

El informe solicitado por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación al GTM pretende proporcionar la información disponible con la máxima evidencia científica sobre la presencia y posibles consecuencias de COVID-19 en espacios interiores, y muy particularmente en restaurantes y lugares de ocio. Tras una evaluación exhaustiva del posible riesgo y de su gestión en este tipo de locales interiores, se realizan una serie de conclusiones y recomendaciones, con especial énfasis para los lugares de restauración.

INFORME del GTM¹ sobre “COVID-19 EN ESPACIOS INTERIORES, EN PARTICULAR RESTAURANTES”

Estructura del informe:

1. Resumen ejecutivo
2. Introducción y Motivación
3. Recomendaciones Ministeriales
4. Estrategias para el Control de Bioaerosoles en espacios interiores
5. Modelado matemático de la evaluación del riesgo.
6. Certificaciones y su validez. El riesgo de los sellos COVID-FREE
7. Conclusiones y Recomendaciones

1. RESUMEN EJECUTIVO

Este informe se inició con la finalidad de estudiar medidas preventivas y recomendaciones, avaladas científicamente, que pudieran ser eficaces para **minimizar el riesgo de transmisión del virus SARS-CoV-2 en los restaurantes**. La revisión de literatura realizada inicialmente y la consulta con diferentes expertos conducían de manera insistente a la **calidad del aire** como aspecto fundamental a tener en cuenta en estos locales, si bien en aquel momento la Organización Mundial de la Salud (OMS) no reconocía la vía aérea de contagio del virus.

¹ El Grupo de Trabajo Multidisciplinar (GTM) asesora y apoya al Ministerio de Ciencia e Innovación en materias científicas relacionadas con el COVID-19 y sus consecuencias futuras. El [GTM](#) está compuesto por: José M. Ordovás (Presidente), Mariano Esteban, Rocío García-Retamero, Beatriz González López-Valcárcel, Alfonso Gordaliza, Marco Inzitari, Pedro Jordano, Itziar de Lecuona, Laura M. Lechuga, Ramón López de Mántaras, José Molero, Agustín Portela, Diego Puga, José Javier Ramasco, Francisco Sánchez-Madrid y Alfonso Valencia. Enric Banda actúa como observador, y María Sol Serrano Alonso como secretaria. Todos los componentes del GTM colaboran de forma desinteresada con el Ministerio de Ciencia e Innovación. Además, en este informe han colaborado de forma desinteresada las siguientes personas: Manuel Ruiz de Adana Santiago (Universidad de Córdoba), Paulino Pastor Pérez (Ambisalud), José Manuel Villafuela (U. de Valladolid), Grupo de Termotecnia de la Universidad de Valladolid, Joxe Mari Aizega (Basque Culinary Center) y Andoni Luis Aduriz (Euro-Toques).



Una vez centrada la investigación en la importancia de la calidad del aire, **se decidió extender el objeto del informe a espacios interiores de pública concurrencia**, por estar afectados por la misma problemática que los restaurantes en lo que se refiere a dicho asunto. En paralelo al desarrollo de este estudio, ha ido cobrando fuerza en la comunidad científica la hipótesis de **la vía aérea de contagio del virus** en espacios interiores insuficientemente ventilados, hipótesis que actualmente **ya no es descartada por la OMS**.

En el informe se recoge sucintamente la **evolución muy positiva de las distintas disposiciones ministeriales** en lo que respecta al reconocimiento de la importancia de la calidad del aire en estos espacios, a medida que iba avanzando el conocimiento científico sobre dicha importancia. En la actualidad, este es un asunto de la máxima relevancia en dichas disposiciones.

En el informe se recogen y fundamentan las **estrategias existentes para el control de los bioaerosoles en espacios interiores**, aceptadas por la comunidad científica y recomendadas por las asociaciones técnicas y profesionales del ámbito de la climatización. Estas estrategias son:

1. **Control de las fuentes de bioaerosoles:** uso generalizado de mascarillas; reducción de las tasas de ocupación y prestar atención a los aseos por lo reducido de los espacios y por la constatación de la vía fecal de transmisión.
2. **Dilución de los bioaerosoles:** ventilación natural y/o ventilación forzada hacia el exterior mediante medios mecánicos, favoreciendo rutas directas de las fuentes al exterior y aumentando las tasas de renovación de aire.
3. **Retención de los bioaerosoles:** filtrado del aire para la retención de los bioaerosoles, buscando un equilibrio razonable entre la pérdida de carga que provocan y la capacidad de retención.
4. **Control del flujo de los bioaerosoles:** prestar atención a la posición y la distancia de seguridad entre las personas y a la de las personas en relación con los elementos de los sistemas de ventilación y refrigeración; añadir, siempre que sea necesario, equipos autónomos complementarios de filtrado.
5. **Inactivación de patógenos en bioaerosoles:** en locales con alta ocupación y escasa ventilación exterior, usar equipos autónomos germicidas, que combinen al menos dos estrategias como la filtración HEPA y la aplicación de radiación ultravioleta C (UV-C).

Se constata que, desafortunadamente **no existe en este momento tecnología capaz de detectar in situ el SARS-CoV-2** en muestras de aire, si bien existen proyectos de investigación prometedores en esa dirección.

Se presentan en el informe algunas vías de **modelización matemática y simulación del comportamiento de los aerosoles respiratorios en distintos ambientes**, así como de evaluación probabilística del riesgo de infección, si bien es un problema muy complejo por la abundante casuística de locales en cuanto a su tipología: **modelos CFD**, basados en Dinámica de Fluidos Computacional y **modelos "unizona"**, basados en ecuaciones



diferenciales de los balances de masa y contaminante de cada local. También se presenta una posibilidad de experimentación para la **medición "in situ" del riesgo de infección** mediante la fabricación de dos "dummies", uno que emite aerosoles con la respiración o eventos asociados a ella y otro que respira el aire del local y mide los aerosoles que le llegan.

Se aborda también la preocupante problemática de las **certificaciones de edificios y locales** acerca de una pretendida seguridad frente a la infección por SARS-CoV-2, advirtiendo de lo engañoso de estas etiquetas, ya que, por mucho que se observen de forma escrupulosa los protocolos que se establezcan, es imposible garantizar la ausencia de riesgo, dada la naturaleza de la infección por SARS-Cov-2. **En ningún caso deberían autorizarse etiquetas Covid-Free.**

Se concluye el informe con algunas recomendaciones que tienen por objeto favorecer la eficacia de las distintas estrategias para el control de los bioaerosoles y la mejora de la calidad del aire en los locales en estudio, particularmente los restaurantes.

2. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

La progresiva desescalada, tras las medidas de confinamiento establecidas por el Gobierno con motivo de la pandemia COVID-19 en nuestro país, ha permitido una paulatina recuperación de la actividad laboral en empresas y administraciones, de la actividad comercial y de servicios en general, de las actividades relacionadas con el ocio y la cultura, de la restauración y de la actividad turística en general, e incluso algunos aspectos de la actividad docente presencial, como es el caso de las pruebas EBAU. Esta recuperación de la actividad se ha acelerado lógicamente con la llegada de la "nueva normalidad".

La recuperación progresiva de la actividad viene acompañada de importantes dudas e incertidumbres que afectan a empresas, profesionales, trabajadores y la ciudadanía en su conjunto. Esto es así dada la enorme dificultad para gestionar una situación muy compleja en la que continúa siendo importante el no disponer de una suficiente evidencia científica sobre los mecanismos de transmisión del virus para fundamentar convenientemente la toma de decisiones y la elaboración de recomendaciones o disposiciones oficiales que transmitan confianza a la ciudadanía. El objetivo debe ser conseguir que la ocupación de los edificios y locales donde se desarrollan las actividades anteriormente mencionadas, se realice sin asumir riesgos para la salud individual y colectiva, más allá de lo estrictamente inevitable.

Prueba de esta inseguridad e incertidumbre la constituye la alarma generada por la continua detección de rebrotes y nuevos confinamientos que, a pesar de ser esperados de forma esporádica a lo largo de los próximos meses, no dejan de causar una lógica

preocupación en la ciudadanía ante el temor a que se acabe desencadenando una temida segunda oleada.

Es de señalar también la percepción preocupante de una parte de la ciudadanía sobre la rapidez de las medidas de la desescalada, con la reapertura en condiciones no muy restrictivas de locales y negocios, particularmente bares y restaurantes, llegada de turistas, etc., lo que puede dar lugar a la percepción de que en estas decisiones están primando más las razones económicas que las de salud.

