94 de ellas trabajadores de un centro de llamadas de la misma planta.

Ilustración 13.



Fuente: Li et al. (2020)(55)

Ilustración 14.



Fuente: Park et al. (2020)(56)

Diamond Princess y Grand Princess

El 5 de febrero de 2020 el crucero Diamond Princess fue puesto en cuarentena en el puerto de Yokohama con pasajeros y miembros de la tripulación, ya que un pasajero que desembarcó el 25 de enero fue confirmado positivo de la COVID-19. El resultado fue un 19,2% positivos de SARS-CoV-2, con el 46,5% asintomáticos. De las personas con sintomatología, 37 necesitaron cuidados intensivos y 9 fallecieron.

El crucero Grand Princess, que partía de San Francisco (EE.UU.) realizó dos viajes (A, 11 de febrero, y B, 21 de febrero) con una parte de los pasajeros y la tripulación sin desembarcar. El 4 marzo un pasajero del trayecto A fue confirmado positivo por COVID-19 obligando al barco a permanecer en cuarentena. Tanto del viaje A como del B se han identificado casos positivos de contagio. Más de 800 casos de COVID-19 confirmados ocurrieron durante los brotes de tres viajes de crucero, así como varios casos adicionales ligados a cruceros de Estados Unidos.

Esta transmisión ha tenido lugar de barco a barco entre la tripulación y entre pasajeros, alcanzando 10 fallecimientos a 27 de marzo. Estos casos demuestran la rápida dispersión de la enfermedad.

Ilustración 15.



Fuente: Moriarty et al. (57) (2020)

El Coro de Skagit County, Washinton

Tras una actuación de 2 horas y media de un coro, atendido por 62 personas, siendo uno de los miembros un contagiado sintomático, se dieron 32 casos confirmados y 20 de alta probabilidad por sintomatología compatible (tasa de contagio = 53,3 – 86,7%). Tres pacientes fueron hospitalizados y dos fallecieron. La transmisión del SARS-CoV-2 en este caso se ha visto agudizada por la proximidad entre personas (menos de 2 metros) durante el acto, así como por el hecho de cantar, que contribuye a la transmisión de aerosoles al aumentar la vocalización (58).

Otro ejemplo es el caso del coro gospel de Sallent que sufrió un brote con 22 afectados tras realizar un ensayo en el que no todos usaron mascarillas en todas las canciones (59).

La gravedad de los eventos de “super dispersión” señalan la importancia de la distancia física y de evitar la concentración de grandes grupos a la hora de controlar la dispersión de la COVID-19.

3.3.2. Estudios realizados en centros sanitarios

El gran número de sanitarios contagiados por el SARS-CoV-2 y la posible vía de transmisión del virus mediante aerosoles, ha dado pie a caracterizar el aire ambiente de

diferentes entornos hospitalarios y clínicos para proporcionar más información y establecer recomendaciones sobre los usos adecuados de equipos de protección personal (EPI) y productos sanitarios (PS) en función de la actividad que se desarrolla con pacientes y su ubicación. Existen estudios realizados en este ámbito que concluyen con la existencia de discrepancias debido a la falta de conocimiento y la necesidad de aumentar el número de investigaciones. Con el objetivo de arrojar un mayor conocimiento sobre la generación de aerosoles en relación con las intervenciones que se hacen sobre pacientes COVID19, el Consejo General de Enfermería (CGE) y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), en colaboración con el Hospital 12 de Octubre y el Centro Nacional de Biotecnología del CSIC (CNB-CSIC) están llevando a cabo un proyecto de caracterización de aerosoles y evaluación de carga vírica en aire en diferentes zonas hospitalarias. Los muestreos son llevados a cabo en diversas áreas del Hospital 12 de Octubre, donde pueda realizarse una caracterización de intervenciones lo más amplia posible.

En el gráfico 10 mostrado a continuación. Se aprecia que intervenciones como el manejo de la ventilación mecánica invasiva, mediante el cambio de la tubuladora del respirador, pueden producir un aumento de la concentración numérica de partículas en todo el espectro de diámetros analizados; siendo destacable en rangos menores de 90 nm y superiores a 1 µm.

Ilustración 16.



Fuente: Hamner et al. (2020) (58)

Ilustración 17.



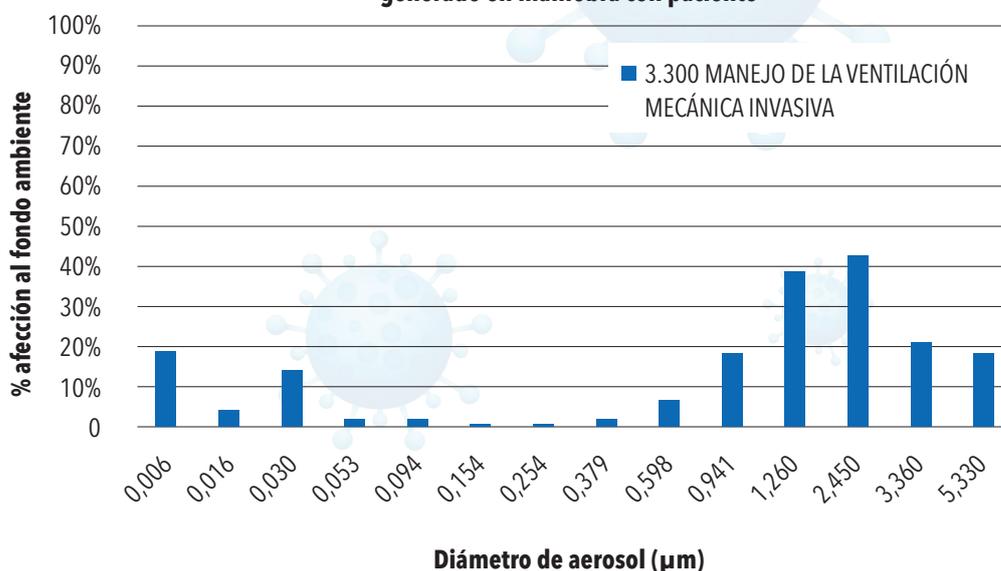
Ilustración 18.



Fuente: Propia. Proyecto CGE-INTA

Gráfico 10.

Variación del fondo ambiente en función del aerosol generado en maniobra con paciente



Fuente: Propia. Proyecto CGE-INTA

Estos aerosoles generados durante las intervenciones en pacientes, pueden ser vehículos portadores de la partícula del SARS-CoV-2 favoreciendo su dispersión y permanencia en el ambiente. Entre los análisis realizados para la determinación aérea del virus, cabe destacar el ensayo piloto en aire realizado en el Área de Evaluación de Infecciones Respiratorias del SHCC (*Student Health Care Center*) de la Universidad de Florida (EE.UU.)(60), que ha presentado **evidencias de la presencia del virus SARS-CoV-2 como aerosol al haber sido localizado a 3 metros de distancia de la zona más próxima de tránsito de pacientes.** A pesar de que la carga viral obtenida no ha sido elevada, han conseguido determinar por primera vez la secuencia genética completa del virus a partir de una muestra de aerosol. Por lo

tanto, **los resultados arrojan viabilidad a rastrear la progresión de la pandemia mediante el muestreo de aerosoles en el aire ambiente.**

De igual manera, un estudio realizado en dos hospitales de Wuhan (61) muestra la **presencia de aerosol vírico** no sólo en el Área de Cuidados Intensivos, sino **en las zonas comunes del personal sanitario como vestuarios, oficinas y salas de reuniones**, y da importancia a la resuspensión del virus procedente de los equipos de protección de los trabajadores.

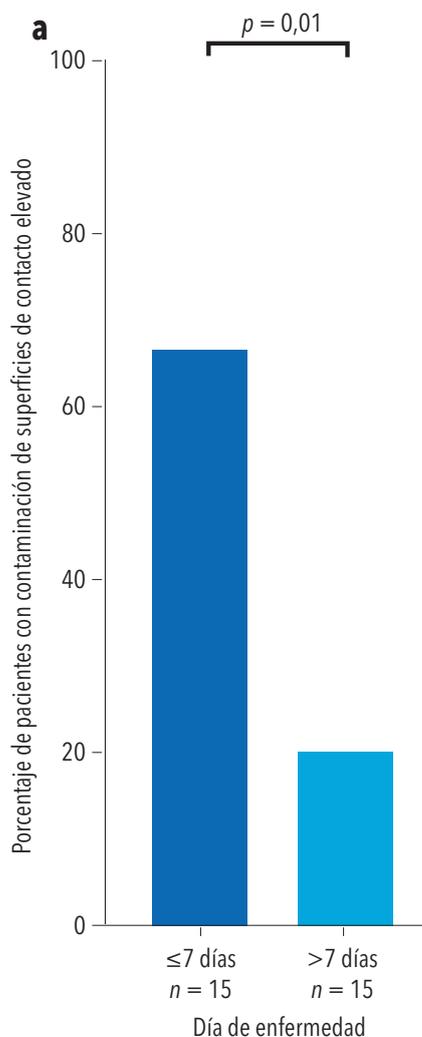
Por otro lado en un hospital de Nebraska, se analizaron las muestras aéreas de pacientes ingresados en habitaciones con presión negativa, detectándose ARN viral tanto en las

superficies cercanas del paciente, como a dos metros, aunque en ninguna de ellas se logro cultivar el virus (62).

Con estas investigaciones pioneras, el interés por examinar virus viable en forma de aerosol en entornos hospitalarios a través del muestreo directo del aire ha aumentado a lo largo de los meses de la pandemia. A pesar de las complejidades que presentan este tipo de investigaciones, varios han sido los resultados positivos en SARS-CoV-2 que dan pie a la necesidad de continuar el análisis en este campo (63-64).

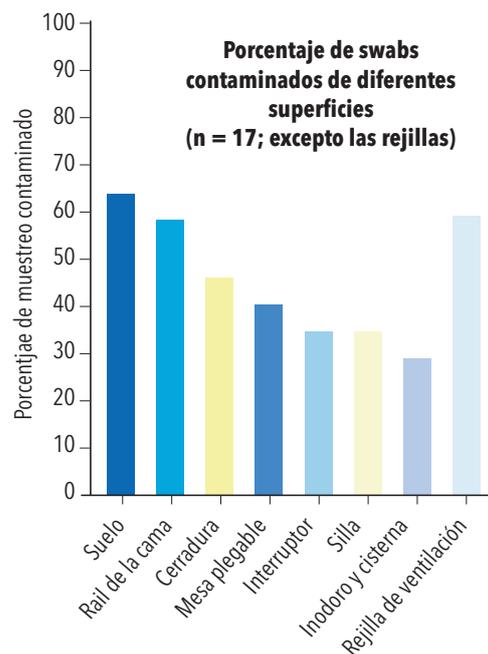
Chia et al. (65) han realizado muestreos en varias superficies de las habitaciones de aislamiento por infecciones respiratorias y unidades de cuidados intensivos (UCIs) de diferentes

Gráfico 11.



Fuente: Chia et al. (2020)(65)

Gráfico 12.



Fuente: Chia et al. (2020)(65)

hospitales pudiendo correlacionar la distribución del tamaño de partícula en el aire con el periodo de la sintomatología y la carga viral nasofaríngea de los pacientes de COVID-19.

Los resultados obtenidos concluyen que **la presencia del SARS-CoV-2 en el aire puede ser detectada durante la primera semana en la que aparecen los síntomas, con tamaños de 1-4 µm o superiores en pacientes en el día 5 de enfermedad.** (Gráfica 11)

Cabe destacar que la presencia de virus en las rejillas de ventilación, que no son fácilmente accesibles como para establecer un contacto, **da pie a la confirmación de la presencia del SARS-CoV-2 en forma de aerosol.** (Gráfica 12)

De manera general, los estudios realizados sobre la viabilidad del SARS-CoV-2, han encontrado mucha dificultad metodológica para captar el virus y posteriormente cultivarlo, atribuible al daño que puede sufrir el virus durante su recogida. De ahí la importancia de un estudio piloto realizado por el Instituto Murciano de Investigaciones Biosanitarias (IMIB-Arrixaca)(66) que ha presentado muestras de virus viable en unidades habilitadas para pacientes COVID-19 de un hospital español, a partir de unas “trampas COVID-19” fabricadas en

Ilustración 19.

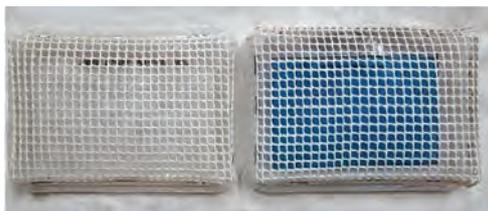


Ilustración 20.



Fuente: Orenes-Piñero E (2020) (66)

diferentes materiales que se habían posicionado en diferentes lugares cerca de los enfermos. El resultado ha sido que 2 de las 12 “trampas” han obtenido PCRs positivas tras 72 horas de exposición, correspondiendo con pacientes que presentaban Ct de 20-21 y llevaban cánulas nasales de oxígeno.

Por otro lado, se ha realizado un estudio que utiliza simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) para determinar la capacidad de una máscara para reducir la velocidad del

flujo de gas exhalado y capturar partículas durante terapia de ventilación no invasiva (67).

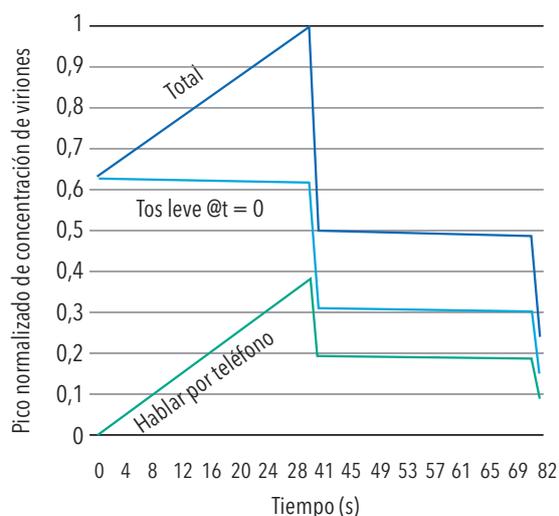
Estas simulaciones sugieren que la velocidad del flujo de aire exhalado de los pacientes que reciben este tipo de terapias puede ralentizarse sustancialmente mediante el uso de algún dispositivo facial como las mascarillas, con la consiguiente reducción de la dispersión de partículas, como se verá a continuación.

3.3.3. Análisis de otros espacios confinados

Gráfico 13.

Estudios en otras tipologías de entornos cerrados, demuestran que, incluso sin necesidad de compartir un mismo espacio temporal con otra persona, se están generando zonas de especial riesgo de contagio por aerosol en suspensión.

Durante un trayecto en un ascensor, un pasajero que no lleve mascarilla puede exhalar pequeñas gotículas. En el caso de que el virus sea portado por aerosoles micrométricos y submicrométricos, estos pueden permanecer confinados en el aire hasta que un nuevo pasajero acceda al ascensor y entre en contacto con ellas.

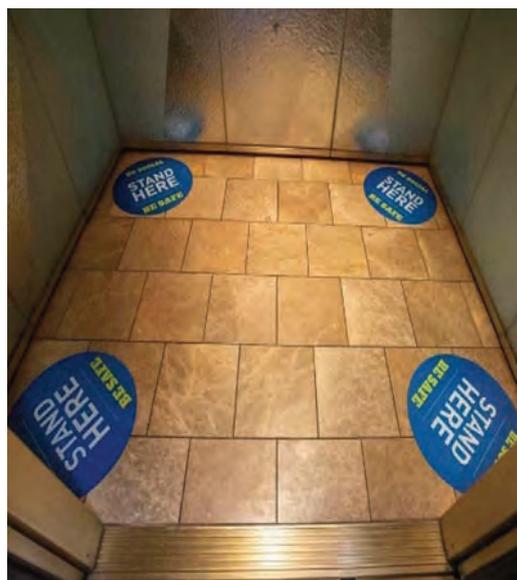


Fuente: Dr. Richard Corsi (@CorIAQ)

El porcentaje de partículas virales (con tamaño e infectividad) a las que se exponga el nuevo pasajero variará en función del tipo de ascensor, el sistema de ventilación, el tiempo en el que las puertas permanezcan abiertas y las diferencias de presión de aire. Sin embargo, este ejercicio demuestra el riesgo real que puede aparecer en entornos cerrados donde no existe necesidad de coincidir con otras personas.

Desde el programa de Edificios Sanos de la Escuela de Salud Pública de Harvard (T.H. Chan School) han tenido en cuenta estos casos y establecido algunas recomendaciones de buenas prácticas: 1) llevar mascarilla; 2) montar al ascensor siguiendo un patrón; 3) dirigirse al centro; 4) anunciar la planta a la que se dirige; 5) la persona más cercana a los botones selecciona usando los nudillos; 6) no hablar; 7) evitar toser y estornudar; 8) toser y/o estornudar en el codo con la mascarilla; 9) al abrirse las puertas, crear un pasillo de salida, si hace falta se debe salir del ascensor para permitir el acceso.

Ilustración 21.



Fuente: Allen, J (2020) (68)

3.4. Posicionamiento nacional e internacional ante la viabilidad de transmisión aérea

En el documento técnico del 30 de julio de 2020 publicado por el Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social titulado “Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la de la propagación del SARS-CoV-2” se indica:

Transmisión aérea: La transmisión aérea por aerosoles (gotas pequeñas, microgotas menores de 5 micras) se produce por partículas que permanecen suspendidas en el aire durante un tiempo variable, a una distancia mayor de 2 metros y especialmente en lugares cerrados con ventilación escasa. Estos aerosoles pueden generarse a partir de la evaporación de gotas mayores y también cuando se habla o se respira. Para el caso del SARS-CoV-2 todavía se desconoce qué proporción de aerosoles se generan por evaporación de gotas mayores y qué dosis de virus viable se considera infecciosa en estos aerosoles. Del mismo modo, la detección de ARN del SARS-CoV-2 en las partículas de aerosol no significa necesariamente que exista un número suficiente de virus viables con capacidad infecciosa. A pesar de que se han realizado estudios experimentales, para el SARS-CoV-2, la OMS establece que no hay evidencia suficiente sobre la trans-

misión del SARS-CoV-2 por vía de aerosoles menores de 5 micras fuera de los entornos sanitarios donde se realizan procedimientos generadores de aerosoles y que se necesitan datos basados en nuevas investigaciones que esclarezcan el papel y el grado de la transmisión del SARS-CoV-2 asociado a este fenómeno (69).

El Ministerio de Sanidad ha publicado recientemente (18 de Noviembre), un documento técnico sobre “Evaluación del riesgo de la transmisión del SARS-CoV-2 mediante aerosol. Medidas prevención y recomendaciones” (25), en donde permiten afirmar que la transmisión del virus SARS-CoV-2 por aerosoles debe considerarse una vía de transmisión, tras las evidencias encontradas hasta la fecha. Por lo tanto se puede establecer que:

- Los aerosoles generados por personas con infección activa por SARS-CoV-2 contienen virus viables.
- Los virus contenidos en los aerosoles tienen capacidad de generar infección sobre todo en determinadas circunstancias: en proximidad al caso índice durante tiempo prolongado y en espacios cerrados y mal ventilados.
- Los tejidos diana son accesibles, para aerosoles de cualquier tamaño con puertas de entrada en cualquier lugar del tracto respiratorio.

Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC) han publicado con fecha 5 de Octubre, una nueva **actualización sobre el coronavirus en la que reconocen la posibilidad de contagios por aire**, aunque destaca que no es la forma más frecuente de transmisión. **“Algunas infecciones por COVID-19 pueden ser por exposición al virus en pequeñas gotas y partículas que pueden durar en el aire desde minutos a varias horas”**, han publicado los CDC en su página web.

En otra publicación del 8 de diciembre denominada “Ventilación CDC” incluye una lista de intervenciones de ventilación que pueden ayudar a reducir la concentración de partículas virales en el aire, como las del SARS-CoV-2 (70). Según informes publicados y que se han ido mencionado a lo largo de este libro, muestran circunstancias limitadas y poco co-

munes en las que las personas con COVID-19 infectaron a otras que estaban a más de 1,8 m de distancia o poco después de que la persona con COVID-19 positivo abandonara un área. En estos casos, la transmisión ocurrió en espacios cerrados y con poca ventilación que a menudo involucraban actividades que causaban una respiración más pesada, como cantar o hacer ejercicio. Dichos entornos y actividades pueden contribuir a la acumulación de partículas portadoras de virus.

Según Prather et al. (7), existe evidencia abrumadora de que la inhalación del SARS-CoV-2 representa una vía de transmisión importante para la enfermedad por coronavirus 2019, por lo que insta a reconocer esta vía para garantizar las estrategias de control más eficaces y proporcionar una orientación clara y coherente al público.

El SARS-CoV-2 se transmite principalmente entre las personas a través de las vías respiratorias (gotitas y aerosol) y de las vías de contacto. El riesgo de transmisión es mayor cuando las personas se encuentran muy cerca (a menos de 2 metros). La transmisión por vía aérea puede producirse en los entornos sanitarios y de atención de la salud en los que se realizan procedimientos o tratamientos de apoyo que generan aerosoles. **La transmisión por aerosol también puede ocurrir en espacios interiores mal ventilados, en particular si las personas están juntas en la misma habitación durante un período de tiempo prolongado.**

4. Ventilación, purificación del aire y distancia social

Conforme a la revisión bibliográfica y conclusiones derivadas de los múltiples estudios científicos que han estudiado la transmisión de la infección por el modo aerosol, se pone de manifiesto que **los entornos congestionados y la falta de ventilación, relacionado con el tiempo de exposición, están asociados con brotes de infecciones respiratorias** (71), siendo los causantes de los grandes eventos de contagios. Por tanto, **es obvia la importancia de la ventilación y aireación y los beneficios de un sistema de ventilación efectivo** para reducir el riesgo de infección en interiores, pudiendo mejorarse con sistemas de desinfección y filtrado de aire, así como potenciar las actividades al aire libre.

En el Documento Técnico coordinado por el Ministerio de Sanidad y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico —a través del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)— (72), se han propuesto un total de **17 recomendaciones para impulsar actuaciones adecuadas que puedan tener un papel relevante a la hora de minimizar la transmisión de los contagios en el interior de los edificios**. Entre estas medidas se hace incapié en:

- i. la importancia de aumentar la ventilación o reducir la ocupación de los mismos;
- ii. mantener el sistema de ventilación en condiciones óptimas verificando la existencia de una correcta aportación de caudal y el buen uso del sistema de control;
- iii. aumentar la ventilación natural;
- iv. integrar sistemas de filtración HEPA;

- v. mantener los sistemas operando de manera continua durante la ocupación y uso de los locales;
- vi. dotarse de sistemas de filtración (HEPA, según norma UNE1822) y purificación portátiles en aquellos sitios donde no existan instalaciones de ventilación.

El documento de posicionamiento de **ASHARE** (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.*) sobre Aerosoles infecciosos y los sistemas de prevención contra la pandemia COVID-19 recoge que **“la transmisión del SARS-CoV-2 por el aire es lo suficientemente probable como para que la exposición por vía aérea al virus deba ser controlada”** y que **“la ventilación y filtración por los sistemas e instalaciones de climatización, calefacción y ventilación pueden reducir la concentración de SARS-CoV-2 en el aire y, por tanto, el riesgo de transmisión por vía aérea”**. Esta Asociación Estadounidense sobre Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado, así como su homóloga en Europa **REHVA** (*Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations*), han publicado sendos documentos (73-74) que identifican líneas estratégicas para controlar la transmisión del virus en edificios y otros entornos cerrados. Se trata de unas recomendaciones que deben ser complementarias a otras guías como las presentadas por la OMS y los estándares de ventilación y calidad de aire ASHRAE 62.1, 62.2 y 170. Entre las estrategias identificadas se encuentran las siguientes, que deben ser instaladas y supervisadas por personal cualificado:

- Optimización de los patrones de flujos de aire.

Ilustración 22.



- Flujos direccionales de aire.
- Presurización de zonas.
- Ventilación por dilución, por extracción general, por extracción localizada en la fuente o personalizada.
- Sistemas de purificación de aire.
- Sistema central de filtración.
- Radiación UVGI.
- Control de la temperatura interior y de la humedad relativa.

- Uso de medidores de CO₂ para reconocer precozmente la necesidad de ventilar.

Ante la posibilidad de la emisión de aerosoles con SARS-CoV-2, es muy importante mantener la distancia social establecida y ser consciente de que en ambientes cerrados y mal ventilados esta distancia puede ser insuficiente por lo que habría que aumentarla para reducir el riesgo. En lugar de reglas únicas de una distancia fija, investigadores de la Universidad de Oxford han propuesto recomendaciones graduales que reflejan mejor los numerosos factores que determinan el riesgo en diversas situaciones. De esta forma puede establecerse una protección mayor en entornos de alto riesgo, pero también más libertad en entornos más seguros.

5. La importancia de las mascarillas

La Organización Mundial de la Salud ha establecido **las mascarillas como una herramienta fundamental para la protección respiratoria y como protección comunitaria a la hora de abordar la pandemia de la COVID-19**. El uso de mascarillas no es solo recomendable en entornos sanitarios, ya que está demostrando ser efectivo en la prevención del contagio en la sociedad general. En Austria, por ejemplo, el número de casos de enfermos de COVID-19 se redujo en un 90% en dos semanas tras la obligatoriedad del uso de mascarillas desde el 6 de Abril (75). En España, tras la revisión bibliográfica realizada por el Ministerio de Sanidad, se reconoce que hay evidencias acerca de la eficacia de su uso generalizado, comparando la incidencia de transmisión en periodos sin mascarilla frente a periodos con mascarilla, a pesar de no poderse realizar ensayos aleatorios en situaciones reales, pero estudios experimentales demuestran la reducción de la emisión de virus con el uso de mascarilla (25).

Richard Davis, doctor del Laboratorio de Microbiología Clínica del Hospital Providence Sacred Heart de Washington ha comprobado la eficacia de una mascarilla quirúrgica a la hora de combatir el contagio de microorganismos exhalados en forma de gotículas. En este experimento estornuda, canta y habla du-

rante un minuto y tose dos veces a pocos centímetros de una placa de cultivo en dos ocasiones: sin la mascarilla y con ella puesta. Los resultados se muestran en la ilustración 25 (76).

En un segundo experimento similar (ilustración 25), colocando placas de cultivo a 2, 4 y 6 pies (0,6, 1,2 y 1,8 metros, respectivamente) de distancia de su cara tosió con fuerza durante 15 segundos con y sin mascarilla. Aunque las diferencias no son tan llamativas, se observa claramente cómo las microgotas con bacterias suspendidas alcanzan la placa colocada a dos pies, y apenas deja rastro de contaminación en la placa colocada a seis pies de distancia.

Davis recalca que la presencia de bacterias —no de virus— en las placas, pretende ser sólo una demostración de los microbios presentes en gotículas respiratorias. De forma similar, aerosoles más pequeños, que podrían llevar virus como el SARS-CoV-2, también se producen por la tos, estornudos, etc. pudiendo recorrer mayores distancias y permanecer en el aire más tiempo que gotículas respiratorias de mayores tamaños.

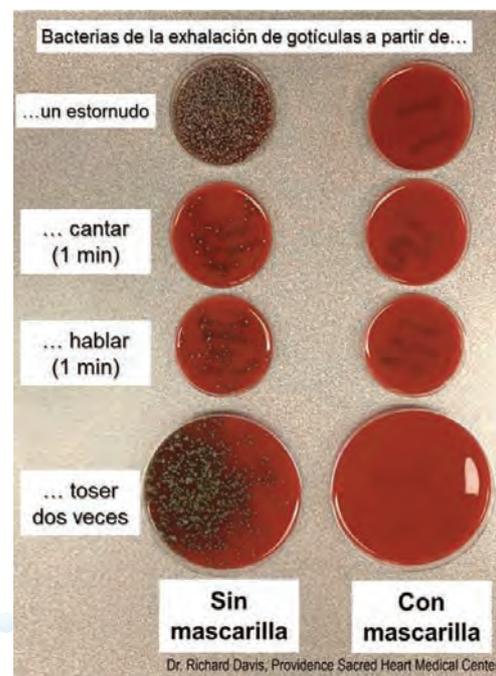
Pero la protección que va a ofrecer las mascarillas van a depender especialmente de las siguientes aspectos:

Ilustración 23.



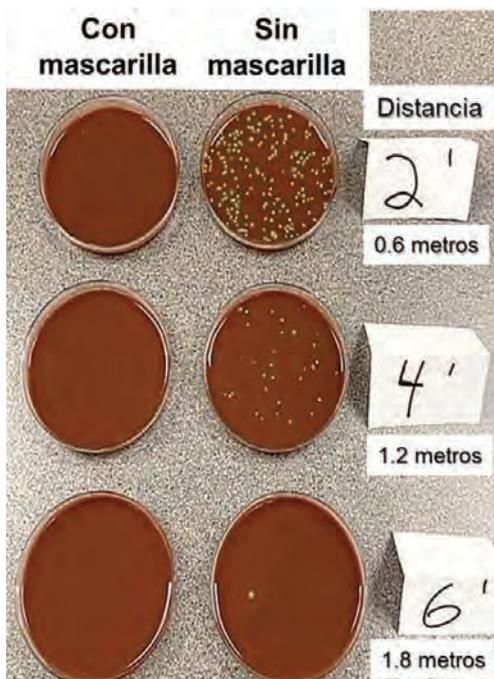
Fuente: Richar Davis (@richdavisphd)

Ilustración 24.



Fuente: Richar Davis (@richdavisphd)

Ilustración 25.



Fuente: Richar Davis (@richdavisphd)

- La eficiencia de filtración del material que compone el dispositivo.
- Del ajuste a la morfología de la cara.
- La respirabilidad.

Por lo tanto, en función de estas características se pueden encontrar diferentes tipos de mascarillas, no siendo igual de efectivas para todas las situaciones. Antes de la aparición de esta pandemia podían encontrarse según regulación europea las mascarillas quirúrgicas y las autofiltrantes, pero la necesidad de instaurar el uso de mascarillas por parte de la población, para conseguir una protección comunitaria, hizo que se introdujeran las mascarillas higiénicas, creándose normativas nacionales e internacionales para la fabricación y distribución de las mismas.

5.1. Tipos y características de las mascarillas

Una de las maneras de clasificar las mascarillas, es en función de la dirección en la que ofrecen la protección, encontrando principalmente dos grupos:

- Realizan la filtración de dentro afuera: mascarillas quirúrgicas e higiénicas.
- Realizan la filtración de fuera a dentro y de dentro afuera: mascarillas autofiltrantes.

MASCARILLAS AUTOFILTRANTES: actúan como filtro del aire procedente del entorno hacia dentro y viceversa. Contienen entre sus tejidos una capa filtrante de micropartículas, gracias a la cual pueden proteger en distintos grados. Su finalidad es proteger al usuario frente a la inhalación de contaminantes ambientales —en partículas o aerosoles— tales como agentes patógenos, agentes químicos, etc.

Se consideran un EPI, de clase riesgo III. Están reguladas por el Reglamento (EU) 2016/245 del parlamento europeo y del consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección personal. Además, a nivel europeo se clasifican en base a su rendimiento según la normativa **UNE EN 149:2001** y se clasifican por las siglas **FFP**, correspondientes a *Filtering Face Piece*. Aunque se pueden encontrar otras normativas regulatorias en función de país donde hayan sido fabricadas, por ejemplo, en Estados Unidos la clasificación según la *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), se realiza según el filtrado y le precede letra “N” (NIOSH N95). Dichas normativas muestran las especificaciones de filtración, fuga, resistencia a la exhalación, etc. (77)

La diferencia de filtración que se encuentra en los diferentes tipos de FFP, en función del porcentaje de fuga hacia el interior que varía en función del tipo de mascarilla, siendo de un 22% en la FFP1 (filtración del 78%), de un 8% en la FFP2 (filtración 92%) y sólo de un 2% en la FFP3 (filtración del 98).

A partir de los requisitos establecidos por la norma UNE-EN 149:2001+A1:2010 sobre penetración y resistencia a la respiración de materiales filtrantes, se ha realizado una clasifi-

Ilustración 26.



Fuente: Imagen propia

Tabla 2.

Norma	Clasificación
EN 149:2001	FFP2
NIOSH-42CFR84	N95, R95, P95
GB2626-2006	KN95
AS/NZ 1716:2012	P2
KMOEL - 2017-64	Korea 1st Class
Jampan JMHLW-Notifation 214, 2018	DS

Norma	Clasificación
EN 149:2001	FFP3
NIOSH-42CFR84	N99, R99, P99, N100, R100, P100

Fuente: Resolución de 23 de abril de 2020, BOE (78)

Tabla 3.

CARACTERÍSTICAS DE LAS MASCARILLAS AUTOFILTRANTES SEGÚN LAS DIFERENTES NORMATIVAS							
		N95 (NIOSH - 42CFR84)	FFP2 (EN149:2001)	KN95 (GB2626-2006)	P2 (AS/NZ 1716:2012)	Korea 1st Class (KMOEL - 2017-64)	DS (Japan JMHLW-Notifation 214,2018)
EFICACIA DE FILTRACIÓN DEL MATERIAL FILTRANTE	Requisito	≥ 95%	≥ 94%	≥ 95%	≥ 94%	≥ 94%	≥ 95%
	Agente de ensayo	NaCl	NaCl y aceite de parafina	NaCl	NaCl	NaCl y aceite de parafina	NaCl
	Caudal de ensayo	85 l/min	95 l/min	85 l/min	95 l/min	95 l/min	85 l/min
FUGA TOTAL HACIA EL INTERIOR (TIL)*	Requisito	N/A	≤ 8% (media aritmética)	≤ 8% (media aritmética)	≤ 8% (individual y media aritmética)	≤ 8% (media aritmética)	Fuga hacia el interior medida e incluida en las instrucciones
RESISTENCIA A LA INHALACIÓN - MÁXIMA CAÍDA DE PRESIÓN	Requisito	≤ 3,43 mbar	≤ 0,7 mbar (a 30 l/min)	≤ 3,5 mbar	≤ 0,7 mbar (a 30 l/min)	≤ 0,7 mbar (a 30 l/min)	≤ 0,7 mbar (c/válvula)
			≤ 2,4 mbar (a 95 l/min)		≤ 2,4 mbar (a 95 l/min)		≤ 0,5 mbar (s/válvula)
			≤ 5,0 mbar (a 95 l/min con obstrucción)				
	Caudal de ensayo	85 l/min	Varios (véase arriba)	85 l/min	Varios (véase arriba)	Varios (véase arriba)	40 l/min
RESISTENCIA A LA EXHALACIÓN - MÁXIMA CAÍDA DE PRESIÓN	Requisito	≤ 2,45 mbar	≤ 3,0 mbar	≤ 2,5 mbar	≤ 1,2 mbar	≤ 3,0 mbar	≤ 0,7 mbar (c/válvula)
							≤ 0,5 mbar (s/válvula)
	Caudal de ensayo	85 l/min	160 l/min	85 l/min	85 l/min	160 l/min	40 l/min
FUGA DE LA VÁLVULA DE EXHALACIÓN	Requisito	Velocidad de fuga ≤ 30 ml/min	Inspección visual	Despresurización a 0 Pa ≥ 20 s	Velocidad de fuga ≤ 30 ml/min	Inspección visual	Despresurización
	Fuerza aplicada	-2,45 mbar	300 l/min durante 30 s	-11,8 mbar	-2,5 mbar	300 l/min durante 30 s	-14,7 mbar
CONTENIDO DE CO ₂ EN EL AIRE DE INHALACIÓN (ESPACIO MUERTO)	Requisito	N/A	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%

Fuente: 3M (2020) (79)

Tabla 4.

Requisitos establecidos por UNE-EN 149:2001+A1:2010				
	Cuadal de ensayo	FFP1	FFP2	FFP3
Penetración máxima al agente de ensayo (%)	95l/min.	20	6	1
Resistencia máx. a la inhalación (mbar)	30l/min.	0,6	0,7	1,0
	95l/min.	2,1	2,4	3,0
Resistencia máx. a la exhalación (mbar)	160l/min.	3,0	3,0	3,0

Fuente: UNE-EN 149:2001

cación de los materiales ensayados y facilitados por *Yang Wang* en la Universidad de Ciencia y Tecnología de Missouri (MS&T) para la fabricación de mascarillas (ANEXO I).

Es importante destacar algunos aspectos para este y cualquier otro caso de análisis:

- Los materiales listados se han ensayado a un caudal de 60 l/min (propio de un adulto genérico).
- A pesar de la variación en los caudales de ensayo con respecto a la norma, la caída de presión a través de cualquier filtro, será mayor con caudales elevados y menor con caudales más bajos.
- Asimismo, un área de mascarilla menor supondrá una mayor velocidad de entrada a un mismo caudal, una mayor caída de presión y una menor eficiencia de filtrado.

Entre los materiales incluidos para la fabricación se encuentran:

- Metblow: no-tejido de polipropileno de varias capas (3-5 capas).

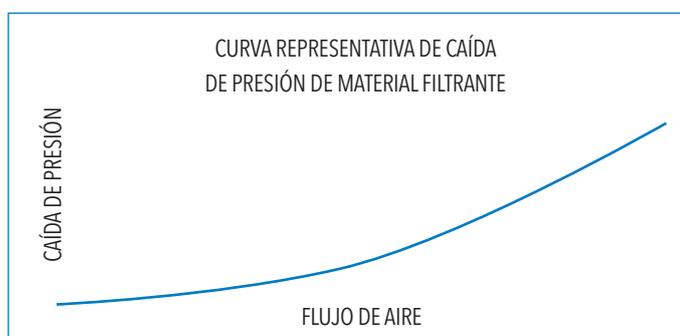
- Spunbond: no-tejido de polipropileno.
- Filtros para aire acondicionado.
- Filtrantes técnicos sintéticos.
- Configuraciones de telas con dos capas interiores que actúan de membrana (fieltro de polipropileno, tipo wata, y una microfibra) y dos capas exteriores de tejido no-tejido de 50 gramos.

Las mascarillas autofiltrantes pueden tener o no una válvula de exhalación para reducir la humedad dentro de la mascarilla, proporcionando una mayor comodidad al usuario, ofreciendo la sensación de una menor resistencia respiratoria (80-81). **Las mascarillas con válvula no deben utilizarse en ambientes estériles o si existe riesgo de contagio por parte de la persona que las porta.** Esto es debido a que movilizan libremente las partículas y microorganismos patógenos contenidos en el aire exhalado (81), por lo que dada la pandemia en la que estamos inmersos y con el objetivo de protección comunitaria se utilizarán sin válvula.

Gráfico 14.

La curva de caída de presión para filtros es aplicable a las discordancias presentadas por los estándares internacionales en cuanto al caudal requerido en los ensayos de resistencia a la inhalación y exhalación.

La resistencia a la exhalación varía de 40 a 160 l/min entre estándares; mientras que la resistencia a la inhalación entre 30 y 95 l/min



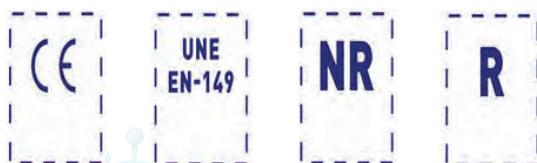
Fuente: 3M (2020)(79)

Tabla 5.

		Para protegerme a mí	Para proteger a los demás
 <p>Mascarillas EPI</p>	FFP1 sin válvula de exhalación	 <small>certificado europeo</small>	 <small>No reutilizable</small>
	FFP2 sin válvula de exhalación	 <small>estándar de calidad</small>	 <small>Reutilizable</small>
	FFP3 sin válvula de exhalación		
	FFP2 con válvula de exhalación		
	FFP3 con válvula de exhalación		

Fuente: Ministerio de Consumo(82)

Ilustración 27.



Fuente: Ministerio de Consumo (82)

Este tipo de mascarillas deben llevar el marcado “CE” visible como garantía de que cumple los requisitos esenciales de seguridad de la Unión Europea, además del número del organismo notificado responsable de avalar dicho cumplimiento (80-81).

MASCARILLAS QUIRÚRGICAS: Están diseñadas para actuar como barrera para agentes infecciosos contenidos en el aire que pasa desde el interior (parte que contacta nariz y boca) hacia fuera (entorno), evitando así la transmisión de los agentes infecciosos por parte de la persona que la lleva (80-81). Su objetivo es filtrar el aire exhalado, por este motivo hasta el momento de la llegada de esta pandemia eran las más utilizadas por los profesionales sanitarios en el ámbito quirúrgico, pues la intención de su uso era proteger al paciente que iba a ser intervenido.

Atendiendo a la eficacia de filtración bacteriana (EFB), se clasifican en tipo I o tipo II, encontrando en las tipo II un mayor nivel de eficiencia en la filtración de microorganismos (>98%), que las tipo I (>95%). Ambas suelen estar dotadas de una capa externa de mínima capacidad repelente de fluidos.

No obstante, existen también modelos con resistencia externa adicional frente a líquidos (gotas o pequeñas cantidades de líquidos corporales) cuyo tipo se continúa con la letra “R” (IIR).

Se consideran un Producto Sanitario (PS) no un EPI. Para estos productos, aplica la Directiva 93/42/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993 (a partir del 26 de mayo de 2021, será aplicable el Reglamento (EU) 2017/745 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2017 sobre los productos sanitarios)(83).

Ilustración 28.



Fuente: Imagen propia

Tabla 6.

Ensayo	Tipo I ^a	Tipo II	Tipo III
Eficacia de filtración bacteriana (BFE), (%)	≥95	≥98	≥98
Presión diferencial (Pa/cm ²)	<40	<40	<60
Presión de resistencia a las salpicaduras (kPa)	No requerido	No requerido	No requerido
Limpieza microbiana (ufc/g)	≤30	≤30	≤30

a Las mascarillas de tipo I se deberían utilizar solamente para pacientes y otras personas para reducir el riesgo de propagación de infecciones, particularmente en situaciones epidémicas o pandémicas. Las mascarillas de tipo 1 no están prevista para ser utilizadas por profesiones sanitarios en un quirófano o en otro entorno médico con requisitos similares.

Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo (83)

Ilustración 29.



Fuente: Ministerio de Consumo(82)

Las mascarillas de uso general a nivel hospitalario suelen ser de tipo II, pudiendo encontrar mascarillas IIR en los servicios quirúrgicos. Dado su bajo nivel de oclusión en los laterales, facilitan una respiración relativamente óptima al portador, aunque por ello es una de las causas por las que ofrecen menor nivel de protección que las mascarillas autofiltrantes.

Actualmente sus características de diseño y fabricación han de cumplir los requisitos del estándar **UNE EN 14683:2019 +AC:2019**.

MASCARILLAS HIGIÉNICAS: como las anteriores, están diseñadas para actuar como barrera para agentes infecciosos contenidos en el aire que pasa desde el interior hacia fuera, evitando así la transmisión de los agentes infecciosos por parte de la persona que la lleva.

Fueron creadas con la aparición de esta pandemia, para poder dar respuesta a la necesidad de uso de mascarillas por parte de la población sana y así minimizar el riesgo de propagación del COVID-19. Deben cumplir con la Orden Ministerial SND/354/2020 del 19 de abril (84).

Existen dos tipos de mascarillas higiénicas: las no reutilizables y las reutilizables, siguiendo las siguientes normativas (84):

- **UNE 0064-1** Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso. Parte 1: Para uso en adultos.
- **UNE 0064-2** Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso. Parte 2: Para uso en niños.
- **UNE 0065**, Mascarillas higiénicas reutilizables para adultos y niños. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso.

Ilustración 30.



Fuente: Imagen propia

Tabla 7.

MASCARILLAS CON ESPECIFICACIONES UNE	EFICACIA DE FILTRACIÓN BACTERIANA (EFB)	RESPIRABILIDAD
NO REUTILIZABLES	IGUAL O SUPERIOR AL 95%	INFERIOR A 60 Pa/CM2
REUTILIZABLES	IGUAL O SUPERIOR AL 90%	

Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo (83)

Puede optarse por cumplir con las especificaciones UNE citadas, o bien, cumplir con otras especificaciones alternativas que sean equivalentes, siempre que se garantice el cumplimiento de los criterios de aceptación, como por ejemplo **CWA 17553** (“cobertores faciales comunitarios” o “mascarillas barrera”) (84), pero en cualquier caso deben seguir las siguientes especificaciones.

Las mascarillas no reutilizables están diseñadas para usarse una sola vez (ya que no están diseñadas para poder lavarse o higienizarse). Las mascarillas reutilizables por el contrario están diseñadas para que se puedan lavar o higienizar sin deteriorarse (mínimo 5 lavados), para poder ser usadas varias veces. Esto implica que las mascarillas reutilizables deben estar fabricadas con materiales que sean lavables o que se puedan higienizar, manteniendo en todo momento sus prestaciones dentro de los criterios de aceptación. (84) Los materiales utilizados para la fabricación de las mascarillas no se encuentran incluidos en la normativa sino que se deben consultar en la siguiente pagina web:

<https://www.mincotur.gob.es/es-es/covid-19/industria/Paginas/guias-para-fabricacion-de-mascarillas-y-ropa-de-proteccion.aspx>.

No se consideran ni un EPI ni un PS, por lo que las mascarillas higiénicas no tiene porque indicar el marcado CE (84).

5.2. Colocación, ajuste y retirada adecuada

Como se ha visto, la capacidad de filtración de las mascarillas no solo depende de la capacidad de la mascarilla en sí, sino

también del adecuado ajuste de la mascarilla a la cara. Deben de cubrir boca y nariz, asegurando la estanqueidad que, junto con la capacidad de filtración, son aspectos que se complementan. Es decir, un protector con una capacidad de filtrado del 92% (FFP2) bien ajustado (estanqueidad del 90%) puede ser tan como un protector que tenga la capacidad de filtrado del 99.97% pero mal ajustado (estanqueidad del 80%) (80).

Para un correcto uso, se debe ajustar perfectamente al perfil facial (80-81) y seguir las recomendaciones del fabricante. La colocación incorrecta podría afectar a su funcionamiento (85). Por eso para una correcta colocación, ajuste y retirada de la misma se deben seguir los pasos que se muestran en la ilustración 31 (80,85-86).

Para comprobar el ajuste se cubre la mascarilla en su totalidad con las manos, se procede a espirar el aire suavemente y, si este escapa alrededor de la cara, debe recolocarse la misma y efectuar una nueva prueba. Para garantizar el buen sellado, las personas con pelo largo deben recogerse previamente el pelo y las personas con barba tienen que extremar la precaución.

5.3. Recomendación de uso y compra de las mascarillas

Actualmente en el mercado se pueden encontrar mascarillas no reutilizables (identificadas habitualmente con las siglas NR), o reutilizables (identificadas habitualmente con la sigla R), también es preciso que venga especificado en la ficha técnica (mediante siglas o explicación).

Ilustración 31.



CONSEJOS PARA EL CORRECTO USO DE MASCARILLAS EN LA POBLACIÓN



CÓMO COLOCAR Y RETIRAR UNA MASCARILLA HIGIÉNICA O QUIRÚRGICA

- 

1 ANTES DE PONERSE LA MASCARILLA, DEBEMOS HACER UNA BUENA HIGIENE DE MANOS CON AGUA Y JABÓN O SOLUCIÓN HIDROALCOHÓLICA (40 - 60 SEGUNDOS).
- 

2 ASEGÚRESE DE QUE LA MASCARILLA NO ESTÁ ROTA O DAÑADA Y CÓJALA SIEMPRE POR LOS EXTREMOS.
- 

3 COMPRUEBE CUÁL ES EL EXTERIOR Y EL INTERIOR ANTES DE COLOCARLA.
- 

4 COLOQUE LAS GOMAS DE SUJECIÓN POR DETRÁS DE LAS OREJAS PARA AJUSTARLA CORRECTAMENTE Y EVITAR QUE SE CAIGA O DESPLACE. SI ES DE CINTAS, HAGA DOS LAZADAS PARA AJUSTARLA CORRECTAMENTE.
- 

5 SI TIENE BANDA METÁLICA, AJÚSTELA AL PUENTE DE LA NARIZ Y CUBRA NARIZ, BOCA Y BARBILLA.
- 

6 UNA VEZ COLOCADA, EVITE TOCAR SU MASCARILLA CON LAS MANOS.
- 

7 SI LE MOLESTA Y DEBE RECOLOCARLA, REALICE UNA CORRECTA HIGIENE DE MANOS ANTES Y DESPUÉS.
- 

8 PARA RETIRARLA, UTILICE LA GOMA DE SUJECIÓN DE CADA LADO DESLIZANDO DESDE ATRÁS HACIA ADELANTE O, EN SU CASO DESHACIENDO LAS LAZADAS. NUNCA RETIRAR LA MASCARILLA COGIENDO LA PARTE DELANTERA.
- 

9 DESÉCHELA INMEDIATAMENTE Y NO TOQUE EL EXTERIOR DE LA MASCARILLA EN NINGÚN MOMENTO.
- 

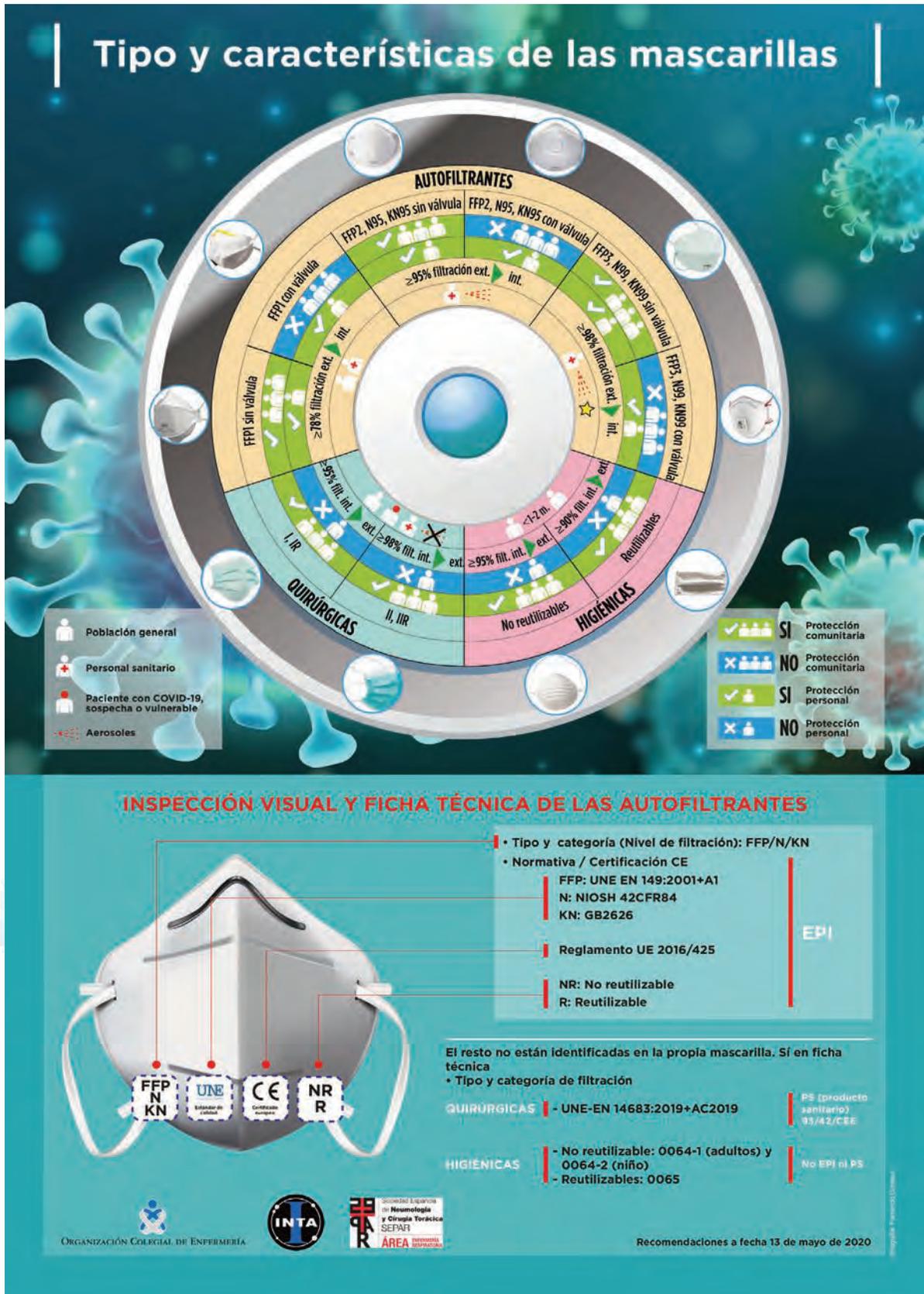
10 POR ÚLTIMO, REALICE UNA VEZ MÁS LA HIGIENE DE MANOS COMO SE INDICA EN EL PASO 1.



ORGANIZACIÓN COLEGIAL DE ENFERMERÍA

Fuente: Infografía del Consejo General de Enfermería (<https://www.consejogeneralenfermeria.org/COVID-19>)

Ilustración 32.



Fuente: Adaptada de la infografía del Consejo General de Enfermería (<https://www.consejogeneralenfermeria.org/COVID-19>)

La recomendación de las horas de uso no debe exceder de cuatro horas en las mascarillas higiénicas y quirúrgicas y ocho en las autofiltrantes, de uso continuo o intermitente, aunque siempre se deben seguir las recomendaciones del fabricante (82).

Las mascarillas no reutilizables, son principalmente de un solo uso (80-81,85-86). No deben reutilizarse pero, de manera extraordinaria dada la situación de pandemia actual, se recoge la posibilidad de reutilización (87-89). Se trataría de una “reutilización limitada” y siempre teniendo en cuenta las siguientes precauciones (80,87):

- Lavarnos las manos con agua y jabón o gel hidroalcohólico, antes y después de colocarla y retirarla, y si es preciso manipularla por algún motivo.
- Al manipularla para ponérsela o retirársela, hacerlo por las gomas o las tiras (nunca por la parte externa, pues la que es más susceptible de estar contaminada, ni por la parte interior, que es la que se encuentra más en contacto con nuestras mucosas).

- No se debe tocar mientras se lleva puesta.
- Entre usos, se debe guardar en una bolsa de papel o tela que permita la transpiración.

La transmisión de microorganismos por contacto, al tocar la mascarilla contaminada, se ha identificado como el peligro principal del uso prolongado y la reutilización de las mascarillas. Se han evaluado otras preocupaciones como una reducción en la capacidad de la mascarilla para proteger al usuario causada por un manejo brusco o una reutilización excesiva (87,89,90). El uso prolongado puede causar molestias adicionales a los usuarios al usar la mascarilla por más tiempo del habitual (87-88,91). Por eso debe cambiarse la mascarilla aunque no se hayan cumplido las horas de uso, si se ha estado expuesto de manera directa al virus, o cuando la mascarilla se encuentre húmeda o dañada.

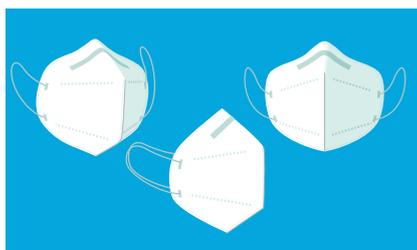
En relación a las recomendaciones generales sobre qué tipo de mascarilla deben utilizar la población o los profesionales durante el transcurso de esta pandemia, son las siguientes

MASCARILLAS QUE PROTEGEN A LOS DEMÁS DE SER CONTAGIADOS POR EL QUE LA LLEVA PUESTA



- Mascarilla higiénica y mascarillas quirúrgicas.
- Son las más importantes para su uso por la sociedad.
- Son consideradas “control de la fuente”.
- Bloquean la transmisión hacia el exterior de la infección, ya que retienen las gotículas emitidas por la boca.

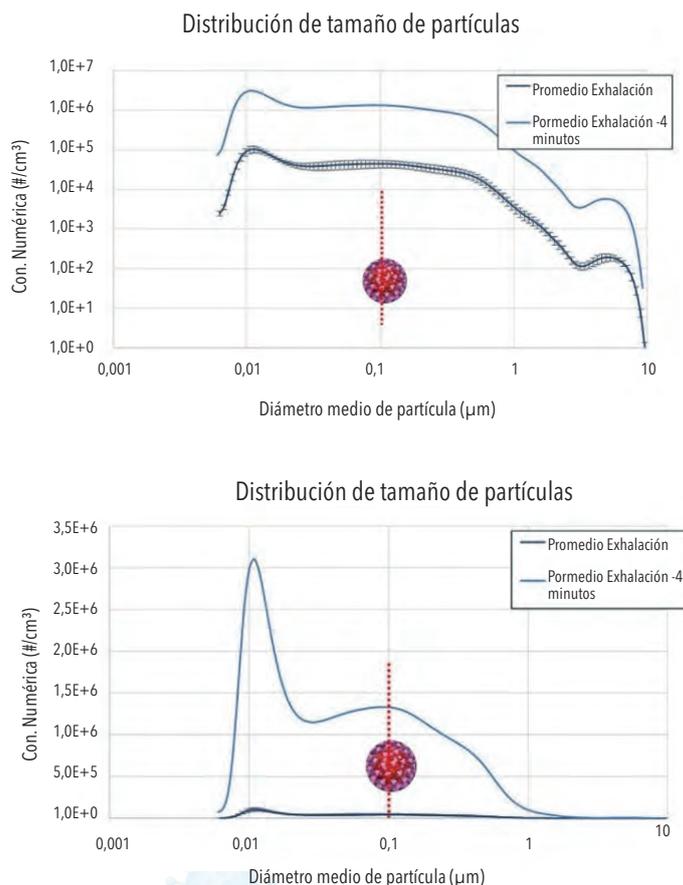
MASCARILLAS QUE PROTEGEN A LA PERSONA QUE LA LLEVA PUESTA DE SER CONTAGIADA



- Mascarillas con filtros para partículas; mascarillas autofiltrantes o medias máscaras filtrantes, y mascarillas duales
- Son las consideradas EPI (Equipo de Protección Individual), ya que cumplen las normas armonizadas relativas a protección contra partículas.
- Relevantes para ser utilizadas por personal sanitario y trabajadores en contacto directo con el Virus.

Fuente: Xiao J (92) y Turfacki Z (93) 2020

Gráfico 15.



Fuente: Propia. Ensayos INTA

(aunque cada caso debe ser valorado de manera individual) (82):

- Mascarillas higiénicas: personas sanas (población en general)
- Mascarillas quirúrgicas: personas sintomáticas o asintomáticas positivas de COVID-19
- Mascarillas autofiltrantes: quienes cuiden o estén en contacto con personas sintomáticas o positivos por COVID-19.

Pero sea cual sea la mascarilla que se use, es primordial que cumpla la normativa específica según el tipo de mascarilla, para garantizar que ha sido fabricada según una estándar normalizado y testado según los criterios establecidos. Por eso, se deben comprar en establecimientos de confianza y revisar la ficha técnica en donde deben de venir los siguientes datos mínimos (94):

- Datos de la empresa: nombre, razón social y domicilio.

- Composición.
- Periodo recomendado de uso.
- Características esenciales del producto, incluyendo la talla en caso de ser pertinente, y si es reutilizable o de un solo uso.
- Instrucciones de uso sobre colocación, uso y mantenimiento, manipulación y eliminación.
- Si cumple las especificaciones técnicas UNE o normativa de homologación.
- Los datos testados relativos a la eficacia de filtración bacteriana (BFE), y de respirabilidad (Presión diferencial, Pa/cm²).
- Si se trata de una mascarilla reutilizable debe indicarse un número de lavados máximo, así como un método de lavado o higienización.

Tabla 8.



	MASCARILLA+ FILTROS PARA PARTÍCULAS	MASCARILLA AUTOFILTRATE O MEDIA MÁSCARA FILTRANTE	MASCARILLA QUIRÚRGICA	MASCARILLA DUAL	MASCARILLA HIGIÉNICA
Uso previsto	Proteger de la inhalación de partículas peligrosas a la persona que la lleva puesta	Proteger de la inhalación de partículas peligrosas a la persona que la lleva puesta	Evitar la transmisión de agentes infecciosos procedentes de la persona que la lleva puesta Las que lleven el marcado IIR pueden proporcionar protección frente a salpicaduras de fluidos potencialmente contaminados	Mascarilla quirúrgica + autofiltrante contra partículas	No están diseñadas para proteger de ningún riesgo No se recomiendan para situaciones que impliquen exposición a agentes peligrosos
Certificación	Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual (EPI)	Reglamento (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual	Directiva 93/92/CEE, relativa a los productos sanitarios A partir del 26 de mayo de 2020 será de aplicación el reglamento (EU) 2017/745 sobre los productos sanitarios (PS)	Ambas reglamentaciones	No aplicable
Normas armonizadas	En 140:1998 (Mascarilla) En 143:2000 y en 143:2000/A1:2006 (Filtro)	En 149:2001+A1	En 14683:2019+AC:2019	En 14683:2019 + AC2019 En 149:2001 + A1	No aplicable
Ajuste facial	Pieza facial hermética Ensayo de ajuste requerido	Pieza facial hermética Ensayo de ajuste requerido	Pieza facial no hermética Ensayo de ajuste no requerido	Pieza facial hermética Ensayo de ajuste requerido	Pieza facial no hermética
Clasificación	Mascarilla: no aplicable Filtro: P1, P2, P3	FFP1, FFP2, FFP3	I, II, IIR	FFP1, FFP2, FFP3 (como EPI) I, II, IIR (como PS)	No aplicable
Limitaciones de uso	Nivel aceptable de protección frente a la inhalación de partículas No se considera producto sanitario Reutilizable	Nivel aceptable de protección frente a la inhalación de partículas No se considera producto sanitario Reutilizable	No proporciona un nivel fiable de protección frente a la inhalación de partículas No se considera EPI Desechable	Nivel aceptable de protección frente a la inhalación de partículas Se considera producto sanitario y EPI	No se considera producto sanitario No se considera EPI
Limpieza y desinfección	Mascarilla: Sí. Filtro: No.	Solo las marcadas con la letra "R" (Reutilizable más de un turno de trabajo) Solo se limpia y desinfecta el ajuste con la cara, no el material filtrante	No	No aplicable	No

Fuente: Adaptada del Instituto nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (95)

5.4. Las mascarillas en entornos sanitarios

La capacidad de los países para responder de forma efectiva a la pandemia depende de la seguridad del personal de salud y las medidas de protección que les son aplicadas.

Así, las evidencias científicas (96) están demostrando que las protecciones contra la transmisión por aire para el personal sanitario son más efectivas incluso contra infecciones que se transmitan por gotículas.

Por todo lo citado, las FFP2 y FFP3 (en especial estas últimas) son las recomendadas para protegerse frente a los aerosoles del SARS-CoV-2 y por ese motivo deben

ser utilizadas por los profesionales sanitarios con alta exposición al virus o grupos vulnerables por indicación médica (97).

En relación a las horas de uso de las mascarillas, no se recomienda la reutilización en personal sanitario con exposición directa al virus, por el alto de riesgo de transmisión por contacto al manipular la mascarilla. Por lo tanto, cualquier indicación de reutilización debe ser valorada por el servicio de riesgos laborales del centro donde se trabaje (97).

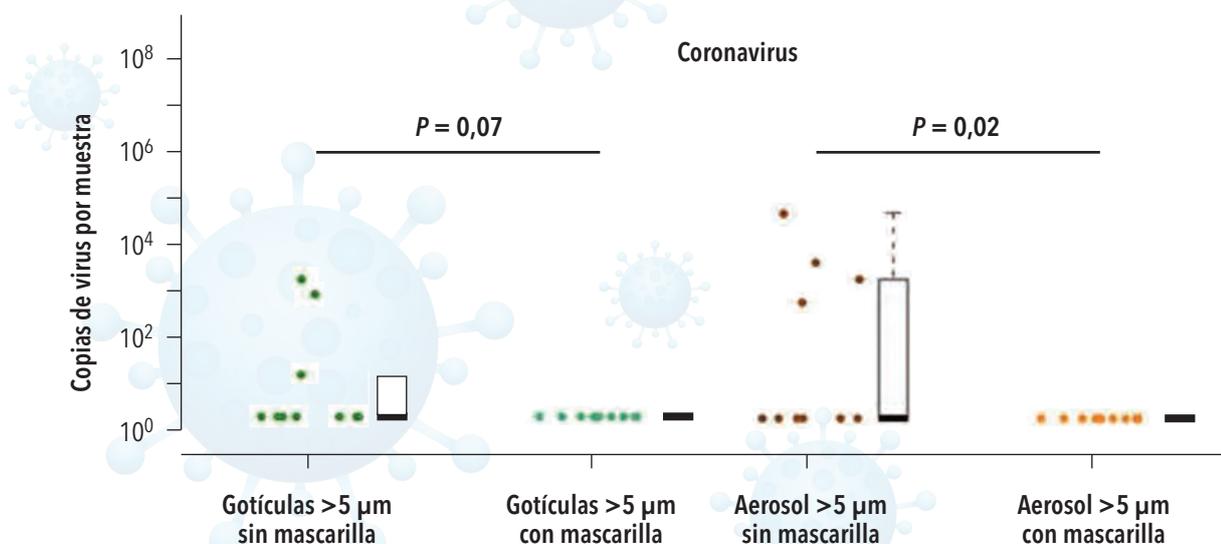
Tampoco está recomendado el uso prolongado de las mascarillas en dicho personal. Un estudio encontró que las enfermeras promediaron 25 toques por turno en la cara, los ojos y las mascarillas durante un uso prolongado (88). En

Tabla 9.

Tipo de virus	Gotículas > 5 µm		Aerosol < 5 µm	
	Sin mascarilla	Con mascarilla	Sin mascarilla	Con mascarilla
	no. Positivos/no. Total (%)		no. Positivos/no. Total (%)	
Coronavirus	3 de 10 (30)	0 de 11 (0)	4 de 10 (40)	0 de 11 (0)
Influenza	6 de 23 (26)	1 de 27 (4)	8 de 23 (35)	6 de 27 (22)
Rinovirus	9 de 32 (28)	6 de 27 (22)	19 de 34 (56)	12 de 32 (38)

Fuente: Leung, NH (2020) (96)

Gráfico 16.



Fuente: Leung, NH (2020) (96)

relación a la confortabilidad, las mayores molestias que originan son dolores de cabeza, calor o molestias en la cara (90).

Es importantísimo que dado el riesgo de exposición de los trabajadores sanitarios al virus, se garantice calidad, ajuste y función de las mascarillas y se sustituyan cuando se hayan usado en procedimientos con una cantidad importante de aerosoles, estén contaminadas con secreciones, dañadas o sea difícil respirar con ellas (87,89).

5.5. Métodos de desinfección de las mascarillas

Debido a la alta demanda y a la escasez de recursos para la protección de trabajadores y personal sanitario, los EPIs han tenido que ser utilizados por periodos de tiempo mayores de los esperados, pudiendo ser una de las vías de contagio para las personas que están de forma continua en contacto con el virus.

Para el caso de las mascarillas autofiltrantes, consideradas de un solo uso, se han estudiado diferentes **métodos de limpieza y desinfección basados en la velocidad de inactivación del virus y la preservación de la integridad de la mascarilla** (eficiencia de filtración y resistencia a la respiración). El objetivo es que puedan ser reutilizadas, siempre que hayan sido desinfectadas en lugares preparados específicamente para ello y por personal entrenado.

5.5.1. Limpieza

Tratamiento con VHP (Peróxido de Hidrógeno Vaporizado). (Tabla 10)

Tabla 10.

		número de ciclos			
		1	3	5	10
VHP	3M 1860	pass	pass	pass	pass
	3M Aura 1870	pass	pass	pass	pass
	3M Vflex 1804S	pass	pass	pass	pass
	AO Safety 1054S	pass	pass	pass	pass

Fuente: Kumar et al. (2020) (98)

Presenta la mejor combinación de velocidad de inactivación del SARS-COV-2 y preservación de la integridad de la mascarilla tras 10 ciclos de tratamiento (98).

**Exposición total 750 – 1000 ppm*

Tratamiento con luz UV (longitud de onda 254-285 nm).

La inactivación del virus se consigue en un tiempo mayor, pero mantiene las condiciones de la mascarilla de manera similar al VHP tras 10 ciclos de tratamiento.

**Dosis de exposición 1 J/cm² (CDC)*

Tratamiento con calor seco a 70-75°C.

El virus es inactivado a una velocidad similar al tratamiento por UV, pero sólo mantiene unas condiciones adecuadas durante los dos primeros tratamientos.

**Tiempo de exposición 30 min. Gráfico 17 después de párrafos VPH, luz UV y calor seco 70 - 75°C.*

5.5.2. Otros tratamientos

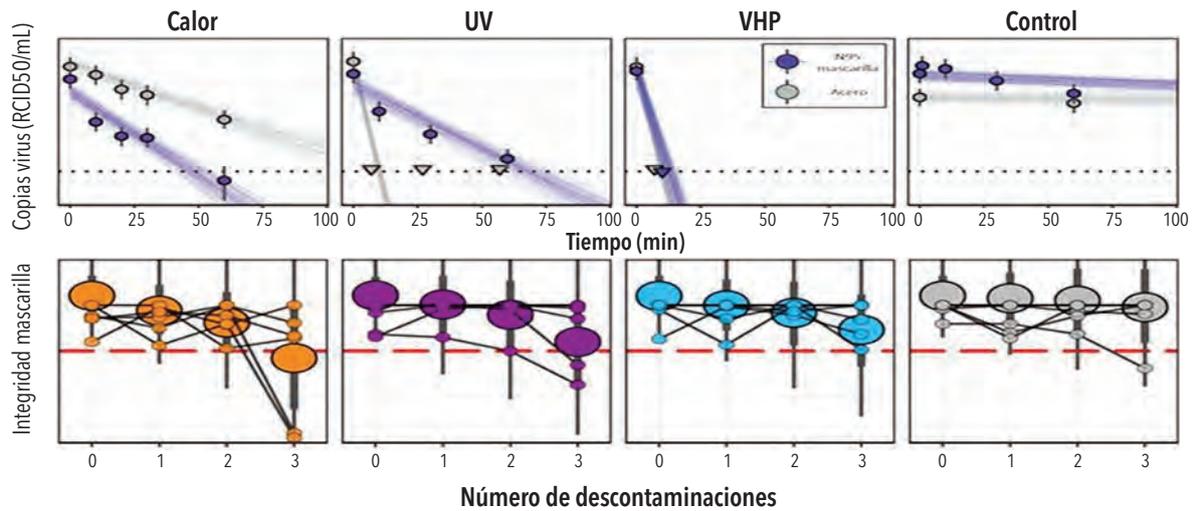
Peróxido de Hidrógeno ionizado (iHP ó LT- HPGH): (Tabla 11)

A pesar de ser un tratamiento de descontaminación muy utilizado para material en hospitales, las mascarillas pierden su integridad a partir del segundo ciclo de tratamiento. Fuente: Kumar et al. (2020) (98)

Tratamiento por óxido de etileno gas (EtO):

Es posible mantener la integridad de la mascarilla durante al menos 3 ciclos, pero se requiere un tiempo de 20 horas para la desinfección.

Gráfico 17.



Fuente: Fischer et al. (2020)(99)

Tabla 11.

		número de ciclos			
		1	3	5	10
LT - HPGP	3M 1860	pass	fail	fail	fail
	3M Aura 1870	pass	fail	fail	fail
	3M Vflez 1804S	pass	pass	fail	fail
	AO Safety 1054S	pass	fail	fail	
	M 8210	pass	fail	fail	
	3M 9210	pass	fail	fail	

Fuente: Kumar et al. (2020)(98)

Tabla 12.

		número de ciclos		
		1	3	
EtO	3M 1860	pass	pass	
	3M Aura 1870	pass	pass	
	3M Vflez 1804S	pass	pass	
	AO Safety 1054S	pass	pass	

Fuente: Kumar et al. (2020)(98)

Tabla 13.

		número de ciclos			
		1	3	5	10
Autoclave	3M 1860	pass	fail	fail	fail
	3M Aura 1870	pass	pass	pass	pass
	3M Vflez 1804S	pass	pass	pass	pass
	AO Safety 1054S	pass	pass	pass	pass
	M 8210	pass	fail	fail	fail
	3M 9210	pass	pass	pass	pass

Fuente: Kumar et al. (2020)(98)

Autoclave: (Tabla 13) Es un tratamiento efectivo para la eliminación de cualquier virus, pero no es posible garantizar la viabilidad de la mascarilla ya que varía en función del material del que se compone.

Un estudio llevado a cabo por el centro tecnológico AINIA concluye que el tratamiento térmico en **autoclave a 120 °C**

durante 20 minutos puede eliminar la contaminación microbiológica en un 99,9% de la mascarilla manteniendo su eficacia filtrante por encima del 95%, incluso tras tres ciclos de descontaminación. Las mascarillas se descontaminan dentro de bolsas de aluminio individuales que impiden el paso del vapor de agua evitando condensaciones que pudieran mojar la mascarilla y reducir su carga electrostática (100).

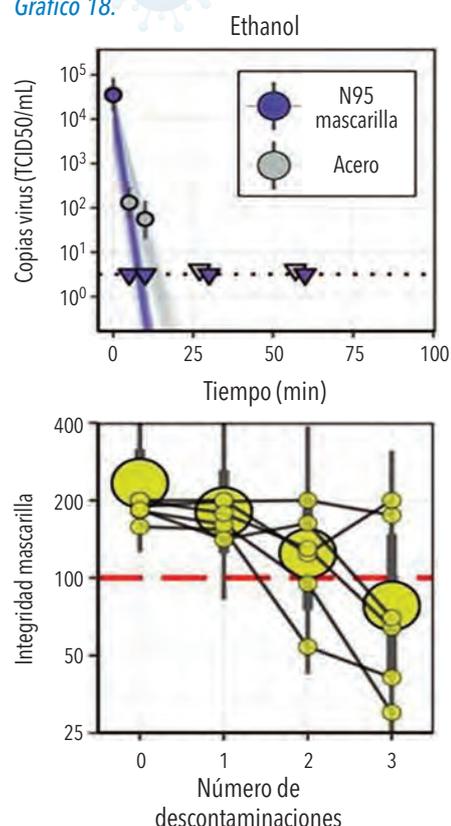
TRATAMIENTOS A EVITAR: Etanol (solución 70-75%) y soluciones cloradas

Ambos son tratamientos muy efectivos para la desinfección. Sin embargo, no son recomendables por la pérdida de eficiencia de filtración que sufren las mascarillas tras el primer ciclo de descontaminación.

N95 meltblown tras 1 desinfección	Eficiencia de filtración (%)	Caída de presión (Pa)	Desinfección E. Coli (%)
Etanol 75%	56,33	7,67	>99
Solución clorada	73,11	9,00	>99

“Mojar una mascarilla filtrante FFP2 y FFP3 puede alterar su capacidad de fijación electrostática de partículas, reduciendo significativamente su eficacia filtrante por lo que, de entrada, cabría descartar métodos de descontaminación que empleen agua o líquidos como soluciones alcohólicas, lejía o soluciones jabonosas” (Andrés Pascual, Jefe de Innovación de AINIA).

Gráfico 18.



Fuente: Fischer et al. (2020)(99) El Mundo (2020)(100) y Liao L (2020)(101)

5.6. Identificación de regulación y normativas de las mascarillas

Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

Recomendación (UE) 2020/403 de la Comisión, de 13 de marzo de 2020 relativa a la evaluación de la conformidad y los procedimientos de vigilancia del mercado en el contexto de la amenaza que representa el COVID-19.

Norma UNE-EN 149:2001+A1:2010 Dispositivos de protección respiratoria. Medias máscaras filtrantes de protección contra partículas. Requisitos, ensayos, marcado.

Norma UNE-EN 13274-7:2008 Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 7: Determinación de la penetración de los filtros de partículas.

Norma UNE 0064-1 Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso. Parte 1: Para uso en adultos.

Norma UNE 0064-2 Mascarillas higiénicas no reutilizables. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso. Parte 2: Para uso en niños.

Norma UNE 0065 Mascarillas higiénicas reutilizables para adultos y niños. Requisitos de materiales, diseño, confección, marcado y uso.

CWA 17553 Guía de requerimiento, métodos de testado y uso de los cobertores faciales comunitarios o mascarillas de barreta.

Norma de la República Popular de China GB2626-2006 Equipos de protección respiratoria — respiradores no automáticos de purificación de partículas en el aire.

NIOSH Procedimiento N.º TEB-APR-STP-0059 Determinación del nivel de eficiencia de filtración de partículas para series de filtros N95 contra partículas sólidas para procedimientos estándar de comprobación de respiradores no automáticos de purificación de aire.

AS/NZ 1716:2012 Estándar Australiano y Neozelandés sobre Equipos de protección respiratoria.

KMOEL – 2017-64 Estándar Coreano sobre Equipos de protección respiratoria.

Japan JMHLW – Notificación 214,2018 Estándar Japonés sobre Equipos de protección respiratoria.

El Mercado CE no es simplemente un acto de evaluación de conformidad de producto que depende de organismos europeos, los llamados organismos notificadores, indica si el producto cumple con los mínimos de calidad y seguridad exigibles en la unión europea. Así las mascarillas que sean FFP2, seguras y homologadas deberán llevar siempre el Marcado CE acompañado de cuatro dígitos inmediatamente debajo. Este organismo notificado, con su número correspondiente, debe aparecer en la base de datos NANDO, de organismos autorizados para otorgar el marcado CE para la legislación de EPIs (77).

Dada la escasez de EPIs, provocada por la pandemia a nivel mundial, el día 23 de abril de 2020, la secretaria de Industria y de la Pequeña y Mediana empresa, publicó en el Boletín Oficial del Estado (BOE) una resolución referente a los equipos de protección individual en el contexto de la crisis sanitaria ocasionada por el COVID(78). Esta resolución, permitía la importación de mascarillas autofiltrantes de otros países con normativas deferentes a la **Norma UNE-EN 149:2001**, siempre previa autorización de las autoridades vigilantes pertinentes y cuyos estándares de filtración y ensayos fueran similares, como por ejemplo las KN95, con el objetivo de facilitar la llegada de EPI a los colectivos que lo necesitaban urgentemente (102-103).

Dicha resolución tenía un carácter excepcional y temporal, mientras se esperaba que la oferta de dichos productos se ajustara a la demanda en un corto periodo de tiempo; los fabricantes debían adaptar sus procesos de producción y su oferta de EPI con marcado CE a la demanda de mercado, y como máximo a fecha de 30 de septiembre. Motivo por el cual, a fecha de 28 de septiembre se publica una nueva resolución en el BOE, en donde la recepción de EPI correspondientes de compras o adquisiciones públicas efectuadas con anterioridad al 1 de octubre, se podrán realizar hasta el 31 de diciembre del 2020; así como la comercialización de las mismas, solo para las unidades que ya se encontraran en stock con anterioridad al 1 de Octubre (104).

Hay que recordar que dichas resoluciones no abordan el uso personal que se pueda hacer de una unidad de producto adquirida previamente, por lo que se pueden seguir usando

Tabla 14.

MODELOS DE MASCARILLA Y EFICACIA DE FILTRACIÓN			
Fabricante - Modelo	Estándar internacional	Eficiencia filtrado	Fuente
Daddybaby Co., Ltd. - Earloop Face Mask	FFP2 / KN95	< 49%	RAPEX (UE)
Daddybaby Co., Ltd. - Respiratory Protection	FFP2 / KN95	< 76%	RAPEX (UE)
Daddybaby Co., Ltd. - KN95 4-PLY	FFP2 / KN95	< 93.5%	NPPTL (US)
LikeLove	KN95	< 86%	RAPEX (UE)
Garry Galaxy - Respirator Mask	N95	< 71%	RAPEX (UE)
3M - 9501V*	KN95	-	RAPEX (UE)
MARS - Mars-B- 2001	N95	≤ 53%	RAPEX (UE)
JY.M9 - Protective disposable mask	N95	≤ 53%	RAPEX (UE)
Anhui Baishidun Protective Equipment Co., Ltd. - Baishidun FFP2	FFP2	< 53%	NPPTL (US)
Beijing Ruishan Bozhong Medical Instrument Co., Ltd. - RZ95B*	FFP2 / KN95	< 34%	NPPTL (US)
Dongguan Xianda Medical Equipment Co., Ltd. - KN95 Protective Mask	KN95	< 35%	NPPTL (US)
Guangdong Nafei Industrial Holding Co., Ltd. - Efficient Nursing Protective Mask*	KN95	< 10%	NPPTL (US)
Guangdong Nafei Industrial Holding Co., Ltd.- NAFY Protective Mask*	FFP2	< 20%	NPPTL (US)

* Reconocidos como falsificaciones.

Fuente: Adaptada de las evaluaciones de respiratorios NPPTL y RAPEX. (<https://www.cdc.gov/niosh/npptl/respirators/testing/NonNIOSHresults.html>)

a nivel individual, aunque no puedan seguir siendo comercializados a terceros una vez superados los plazos indicados (104).

Uno de los problemas derivados de la importación de mascarillas con otros estándares, ha sido que algunos de ellos no cumplían los requisitos exigidos, encontrando que algunas de ellas incluso filtraban menos del 50% de partículas (77, 104).

La **Organización de Consumidores y Usuarios** recopila en su Web cada semana todas las mascarillas u otros elementos de protección que no cumplen las normas de seguridad (105). También se pueden consultar entre otros, los informes publicados por el Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo (**INVASSAT**) o el informe **RAPEX** (sistema de alerta rápida) de la Unión Europea sobre productos no conformes y

retirados del mercado. No obstante, es recomendable comprobar dichas fuentes de manera periódica, pues hay que recordar que cada día pueden introducirse nuevas marcas.

Por lo tanto, a pesar de la aplicación de las medidas excepcionales, una mascarilla no puede considerarse FFP2 —estándar europeo— hasta que no tenga el certificado de cumplimiento emitido por un organismo europeo autorizado. Del mismo modo, para que todas las mascarillas presentasen la misma calidad, y que todos los organismos extranjeros de validación pudieran haber aplicado el mismo rigor, deberían haberse aplicado los mismos criterios consensuados (106).

El Ministerio de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de España ha elaborado un espacio en su web dedicado a **“Guías para la fabricación de mascarillas y ropa de protección”** donde se recoge información sobre clarificación

de EPIs y normativas aplicables. Así mismo, debido a la escasez de material de protección, se han puesto a disposición de la población especificaciones sobre fabricación y materiales para mascarillas de diferentes tipos. Para el caso de las tipo EPI, menciona que “Cualquier empresa que, una vez leída esta información (UNE-EN149:2001+A1 y Reglamento (UE) 2016/425), vea que con los medios de producción de que dispone puede diseñar, producir y validar su mascarilla EPI, debe ponerse en contacto con un organismo notificado, para concretar plazos de ensayo, número de muestras necesarias y su tamaño, documentación necesaria, etc.”.

En relación a la **obligatoriedad del uso de las mascarillas a nivel nacional**, el artículo 6.2 del Real Decreto-ley 21/2020, de 9 de junio, de medidas urgentes de prevención, contención y coordinación para hacer frente a la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19, regula el uso obligatorio de las mascarillas (107):

1. “Las personas de seis años en adelante quedan obligadas al uso de mascarillas en los siguientes supuestos:

a) *En la vía pública, en espacios al aire libre y en cualquier espacio cerrado de uso público o que se encuentre abierto al público, siempre que no resulte posible garantizar el mantenimiento de una distancia de seguridad interpersonal de, al menos, 1,5 metros.*

b) *En los medios de transporte aéreo, marítimo, en autobús, o por ferrocarril, así como en los transportes públicos y privados complementarios de viajeros en vehículos de hasta nueve plazas, incluido el conductor, si los ocupantes de los vehículos de turismo no conviven en el mismo domicilio. En el caso de los pasajeros de buques y embarcaciones, no será necesario el uso de mascarillas cuando se encuentren dentro de su camarote o en sus cubiertas o espacios exteriores cuando*

resulte posible garantizar el mantenimiento de una distancia de seguridad interpersonal de, al menos, 1,5 metros.

2. *La obligación contenida en el apartado anterior no será exigible para las personas que presenten algún tipo de enfermedad o dificultad respiratoria que pueda verse agravada por el uso de la mascarilla o que, por su situación de discapacidad o dependencia, no dispongan de autonomía para quitarse la mascarilla, o bien presenten alteraciones de conducta que hagan inviable su utilización. Tampoco será exigible en el caso de ejercicio de deporte individual al aire libre, ni en los supuestos de fuerza mayor o situación de necesidad o cuando, por la propia naturaleza de las actividades, el uso de la mascarilla resulte incompatible, con arreglo a las indicaciones de las autoridades sanitarias.*

3. *La venta unitaria de mascarillas quirúrgicas que no estén empaquetadas individualmente solo se podrá realizar en las oficinas de farmacia garantizando unas condiciones de higiene adecuadas que salvaguarden la calidad del producto”.*

Por último, hay que hablar de **la Orden SND/354/2020**, de 19 de abril, la cual establece las medidas excepcionales para garantizar el acceso de la población a los productos de uso recomendados como medidas higiénicas para la prevención de contagios por el COVID-19 (94). Se regula el “importe máximo de venta al público de los productos sanitarios, así como de aquellos productos necesarios para la protección de la salud poblacional frente al COVID-19, determina la información que debe establecerse en el etiquetado de mascarillas higiénicas y define las condiciones donde se puede realizar una venta unitaria al público de mascarillas quirúrgicas que no estén empaquetadas individualmente”. Aunque recientemente ese precio ha sido modificado a 0.72 euros (107).

6. Desinfección de superficies

A pesar de que hay poca evidencia disponible sobre la supervivencia del SARS-CoV-2 en superficies y el medio ambiente, los estudios sobre productos desinfectantes comúnmente usados que puedan ser eficaces para su eliminación se han basado en las evidencias obtenidas de los virus MERS-CoV y SARS-CoV-1, que pertenecen a la misma familia (Coronaviridae) y género (Betacoronavirus) que el virus de la COVID-19 (108-110).

En estos dos virus y en otros coronavirus de animales, se han realizado estudios de su supervivencia en el medio ambiente, sobre superficies y objetos inanimados (ANEXO II). Así mismo, Kampff v. (2020) (52) realiza una recopilación de productos que en solución son eficaces en la inactivación de los coronavirus (ANEXO III), así como en su aplicación sobre superficies, como el acero inoxidable. Por tanto, los desinfectantes destacados para la eficiente desinfección de superficies son **etanol al 62–71%, peróxido de hidrógeno al 0,5% e hipoclorito sódico al 0,1%** cuando se aplican durante 1 min. Además, el virus SARS-CoV-1 se inactiva a **temperaturas de 56°C durante 30 min** en ausencia de material orgánico y a **60°C durante 30 min**, tanto

en presencia como ausencia de material orgánico (111-112).

Ya desde el mes de marzo (2020), el **Ministerio de Sanidad del Gobierno de España** ha estado publicando notas informativas sobre *sustancias biocidas autorizadas* (113-114) de forma excepcional para la desinfección de manos y superficies para detener la transmisión del virus en personas y así evitar un posible desabastecimiento. En función de los datos de eficacia presentados y del uso que se contempla, un producto biocida desinfectante puede autorizarse como bactericida, fungicida y/o virucida.

En los listados publicados a fecha de elaboración de este Libro, figuran los **productos virucidas autorizados y registrados en España que han demostrado eficacia frente a virus atendiendo a la norma UNE-EN 14476. Antisépticos y desinfectantes químicos. Ensayo cuantitativo de suspensión virucida de los antisépticos y desinfectantes químicos utilizados en medicina (Listado de Virucidas autorizados en España para uso ambiental (TP2), industria alimentaria (TP4) e higiene humana (TP1) (115).**

Tabla 15.

EJEMPLOS DE SUPERVIVENCIA DE CORONAVIRUS EN SUPERFICIES (MÁS EN ANEXO I)				
Virus	Superficie	Temp. (°C)	Supervivencia	Ref.
MERS-CoV	Acero	20 °C	48 horas	Van Doremalen et al., 2013
SARS-CoV-1	Metal	Ambiente	5 días	Duan et al., 2003
HCoV	Acero	21 °C	5 días	Warnes et al., 2015
EJEMPLOS DE EFICACIA DE DESINFECTANTE EN SOLUCIÓN (ANEXO II)				
Virus	Desinfectante (concentración)	Tiempo de contacto	Reducción log.	Ref.
MERS-CoV	Etanol (80%)	30 s	> 4	Siddharta et al., 2017
SARS-CoV-1	Etanol (80%)	30 s	≥ 4,3	Rabenau et al., 2005
HCoV	Peróxido de Hidrógeno (0,5%)	1 min	> 4	Omidbakhsh et al., 2006
EJEMPLOS DE EFICACIA DE DESINFECTANTE SOBRE ACERO INOXIDABLE (ANEXO III)				
MHV (metapneumovirus humano)	Etanol (71%)	1 min	2	Hulkower et al., 2011

Fuente: José Luis Pérez Díaz (2020) (110)

En una segunda parte, se incluye un listado con productos virucidas autorizados y registrados para uso ambiental (TP2) e industria alimentaria (TP4) en España que han demostrado eficacia frente a virus envueltos tipo SARS-CoV-2.

Entre las sustancias activas que figuran en ambos listados se encuentran: *Peróxido de hidrógeno*, *Hipoclorito sódico*, *Cloruro de didecildimetil amonio*, *Cloruro de benzalconio*, *Ácido láctico*, *Etanol*, *Glutaraldehído*, *Ácido salicílico*, entre otros. Todos ellos ha demostrado su eficacia en estudios realizados con virus de la familia *Coronaviridae* (ANEXO IV).

Por último, se recogen una serie de productos biocidas que la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral ha notificado a la Comisión Europea la excepción de su fabricación autorizar por un tiempo limitado. Estos desinfectantes contienen *propan-1-ol* y *propan-2-ol* como sustancias activas.

En estos comunicados también se ha informado que **no existe ningún producto virucida autorizado para la nebulización sobre personas**, por lo que esta técnica, anunciada en los denominados túneles desinfectantes, no se puede utilizar sobre los individuos.

De hecho, ante la proliferación en el mercado de **dispositivos productores de ozono**, ha advertido que este producto, al igual que otros biocidas, se debe aplicar con los equipos de protección adecuados y nunca en presencia de personas.

Esta sustancia biocida se encuentra en evaluación en la Unión Europea permitiéndose, a la espera de finalizar este proceso, la comercialización de los productos que lo contienen, siempre que se respeten las medidas de seguridad correspondientes. En este grupo se encuentran algunos, cuya generación se realiza *in situ* mediante maquinaria. Este hecho impide, además, que tengan un etiquetado que avise de su peligrosidad para los efectos adversos en vías respiratorias, piel y ojos, y reacciones con otras sustancias que pueden provocar.

Algo parecido ocurre con las desinfecciones con productos que utilizan la luz ultravioleta. Las radiaciones UV-C no se pueden aplicar en presencia de personas. En el uso normal, las fuentes de rayos ultravioleta seguras que se fijan en conductos de recirculación de aire o las que se utilizan para la desinfección del agua no deben suponer un riesgo de exposición para los seres humanos. Cuando se trabaja en una zona de irradiación UV, los trabajadores deben llevar equipo de protección personal tal como ropa industrial (por ejemplo, telas pesadas) y una pantalla facial industrial (por ejemplo, caretas). Los respiradores de cara completa y la protección de las manos mediante guantes desechables también proporcionan protección contra la radiación UV. Un uso inadecuado de estos equipos puede provocar posibles daños para la salud humana y dar una falsa sensación de seguridad. No se recomienda el uso de estos equipos o dispositivos para un uso doméstico (116).

7. Conclusión

Ante la rápida expansión de la enfermedad COVID-19 a pesar de las medidas de protección establecidas por los organismos internacionales, las rutas de transmisión del virus se han puesto en entredicho. Además del contagio por las gotas de secreciones respiratorias de una persona infectada o el contacto directo con la misma o de superficies contaminadas, también hay que tener en cuenta la ruta basada en gotas de menor tamaño que permanecen suspendidas en el aire en forma de aerosol conteniendo al virus.

Así lo recoge, tras varios meses desde el inicio de la pandemia, el documento técnico elaborado por el Ministerio de Sanidad: "Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y reco-

mendaciones". En este documento se reconoce que "queda demostrado que SARS-CoV-2 se transmite mediante aerosoles que contienen virus viables generados por la persona infectada, especialmente en espacios cerrados y mal ventilados. Se han observado brotes epidémicos en los que se han excluido otros modos de transmisión, y los tejidos diana son accesibles ya que existen receptores ACE2 a lo largo de todo el tracto respiratorio. Este modo de transmisión amplía el conocimiento anterior basado en el contacto directo con las secreciones respiratorias de una persona infectada o indirecto a través de fómite".

A pesar de ello, todavía existen incertidumbres sobre la contribución relativa de cada método de transmisión y su nivel

Tabla 16.

RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE LA TRANSMISIÓN DEL SARS-COV-2 COMO AEROSOL		
DEPENDIENTES DE LA PERSONA	USO DE LA MASCARILLA	En espacios tanto exteriores como interiores
		Debidamente homologadas y que cubran nariz, boca y mentón
		Personal sanitario y esencial deberá usar una mascarilla de protección ajustada al riesgo de exposición
		No sobrepasar las horas de uso
DISTANCIA INTERPERSONAL	Mantener distancia superior a 1,5 o 2 m	Evitar sitios con aglomeraciones (elegir sitios con reducción de aforo)
SONIDO AMBIENTAL	Tono de voz bajo (no gritar)	Reducir ruido ambiental
ACTIVIDAD Y OCIO	Realizar todas las actividades posibles al aire libre	Evitar ambientes interiores y mal ventilados
		Reducir la permanencia al máximo de ambientes interiores
DEPENDIENTES DEL ESCENARIO	VENTILACIÓN NATURAL	Aumentar la ventilación natural por medio de apertura de puertas y ventanas
		Preferible de manera continua, sino por periodos de tiempo a intervalos cortos
	VENTILACIÓN MECÁNICA	Los sistemas de climatización deben evitar la recirculación de aire y maximizar la entrada de aire exterior
		Ventilación mínima mediante aportación del exterior de 12,5 l/seg/persona (recomendado aumentar si se realizan actividades que impliquen mayor emisión aerosoles)
PURIFICADORES DE AIRE Y RETENEDORES DE BIOAEROSOL	Usar filtros de alta calidad y eficacia	
	Uso de filtros HEPA	
	Tratamientos germicidas (de forma excepcional si no se pueden llevar a cabo las dos medidas anteriores)	

Los medidores de CO₂ pueden ayudar a comprobar si la ventilación es adecuada (utilizados bajo criterios de los técnicos y las necesidades del local o del edificio)

Fuente: Adaptada del resumen de las recomendaciones del documento técnico sobre la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosol del Ministerio de Sanidad. (25)

de contagiosidad. Sin embargo, hasta la disponibilidad de tratamientos médicos que puedan reducir o parar el avance de esta pandemia, las evidencias científicas (117) garantizan que existen tres métodos simples y directos para combatir la amenaza, que dependen de la colaboración de toda la población y un uso apropiados: **i) distanciamiento físico de al menos 1,5 m**, presentando mayor efectividad en distancias superiores a 2 m; **ii) protección respiratoria**, con el uso de mascarillas, ajustando el nivel de protección de las mismas, en función de la actividad que se vaya a realizar, **iii) higiene de manos y superficies**, que proporciona beneficios adicionales. Por otro lado, se encuentran otras estrategias para enfatizar la reducción de transmisión por aerosoles como el **favorecer la ventilación de entornos cerrados y fomentar las actividades al aire libre**. Para ello, Mowraska et al. (71) resumen las siguientes recomendaciones para proteger a sanitarios, pacientes y población en general:

- **Asegurar la ventilación de interiores**, mejorando y/o aumentando la tasa de intercambio de aire del exterior.
- **Evitar la recirculación (sin filtración) de aire** de los sistemas de ventilación.
- **Incluir sistemas de desinfección y filtrado de aire** y vigilar posibles áreas de estancamiento de aire.

- **Evitar la congestión** en interiores limitando/minimizando el número de personas presentes al mismo tiempo.

Todas estas medidas deben ser tenidas en cuenta y analizadas para cada caso específico. Científicos y expertos destacan la importancia de entender, que hay determinados momentos y lugares en los que la propagación del virus es más importante que en otros; conocido como “heterogeneidad espacio-temporal” (118). Esta variabilidad de la dispersión de la enfermedad implica, que diferentes intervenciones en la protección de la salud pública, serán más o menos efectivas dependiendo de cuándo o dónde son utilizadas:

- EPIs y mejora de la ventilación en unos casos,
- distanciamiento social,
- desinfección de superficies en otros.

Mientras tanto, las recomendaciones mencionadas de distanciamiento, evitar aglomeraciones, minimizar tiempo de exposición, mantener la higiene y el uso de mascarillas, proporcionan una protección básica y cuya efectividad está en manos de la sociedad en conjunto.

8. Referentes bibliograficos

1. Calvo torres A. Características de los coronavirus, medidas de prevención y persistencias en superficies inertes. PHARMATECH. 2020;50:52-63.
2. Diario Oficial de la Unión Europea. DIRECTIVA (UE) 2020/739 DE LA COMISIÓN de 3 de junio de 2020. 2020 p 11-4.
3. Coronavirus: qué le hace el jabón al virus causante de la covid-19. BBC News Mundo. 29 marzo 2020.
4. Tellier R, Li Y, Cowling BJ, Tang JW. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: A commentary. BMC Infect Dis. 2019;19(1):1-9.
5. Perez-diaz JL. Comentario al Documento técnico Prevención y control de la infección en el manejo de pacientes con COVID-19 [internet]. abril 2020 [citado 30 de mayo de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340742483_Comentario_al_Documento_tecnico_Prevencion_y_control_de_la_infeccion_en_el_manejo_de_pacientes_con_COVID-19_Version_14_de_abril_de_2020_editado_por_el_ministerio_de_Sanidad_de_Espana
6. SEMERGEN, SEMFYC, SEMG, SEMES, SEMPSPH, CGCOM, et al. Documento técnico: Prevención y control de la infección en el manejo de pacientes con COVI-19 [Internet]. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. 2020 junio. Disponible en: <https://www.mschs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos.htm>
7. Prather KA, Marr LC, Schooley RT, McDiarmid MA, Wilson ME, Milton DK. Airborne transmission of SARS-CoV-2. Science. 2020;370(6514):303-4.
8. Real Decreto-ley 21/2020 de 9 de junio, de medidas urgentes de prevención, contención y coordinación para hacer frente a la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19 (Boletín Oficial del Estado, número 163, de 10-06-2020).
9. Gobierno de España. ¿Cuándo es obligatorio el uso de la mascarilla en la nueva normalidad? [Internet]. Presidencia del Gobierno. 2020 [citado 11 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.lamoncloa.gob.es/covid-19/Paginas/uso-mascarilla-nueva-normalidad.aspx>
10. Seinfeld J, Pandis S. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York. 2006. Disponible en: <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.882420>
11. Verreault D, Moineau S, Duchaine C. Methods for Sampling of Airborne Viruses. Microbiol Mol Biol Rev. 2008;72(3):413-44.
12. EPA. Particulate Matter (PM) Basics [Internet]. [citado el 15 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
13. Fiegel J, Clarke R, Edwards DA. Airborne infectious disease and the suppression of pulmonary bioaerosols. Drug Discov Today. 2006;11(1-2):51-7.
14. Johnson GR, Morawska L, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Chao CYH, et al. Modality of human expired aerosol size distributions. J Aerosol Sci. 2011;42(12):839-51.
15. Hadei M, Hopke PK, Jonidi A, Shahsavani A. A letter about the airborne transmission of sars-cov-2 based on the current evidence. Aerosol Air Qual Res. 2020;20(5):911-4.
16. Salas J. ¿Se transmite por el aire el coronavirus? [Internet]. El pais. 14 de junio de 2020. [citado el 10 de septiembre]. Disponible en: <https://elpais.com/ciencia/2020-06-13/se-transmite-por-el-aire-el-coronavirus.html>
17. Normalización Española. UNE 77213:1997. Calidad del aire. Definiciones de las fracciones de los tamaños de partículas para el muestreo asociado a problemas de salud. 1997.
18. Parlamento Europeo de la UE. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Diario Oficial de la Unión Europea. Serie L 2008 p. 1-44.
19. EPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter: Volume 2. 2004: (October).
20. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project: Technical Report. Copenhagen. 2013.
21. Daniel V. Airborne particulate matter and their health effects. Encyclopédie de l'environnement [Internet]. [citado 9 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/health/airborne-particulate-health-effects/>
22. CFDC. What 's in our gasoline is killing us Mobile Source Air Toxics (MSATs) and the Threat to Public Health. 2019.

23. Perez-Diaz J. Possible human alveoli to alveoli transmission mechanism for Covid-19 under quiet normal breathing conditions. ReseachGate. 2020;(April):1-282.
24. Huang S. COVID-19: Why we should all wear masks — There is new scientific rationale [Internet]. 2020 [citado 20 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://medium.com/@Cancerwarrior/covid-19-why-we-should-all-wear-masks-there-is-new-scientific-rationale-280e08ceee71>
25. Ministerio de Sanidad. Documento técnico: Evaluación del riesgo de la transmisión de SARAS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones [Internet]. 2020. [Citado el 10 de diciembre]. Disponible en: <https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos.htm>
26. Alcamí A, Val M, Hernán M, Idaeá-csic XQ, Robustillo A. Informe científico sobre vías de transmisión SARS-CoV-2 [Internet]. Ministerio de Ciencia e Innovación de España. 2020. [Citado el 10 de diciembre]. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Prensa/FICHEROS/Informe_Aerosoles_COVID_MCienciaInnov.pdf
27. Sturm R. Modeling the deposition of bioaerosols with variable size and shape in the human respiratory tract — A review. *J Adv Res.* 2012;3(4):295-304.
28. Rijt SH Van, Bein T, Meiners S. Medical nanoparticles for next generation drug delivery to the lungs. *Eur Respir j.* 2014;44:765-74.
29. Tang JW, Nicolle A, Pantelic J, Koh GC, de Wang L, Amin M, et al. Airflow dynamics of coughing in healthy human volunteers by shadowgraph imaging: An aid to aerosol infection control. *PLoS One.* 2012;7(4).
30. Tang JW, Nicolle AD, Klettner CA, Pantelic J, Wang L, Suhaimi A Bin, et al. Airflow Dynamics of Human Jets: Sneezing and Breathing - Potential Sources of Infectious Aerosols. *PLoS One.* 2013;8(4):1-7.
31. Teague. AirShield. A commercially viable solution to social distancing for air travel. White Paper. 2020.
32. Bahl P, Doolan C, de Silva C, Chughtai AA, Bourouiba L, MacIntyre CR. Airborne or Droplet Precautions for Health Workers Treating Coronavirus Disease 2019?. *J Infect Dis.* 2020;1-8.
33. Dbouk T, Drikakis D. On coughing and airborne droplet transmission to humans. *Phys Fluids.* 2020;32(5).
34. Blocken B, Malizia F, van Druenen T, Marchal T. Towards aerodynamically equivalent COVID19 1.5 m social distancing for walking and running. *Urban Phys.* 2020;11.
35. Lindsley WG, Pearce TA, Hudnall JB, Davis KA, Davis SM, Fisher MA, et al. Quantity and size distribution of cough-generated aerosol particles produced by influenza patients during and after illness. *J Occup Environ Hyg.* 2012;9(7):443-9.
36. Bar-On Y, Flamholz A, Phillips R. SARS-CoV-2 (COVID-19) by the numbers. *Ann Intern Med.* 2020;172(10):697-8.
37. Ranjan A. Coronavirus Symptoms and Prevention Explained Through Medical Animation. [Internet]. Scientific AnimationsTM. [citado 9 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.scientificanimations.com/coronavirus-symptoms-and-prevention-explained-through-medical-animation/>
38. Allen J. We cannot keep ignoring the possibility of airborne transmission. Here's how to address it. *The Washington Post.* may 26 2020.
39. Fears A, Klimstra W, Duprex P, Hartman A, Weaver S, Plante K, et al. Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions. *medRxiv Prepr Serv Heal Sci.* 2020;2.
40. Van Doremalen N, Bushmaker T, Morris D, Holbrook M. Aerosol and Surface Stability of SARSCoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *Nejm.* 2020;0-2.
41. Kim J-M, Chung Y-S, Jo HJ, Lee N-J, Kim MS, Woo SH, et al. Identification of Coronavirus Isolated from a Patient in Korea with COVID-19 Osong Public Health and Research Perspectives. *Public Heal Res Perspect.* 2020;11(1):3-7.
42. Klompas M, Baker MA, Rhee C. Airborne transmission of SARS-CoV-2. Theoretical Considerations and Available Evidence. *JAMA.* 2020;324(5):441-2.
43. Morawska L, Milton DK, Mar L. It is time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis.* 2020.
44. Jones RM BL, Brosseau L.M. Aerosol transmission of infectious disease. *J Occup Env Med.* 2015;57(5):501-8.
45. Buonanno G, Stabile L, Morawska L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environ Int.* 2020;141(May):105794.
46. Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2020;117(22):11875-7.
47. Centro de coordinación de Alertas y Emergencias. Información científico-técnica. Enfermedad por coronavirus, COVID 19 [Internet]. 2020. [citado el 15 de octubre 2020]. Disponible en: <https://www.msbs.gob.es/pro->

- fesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos.htm
48. Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*. 2020;581(7809):465-9.
 49. Gutiérrez-Hernández O, García L V. ¿Influyen tiempo y clima en la distribución del nuevo coronavirus (SARS CoV-2)? Una revisión desde una perspectiva biogeográfica. *Investig Geográficas*. 2020;73:31.
 50. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen H-L, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*. 2020;1(1):e10.
 51. Riddell S, Goldie S, Hill A, Eagles D, Drew TW. The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces. *Virology*. 2020;17(1):1-7.
 52. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect*. 2020;104(3):246-51.
 53. DHS S. Estimated Natural Decay of SARS-CoV-2 (virus that causes COVID-19) on surfaces under a range of temperatures and relative humidity [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.dhs.gov/science-and-technology/sars-calculator>
 54. CDC. Guidance for Cleaning and Disinfecting. *US Centers Dis Control Prev*. 2020;69(16).
 55. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. 2020;1-19.
 56. Park SY, Kim YM, Yi S, Lee S, Na BJ, Kim CB, et al. Coronavirus disease outbreak in call center, South Korea. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(8):1666-70.
 57. Moriarty LF, Plucinski MM, Marston BJ, Kurbatova E V, Knust B, Erin L. Public Health Responses to COVID-19 Outbreaks on Cruise Ships — Worldwide , February – March 2020. 2020;69(12):347-52.
 58. Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, et al. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice. *Morb Mortal Wkly Rep High*. 2020;69(19):606-10.
 59. El ensayo de un coro de góspel provoca un brote de coronavirus en Barcelona [Internet]. *El Confidencial*. 22 de septiembre 2020. [citado el 20 de octubre 2020]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/espana/coronavirus/2020-09-22/ensayo-coro-gospel-brote-coronavirus-barcelona_2757844/
 60. Lednicky JA, Shankar SN, Elbadry MA, Gibson JC, Alam MM, Stephenson CJ, et al. Collection of SARS-CoV-2 virus from the air of a clinic within a university student health care center and analyses of the viral genomic sequence. *Aerosol Air Qual Res*. 2020;20(6):1167-71.
 61. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*. 2020;582(7813):557-60.
 62. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, Morwitzer MJ, Creager HM, Santarpia GW, et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Sci Rep*. 2020;10(1):1-8.
 63. Kenarkoohi A, Noorimotlagh Z, Falahi S, Amarloei A, Mirzaee SA, Pakzad I, et al. Hospital indoor air quality monitoring for the detection of SARS-CoV-2 (COVID-19) virus. *Sci Total Environ*. 2020;748:141324.
 64. Jie Zhou, Jonathan A. Otter, James R. Price, Cristina Cimpeanu, Danel Meno Garcia, James Kinross, Piers R Boshier, Sam Mason FB. Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London. *Oxford Univ Press Infect Dis Soc Am*. 2020;1-8.
 65. Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Ong SWX, Gum M, Lau SK, et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. *Nat Commun*. 2020;11(1).
 66. Orenes-Piñero E, Baño F, Navas-Carrillo D, Moreno-Docón A, Marín JM, Misiego R, et al. Evidences of SARS-CoV-2 virus air transmission indoors using several untouched surfaces: A pilot study. *Sci Total Environ*. 2021;751:142317.
 67. Leonard S, Atwood CW Jr, Walsh BK, DeBellis RJ, Dungan GC, Strasser W WJ. Preliminary Findings on Control of Dispersion of Aerosols and Droplets During High-Velocity Nasal Insufflation Therapy Using a Simple Surgical Mask: Implications for the High-Flow Nasal Cannula. *Chest*. 2020;158(3):1046-9.
 68. Allen J. Elevator etiquette in 9 easy steps for returning to the workplace. *USA TODAY*. [Internet]. 2020 [citado 10 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://eu.usatoday.com/story/opinion/2020/06/02/return-to-office-strategy-elevator-etiquette-9-easy-steps-column/5302164002/>
 69. Ministerio para la transición Ecológica y el reto Demográfico, Ministerio de Sanidad, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Sistema climatización de edificios y locales para la prevención de la propagación del sars-cov-2 [Internet]. 2020. [citado 13 de

- octubre 2020]. Disponible en:
https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/Recomendaciones_de_operacion_y_mantenimiento.pdf
70. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Ventilación en edificios. [internet] 2020 [citado 01 de diciembre]. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>
71. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int.* 2020;142.
72. Ministerio de Sanidad, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2. 2020.
73. REHVA. How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) in workplaces. *Rehva.* 2020;2020(i):8.
74. Stewart EJ, Olmsted RN, Schoen LJ, Vernon W, Conlan W. Documento de Posicionamiento de ASHRAE sobre Aerosoles Infecciosos. 2020.
75. The Science Times. Austria Has 90% Drop in Coronavirus Cases After Requiring People to Wear Face Masks. [Internet]. 2020 [citado 13 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.sciencetimes.com/articles/25410/20200421/austria-90-drop-coronavirus-cases-requiring-people-wear-face-masks.htm>
76. Turin S. El experimento que muestra lo que expulsa una persona que no utiliza mascarilla. [Internet]. *El Mundo.* 2020 [citado 11 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2020/06/29/5ef9857621efa0245c8b45ce.html>
77. Paños Correas M. Productos sanitarios y EPIs en tiempos del Covid-19. *PHARMATECH.* 2020;50:78-82.
78. Resolución de 23 de abril de 2020, de la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, referente a los equipos de protección individual en el contexto de la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. (Boletín oficial del estado, número 115, de 25-04-2020,p. 30282-6).
79. 3M. Comparison of FFP2 , KN95 , and N95 and Other Filtering Facepiece Respirator Classes 3M Personal Safety Division. 2020;2:2-4.
80. Ministerio de Sanidad. Dirección Genral de Salud Pública subcomité de respuesta a la emergencia. Medidas de Control de la infección. Plan de prevención y respuesta ante una pandemia de gripe. 2005.
81. Ministerio de Sanidad y Política Social. Recomendaciones para la prevención de la infección en los centros sanitarios ante casos de infección por el nuevo virus de la gripe (H1N1) o de la gripe estacional. 2009.
82. Ministerio de Consumo. ¿Qué debes tener en cuenta al comprar una mascarilla?. 2020.
83. Ministerio de Industria Comercio y Turismo, Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. Mercado CE de las mascarillas quirúrgicas (Producto Sanitario). 2020.
84. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Preguntas frecuentes sobre mascarillas higiénicas (reutilizables y no reutilizables) en el contexto del COVID-19, Versión 3. 2020.
85. Servicio Murciano de salud. Banco de preguntas Preevid. Murciasalud [Internet]. 2020 [citado 29 de noviembre de 2020]. Disponible en:
<http://www.murciasalud.es/preevid.php?op=banco&ema=761&idsec=453>
86. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica SEPAR. Manual SEPAR de Procedimientos: Medidas preventivas para el control de las enfermedades respiratorias y de transmisión aérea. 2010.
87. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Recommended Guidance for Extended use and limited reuse of N95 Filtering Facepiece Respirators in healthcare Settings. 2020
88. Rebmann T, Carrico R, Wang J. Physiological and other effects and compliance with long-term respirator use among nurses in the medical intensive care unit. *Am J Infect Control.* 2013;41(12):1218-1223.
89. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). “Suggested facemask or respirator use, based upon distance from a patient with suspected or known COVID 19 and use of source control”. [Internet]. 2020 [citado 20 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirators-strategy/crisis-alternate-strategies.html>
90. Fisher E, Shafer R. Commentary Considerations for Recommending Extended Use and Limited Reuse of Filtering Facepiece Respirators in Health Care Settings. *J Occup Environ Hyg.* 2014;11(8):D115-D128.
91. Desai AN, Mehrotra P. Medical masks are a tool that can be used to prevent the spread of respiratory infection [Internet]. *JAMA.* 2020 [citado 10 de octubre de

- 2020]. Disponible en:
<https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762694>
92. Xiao J, Shiu EYC, Gao H, Wong JY, Fong MW, Ryu S, et al. Nonpharmaceutical Measures for Pandemic Influenza in Nonhealthcare Settings, Personal Protective and Environmental Measures. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(5):967-75.
93. Tufekci Z, Howard J, Greenhalgh T. The Real Reason to Wear a Mask. *The Atlantic* [Internet]. 2020 [citado 3 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.theatlantic.com/health/archive/2020/04/dont-wear-mask-yourself/610336/>
94. Sanidad M de. Orden SND/354/2020, de 19 de abril, por la que se establecen medidas excepcionales para garantizar el acceso de la población a los productos de uso recomendados como medidas higiénicas para la prevención de contagios por el COVID-19. *Boletín Oficial del Estado* 2015 p. 29330-4.
95. INSST Centro Nacional de Medios de Protección. Comparativas de especificaciones técnicas aplicables a mascarillas autofiltrantes [Internet]. 2020 [citado 2 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/693030/Comparativa+especificaciones+t%C3%A9cnicas+Mascarillas+%2818.03.20%29/a48446b9-cfd6-4456-9303-8d75d85a02dd>
96. Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, Chan KH, McDevitt JJ, Hau BJP, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nat Med.* 2020;26(5):676-80.
97. Ministerio de Sanidad. Procedimientos de actuación para los servicios de prevención de riesgos laborales frente a la exposición al SARS-Cov-2. Naturaleza de las Actividades y Evaluación del Riesgo de Exposición al SARS-CoV-2 [Internet]. 2020. [citado el 10 de diciembre]. Disponible en:
https://www.msbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/PrevencionRRL_COVID-19.pdf
98. Kumar A, Kasloff S, Leung A, Cutts T, Strong J, Hills K, et al. N95 Mask Decontamination using Standard Hospital Sterilization Technologies. *MedRxiv.* 2020.
99. Fischer RJ, Morris DH, Van Doremalen N, Sarchette S, Matson MJ, Bushmaker T, et al. Effectiveness of N95 respirator decontamination and reuse against SARS-CoV-2 virus. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(9):2253-5.
100. El Mundo. Un estudio tecnológico concluye que las mascarillas FFP2 y FFP3 se pueden desinfectar y reutilizar [Internet]. 2020 [citado 6 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2020/06/22/5ef0e3ef21efa01a618b457b.html>
101. Liao L, Xiao W, Zhao M, Yu X, Wang H, Wang Q, et al. Can N95 Respirators Be Reused after Disinfection? How Many Times? *ACS Nano.* 2020;14(5):6348-56.
102. Orden SND/326/2020, de 6 de abril, por la que se establecen medidas especiales para el otorgamiento de licencias previas de funcionamiento de instalaciones y para la puesta en funcionamiento de determinados productos sanitarios sin marcado CE con ocasión de la crisis sanitaria provocada por el COVID-19. (*Boletín Oficial del Estado*, número 97, de 07-04-2020, p. 28415-7).
103. Resolución de 20 de marzo de 2020, de la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, sobre especificaciones alternativas a las mascarillas EPI con marcado CE europeo. (*Boletín Oficial del Estado*, número 77, 20-03-2020, p. 26479-80).
104. Resolución de 28 de septiembre de 2020, de la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, referente a los equipos de protección individual en el contexto de la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. (*Boletín Oficial del Estado*, número 259, 30-09-2020, p. 82281-3).
105. OCU. Mascarillas que no ofrecen garantías. [Internet]. 2020 [citado 6 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.ocu.org/salud/bienestar-prevencion/noticias/mascarillas-filtrantes-ilegales#>
106. Archilla V. Mascarillas respiratorias y los modelos KN95 [Internet]. *LinkedIn.* 2020 [citado 1 de octubre de 2020]. Disponible en:
<https://www.linkedin.com/pulse/mascarillas-respiratorias-y-los-modelos-kg95-victor-archilla-phd/>
107. Resolución de 13 de noviembre de 2020, de la Dirección General de Cartera Común de Servicios del Sistema Nacional de Salud y Farmacia, por la que se publica el Acuerdo de la Comisión Interministerial de Precios de los Medicamentos, de 12 de noviembre de 2020, por el que se revisan los importes máximos de venta al público, en aplicación de lo previsto en artículo 94.3 del texto refundido de la ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de Julio. (*Boletín Of del Estado*, número 301, de 16/11/2020).
108. García Carpintero E, Cárdbaba Arranz M, Sánchez Gómez L. Revisión bibliográfica sobre eficacia y seguridad de

- la luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies. Ministerio de Sanidad. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del Instituto de Salud Carlos III. 2020.
109. Lai CC, Shih TP, Ko WC, Tang HJ, Hsueh PR. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *Int J Antimicrob Agents*. 2020;55(3):105924.
110. Pérez-Díaz J. Revisión bibliográfica sobre desinfección de virus de la familia Coronaviridae. *Counterfog EBT la UAH*. 2020;1-7.
111. Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Med Microbiol Immunol*. 2005;194(1-2):1-6.
112. Rabenau HF, Kampf G, Cinatl J, Doerr HW. Efficacy of various disinfectants against SARS coronavirus. *J Hosp Infect*. 2005;61(2):107-11.
113. Ministerio De Sanidad Español. Nota Informativa sobre la aplicación del artículo 55.1 del Reglamento (UE) Nº 528/2012 a las sustancias activas, PROPAN-2-OL y PROPAN-1-OL, y productos biocidas que las contengan, previamente autorizados por este procedimiento. 2020.
114. Ministerio De Sanidad Español. Nota sobre el uso de productos biocidas para la desinfección del COVID-19 (versión 27 abril 2020). 2020.
115. Ministerio De Sanidad Español. Productos virucidas autorizados en España (versión 19 junio 2020). 2020.
116. Ministerio De Sanidad Español. Nota sobre el uso de productos que utilizan la radiación ultravioleta-C para la desinfección del SARS-COV-2. Actualización 3 de julio. 2020.
117. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2020;395(10242):1973-87.
118. Rogers A. To Beat Covid-19, You Have to Know How A Virus Moves [Internet]. *Wired*. 2020 [citado 7 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.wired.com/story/to-beat-covid-19-you-have-to-know-how-a-virus-moves/>

9. Anexos

ANEXO I. Revisión de materiales para la fabricación de mascarillas

TIPO DE FILTRO	Número	111 cm ² área de máscara			67 cm ² área de máscara			43 cm ² área de máscara		
		de capas	% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar	Caída de presión (mbar)	% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar	Caída de presión (mbar)	% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar
Mascarilla N95	1	98.16%	0.49%	1	95.32%	1.42%	3	94.39%	0.97%	5
3M Filtrete™ Filtro aire electrostático HVAC	1	89.10%	1.47%	1	55.38%	1.52%	5	58.51%	1.30%	6
3M Filtrete™ Filtro aire electrostático HVAC	2	93.83%	2.41%	3	85.92%	2.45%	5	86.48%	2.51%	6
3M Filtrete™ Filtro aire electrostático HVAC	3	98.88%	N/A	2	94.75%	N/A	6	96.32%	N/A	9
Bolsa de aspirador (Hoover)	1	99.58%	0.73%	4	99.48%	0.71%	12	99.72%	0.71%	19
Filtro de café Natural Brew	3	24.10%	2.30%	5	40.10%	7.40%	11	43.91%	6.20%	20
Filtro de café Brew Rite	3	N/A	N/A	5	N/A	N/A	11	0.5028	0.062	20
Filtro de horno - BestAir	1	44.17%	9.34%	1	35.71%	9.49%	1	32.62%	9.43%	5
Filtro de horno - BestAir	2	75.80%	2.46%	3	67.72%	2.37%	2	58.24%	2.49%	3
Filtro de horno - BestAir	3	81.69%	N/A	2	80.78%	N/A	2	84.56%	N/A	4
Filtro de horno - BestAir	4	89.41%	0.76%	1	86.84%	5.90%	2	82.51%	2.35%	4
Filtro de horno - BestAir	5	92.59%	N/A	1	88.63%	N/A	2	87.41%	N/A	4
Filtro de horno - BestAir	6	94.75%	N/A	1	91.81%	N/A	3	90.29%	N/A	5
Filtro de horno - BestAir	7	96.74%	N/A	2	93.72%	N/A	3	93.80%	N/A	3
Filtro de horno - BestAir	8	98.04%	2.04%	1	95.29%	2.05%	3	94.38%	2.10%	4
API Carbón activo (fino) + 1 capa HEPA	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.9016	0.0067	19
API Carbón activo (grueso) + 1 capa HEPA	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.7993	0.03	14
3M Filtrete™ - Filtro SmartAir	1	79.81%	3.33%	1	79.62%	3.58%	2	73.46%	3.50%	4
3M Filtrete™ - Filtro SmartAir	2	96.46%	2.54%	2	95.47%	2.52%	5	92.04%	2.60%	6
3M Filtrete™ - Filtro SmartAir	3	99.28%	N/A	3	98.50%	N/A	5	97.55%	N/A	7
3M Filtrete™ - Filtro SmartAir	4	99.72%	0.76%	3	99.49%	0.76%	5	98.97%	0.74%	8
Bandana (100% algodón)	1	7.82%	12.15%	0	N/A	N/A	3	7.97%	12.00%	2
Bandana (100% algodón)	2	18.20%	6.77%	0	N/A	N/A	2	7.76%	7.00%	2
Bandana (100% algodón)	3	18.59%	N/A	1	N/A	N/A	3	7.08%	N/A	2
Bandana (100% algodón)	4	19.54%	5.37%	1	N/A	N/A	3	10.19%	5.24%	4
Bufanda (hilo de lana)	1	19.12%	11.23%	0	N/A	N/A	2	24.19%	11.23%	2
Bufanda (hilo de lana)	2	21.27%	5.76%	1	N/A	N/A	2	23.85%	6.32%	3
Bufanda (hilo de lana)	3	25.07%	N/A	1	N/A	N/A	3	23.95%	N/A	3
Bufanda (hilo de lana)	4	48.81%	3.85%	1	N/A	N/A	3	28.07%	3.84%	3
Funda de almohada de 400 hilos	1	N/A	N/A	2	N/A	N/A	3	0.1051	0.0812	3
Funda de almohada de 400 hilos	2	N/A	N/A	2	N/A	N/A	3	0.1349	0.0639	5
Funda de almohada de 400 hilos	3	18.59%	N/A	1	14.09%	N/A	4	10.28%	N/A	5
Funda de almohada de 400 hilos	4	25.25%	5.20%	2	27.60%	5.47%	4	19.92%	5.37%	5
Funda de almohada de 600 hilos	1	21.00%	10.31%	3	19.14%	9.85%	6	18.41%	10.15%	17
Funda de almohada de 600 hilos	2	22.01%	8.38%	5	40.67%	8.16%	9	38.19%	8.29%	13
Funda de almohada de 600 hilos	3	41.40%	N/A	7	47.53%	N/A	14	48.44%	N/A	18
Funda de almohada de 600 hilos	4	58.45%	6.60%	10	57.79%	2.50%	16	56.58%	12.12%	22
Mascarilla quirúrgica	-	78.47%	5.63%	1	74.57%	5.47%	3	68.95%	5.50%	4
Mascarilla N95 (SDELIC)	-	98.66%	N/A	2	96.07%	N/A	5	91.04%	0.007	6
Mascarilla KN95 (NIDI)	-	94.50%	0.71%	2	95.49%	0.70%	3	90.08%	N/A	5
Mascarilla KN95 (JINJIANG)	-	99.86%	0.39%	3	98.75%	0.39%	4	97.10%	0.40%	6
1000 hilos	1	15.47%	10.34%	2	N/A	N/A	5	16.99%	10.50%	10
1000 hilos	2	31.28%	8.73%	5	24.23%	8.33%	9	46.55%	8.60%	14
1000 hilos	3	50.82%	N/A	8	39.37%	N/A	14	55.05%	N/A	16
1000 hilos	4	55.09%	6.84%	11	63.46%	6.76%	16	62.33%	7.00%	21
Filtro de aire doméstico	1	44.92%	3.25%	1	33.41%	8.16%	2	28.34%	4.59%	5
Filtro de aire doméstico	2	67.71%	1.22%	1	60.42%	3.23%	2	49.89%	1.53%	4
Filtro de aire doméstico	3	81.56%	1.53%	1	74.15%	5.47%	2	62.06%	0.69%	4
Filtro de aire doméstico	4	88.95%	0.50%	1	82.67%	1.21%	2	71.19%	1.01%	4
30# papel de filtro de café	1	6.66%	4.82%	3	22.88%	2.44%	5	18.77%	4.12%	12
30# papel de filtro de café	2	14.93%	1.38%	5	30.53%	2.76%	6	35.55%	2.71%	15
Papel de limpieza industrial	1	27.21%	1.20%	2	33.48%	2.59%	5	34.15%	2.84%	14
Papel de limpieza industrial	2	45.75%	0.93%	3	48.92%	1.92%	9	50.01%	2.55%	15

Continúa

TIPO DE FILTRO	Número de capas	111 cm ² área de máscara			67 cm ² área de máscara			43 cm ² área de máscara		
		% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar	Caída de presión (mbar)	% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar	Caída de presión (mbar)	% partículas 0.3 µm eliminadas	Desv. Estándar	Caída de presión (mbar)
Papel de limpieza industrial	3	58.95%	1.06%	4	60.13%	1.57%	10	64.57%	1.89%	18
Papel de limpieza industrial	4	68.42%	0.55%	5	70.90%	0.75%	13	72.35%	1.01%	21
tejido de punto 1	1	28.14%	1.67%	1	17.56%	1.59%	2	13.32%	3.27%	4
tejido de punto 1	2	43.37%	0.75%	1	33.92%	1.65%	2	24.63%	2.80%	4
tejido de punto 1	3	52.58%	1.04%	1	43.73%	1.94%	3	39.93%	2.22%	6
tejido de punto 1	4	63.59%	0.96%	2	56.37%	1.37%	3	53.59%	2.09%	6
tejido de punto 2	1	4.60%	3.66%	1	3.24%	1.85%	3	16.11%	3.67%	4
tejido de punto 2	2	33.44%	25.36%	1	15.06%	1.83%	3	16.07%	4.84%	4
tejido de punto 2	3	21.69%	2.50%	1	18.99%	2.72%	3	21.14%	2.17%	4
tejido de punto 2	4	30.24%	1.49%	1	17.92%	2.50%	3	26.04%	2.52%	5

Fuente: Fuente: Yang Wang (yangwang@mst.edu)

ANEXO II. Revisión bibliográfica sobre supervivencia de coronavirus en distintos tipos de superficies

Virus	Tipo de superficie	Temperatura	Supervivencia	Referencia
MERS-CoV	Acero	20 °C	48 horas	Van Doremalen et al., 2013
MERS-CoV	Acero	30 °C	8-24 horas	Van Doremalen et al., 2013
TGEV	Acero	4°C	> 28 días	Casanova et al., 2010
TGEV	Acero	20 °C	3-28 días	Casanova et al., 2010
TGEV	Acero	40°C	4-96 horas	Casanova et al., 2010
MHV	Acero	4°C	> 28 días	Casanova et al., 2010
MHV	Acero	20 °C	4-28 días	Casanova et al., 2010
MHV	Acero	40°C	4-96 horas	Casanova et al., 2010
HCoV	Acero	21 °C	5 días	Warnes et al., 2015
HCoV	Aluminio	21 °C	2-8 horas	Sizun et al., 2000
SARS-CoV-1	Metal	Temperatura ambiente	5 días	Duan et al., 2003
SARS-CoV-1	Madera	Temperatura ambiente	4 días	Duan et al., 2003
SARS-CoV-1	Papel	Temperatura ambiente	4-5 días	Duan et al., 2003
SARS-CoV-1	Papel	Temperatura ambiente	24 horas	Lai et al., 2005
SARS-CoV-1	Cristal	Temperatura ambiente	4 días	Duan et al., 2003
HCoV	Cristal	21 °C	5 días	Warnes et al., 2015
SARS-CoV-1	Plástico	22-25 °C	≤ 5 días	Chan et al., 2011
MERS-CoV	Plástico	20 °C	48 horas	Van Doremalen et al., 2013
MERS-CoV	Plástico	30 °C	8-24 horas	Van Doremalen et al.,
HCoV	Goma de silicona	21°C	5 días	Warnes et al., 2015
HCoV	Guante de látex	21 °C	< 8 horas	Sizun et al., 2000
SARS-CoV	Bata desechable	Temperatura ambiente	2 días	Lai et al., 2005
HCoV	Cerámica	21°C	5 días	Warnes et al., 2015
HCoV	Teflón	21°C	5 días	Warnes et al., 2015

MERS = Síndrome respiratorio de Oriente Medio. HCoV = coronavirus humano. TGEV = Virus de la gastroenteritis transmisible de cerdos. MHV = Virus de la hepatitis murina. SARS = Síndrome respiratorio agudo grave.

Fuente: Kampft et al. (2020) (52)

ANEXO III. Revisión bibliográfica sobre eficacia en solución de distintos desinfectantes frente a varios coronavirus

Desinfectante	Concentración	Virus	Tiempo de contacto	Reducción Logarítmica	Referencia
Etanol	95%	SARS-CoV-1	30 s	5,5	Rabenau et al., 2005
Etanol	85%	SARS-CoV-1	30 s	5,5	Rabenau et al., 2005
Etanol	80%	SARS-CoV-1	30 s	4,3	Rabenau et al., 2005
Etanol	80%	MERS-CoV	30 s	>4	Siddharta et al., 2017
Etanol	78%	SARS-CoV-1	30 s	5	Rabenau et al., 2005
Etanol	70%	MHV	10 min	>3,9	Saknimit et al., 1988
Etanol	70%	CCV	10 min	>3,3	Saknimit et al., 1988
2-Propanol	100%	SARS-CoV-1	30 s	≥3,3	Rabenau et al., 2005
2-Propanol	75%	SARS-CoV-1	30 s	≥4	Siddharta et al., 2017
2-Propanol	75%	MERS-CoV	30 s	≥4	Siddharta et al., 2017
2-Propanol	70%	SARS-CoV-1	30 s	≥3,3	Rabenau et al., 2005
2-Propanol	50%	MHV	10 min	>3,7	Saknimit et al., 1988
2-Propanol	50%	MHV	10 min	>3,7	Saknimit et al., 1988
2-Propanol y 1-propanol	45 %y 30 %	SARS-CoV-1	30 s	≥4,3	Rabenau et al., 2005
2-Propanol y 1-propanol	45 %y 30 %	SARS-CoV-1	30 s	≥2,8	Rabenau et al., 2005
Cloruro de benzalconio	0,2 %	HCoV	10 min	0	Woody Payne,1998
Cloruro de benzalconio	0,05 %	MHV	10min	>3,7	Saknimit et al., 1988
Cloruro de benzalconio	0,05 %	CCV	10min	>3,7	Saknimit et al., 1988
Cloruro de benzalconio	0,00175 %	CCV	3 días	3	Pratelli, 2007
Clorhexidina digluconato	0,02 %	MHV	10 min	0,7 - -0,8	Saknimit et al., 1988
Clorhexidina digluconato	0,02 %	CCV	10 min	0,3	Saknimit et al., 1988
Hipoclorito sódico	0,21%	MHV	30 s	≥4	Dellanno et al., 2009
Hipoclorito sódico	0,01%	MHV	10 min	2,3 - 2,8	Saknimit et al., 1988
Hipoclorito sódico	0,01%	CCV	10 min	1,1	Saknimit et al., 1988
Hipoclorito sódico	0,001%	MHV	10 min	0,3-0,6	Saknimit et al., 1988
Peróxido de hidrógeno	0,5 %	HCoV	1 min	>4	Omidbakhsh et al., 2006
Formaldehído	1%	SARS-CoV-1	2 min	>3	Rabenau et al., 2005
Formaldehído	0,7 %	SARS-CoV-1	2 min	>3	Rabenau et al., 2005
Formaldehído	0,7 %	MHV	10 min	>3,5	Saknimit et al., 1988
Formaldehído	0,7 %	CCV	10 min	>3,7	Saknimit et al., 1988
Formaldehído	0,009 %	CCV	214 h	>4	Pratelli, 2008
Glutaraldehído	2,5 %	SARS-CoV-1	5 min	>4	Kariwa et al., 2006
Glutaraldehído	0,5 %	SARS-CoV-1	2 min	>4	Rabenau et al., 2005
Povidona yodada	7,5 %	MERS-CoV	15 s	4,6	Eggers et al., 2015
Povidona yodada	4%	MERS-CoV	15 s	5	Eggers et al., 2015
Povidona yodada	1%	SARS-CoV-1	1 min	>4	Kariwa et al., 2006
Povidona yodada	1%	MERS-CoV	15 s	4,3	Eggers et al., 2015
Povidona yodada	0,47%	SARS-CoV-1	1 min	3,8	Kariwa et al., 2006
Povidona yodada	0,25 %	SARS-CoV-1	1 min	>4	Kariwa et al., 2006
Povidona yodada	0,23 %	SARS-CoV-1	1 min	>4	Kariwa et al., 2006
Povidona yodada	0,23 %	SARS-CoV-1	15 s	≥ 4,4	Eggers et al., 2018
Povidona yodada	0,23 %	MERS-CoV	15 s	≥ 4,4	Eggers et al., 2018

MERS = Síndrome respiratorio de Oriente Medio. HCoV = coronavirus humano. TGEV = Virus de la gastroenteritis transmisible de cerdos. MHV = Virus de la hepatitis murina. SARS = Síndrome respiratorio agudo grave.

ANEXO IV. Eficacia de distintos desinfectantes frente a varios coronavirus en superficies de acero inoxidable

Desinfectante	Concentración	Virus	Tiempo de contacto	Reducción Logarítmica	Referencia
Etanol	71%	TGEV	1 min	3,5	Hulkower et al., 2011
Etanol	71%	MHV	1 min	2	Hulkower et al., 2011
Etanol	70%	TGEV	1 min	3,2	Hulkower et al., 2011
Etanol	70%	MHV	1 min	3,9	Hulkower et al., 2011
Etanol	70%	HCoV	1 min	>3	Sattar et al., 1989
Etanol	62%	TGEV	1 min	4	Hulkower et al., 2011
Etanol	62%	MHV	1 min	2,7	Hulkower et al., 2011
Cloruro de benzalconio	0,04%	HCoV	1 min	<3	Sattar et al., 1989
Hipoclorito sódico	0,5 %	HCoV	1 min	>3	Sattar et al., 1989
Hipoclorito sódico	0,1 %	HCoV	1 min	>3	Sattar et al., 1989
Hipoclorito sódico	0,06 %	TGEV	1 min	0,4	Hulkower et al., 2011
Hipoclorito sódico	0,06%	MHV	1 min	0,6	Hulkower et al., 2011
Hipoclorito sódico	0,01%	HCoV	1 min	<3	Sattar et al., 1989
Glutaraldehído	2%	HCoV	1 min	>3	Sattar et al., 1989
Ortoftaldehído	0,55 %	TGEV	1 min	2,3	Hulkower et al., 2011
Ortoftaldehído	0,55 %	MHV	1 min	1,7	Hulkower et al., 2011
Peróxido de hidrógeno	Desconocida	TGEV	2 - 3h	4,9 - 5,3	Goyal et al., 2014

HCoV = coronavirus humano. TGEV = Virus de la gastroenteritis transmisible de cerdos. MHV = Virus de la hepatitis murina.

Fuente: Kampf et al. (2020) (52)