Poco a poco se ha ido sustanciando la idea de que la vía de transmisión fundamental del virus es a través del contacto directo con las gotículas exhaladas en la respiración en general, incluidas toses, estornudos, etc., así como posiblemente a través de la dilución y suspensión en el aire de partículas de menor tamaño que contienen los virus exhalados por las personas infectadas. Esta vía no ha sido aún admitida de manera rotunda por la OMS, aunque sí que ha manifestado oficialmente que no puede ser descartada^{2 3 4}, tras el manifiesto elaborado por un grupo importante de científicos que encabezaron una petición⁵ de la que se hicieron eco prestigiosos medios de comunicación de todo el mundo^{6 7}, generándose un importante debate en la comunidad científica y en la sociedad en general⁸.

Con estas vías de contagio, se hace evidente que las actividades desarrolladas en ambientes interiores⁹ (y especialmente con ventilación y renovación del aire deficientes) entrañan un riesgo muy superior de contagio con respecto a las actividades que se desarrollan al aire libre.

En consonancia con lo anterior, el difícil problema al que nos enfrentamos se ve agravado por el hecho de que una buena parte de las actividades sociales se desarrollan fundamentalmente en espacios interiores (restaurantes, centros comerciales, oficinas, industrias, cines, lugares de ocio, museos, tiendas, etc.), por lo que es primordial avanzar en el conocimiento científico sobre la propagación de los virus en dichos espacios, así como en el estudio y definición de medidas que puedan ser efectivas frente al contagio y la elaboración de directrices y recomendaciones claras para que los ciudadanos, los

² <https://www.livemint.com/news/world/who-acknowledges-evidence-emerging-of-airborne-spread-of-covid-19-11594142505000.html>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=SLZEgUxnm-s>

⁴ <https://www.vox.com/science-and-health/2020/7/13/21315879/covid-19-airborne-who-aerosol-droplet-transmission>

⁵ Lidia Morawska and Donald K. Milton (2020). It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clinical Infectious Diseases*, ciaa939, <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>

⁶ <https://www.nytimes.com/2020/07/04/health/239-experts-with-one-big-claim-the-coronavirus-is-airborne.html>

⁷ https://cadenaser.com/ser/2020/06/16/sociedad/1592295619_495795.html

⁸ <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>

⁹ Hiroshi Nishiura et al. (2020) Closed environments facilitate secondary transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). <https://doi.org/10.1101/2020.02.28.20029272>



profesionales y los responsables de la actividad en los distintos edificios y locales puedan adoptar las medidas preventivas que vayan mostrándose efectivas.

Del mismo modo que se ha demostrado científicamente la importancia del contagio por los aerosoles respiratorios, se está dando una relevancia más relativa a la posibilidad de contagio por otras vías, como es el contacto con objetos y superficies en general que hayan entrado en contacto con el virus. Esto se debe no solo a que los tiempos de permanencia del virus con capacidad infectiva en superficies puedan ser en muchos casos limitados, sino especialmente porque las medidas de limpieza y desinfección de estas superficies y objetos son relativamente fáciles de implementar de una manera eficaz mediante prácticas rutinarias sencillas de higiene como el lavado de manos, la limpieza de superficies, el lavado de ropa, etc., que la ciudadanía en general y los responsables de los establecimientos en particular, están asumiendo de forma natural como algo a lo que hay que prestar especial atención durante esta pandemia.

Por el contrario, el contacto directo con los aerosoles producidos en la respiración y todos los eventos asociados (comunicación oral, tos, estornudos, etc.), así como con los virus en dilución en el aire, son más difíciles de evitar y requieren de una gestión adecuada de la calidad y renovación del aire de los establecimientos¹⁰, que es de un abordaje complejo por la innumerable casuística de locales en cuanto a su tipología por volumen, geometría, nivel de ocupación, posición de los ocupantes, sistemas de ventilación y climatización, etc. Además, es muy difícil concretar desde el punto de vista científico-técnico aspectos importantes como la evolución de los aerosoles respiratorios en cada ambiente concreto, las distancias de seguridad mínimas que podrían ser suficientes para que el riesgo de contagio fuera despreciable, los niveles de presencia de virus en el aire en un local en el que está presente una persona infectada o tras su estancia en el mismo, las cantidades de virus en suspensión y los tiempos de permanencia en espacios contaminados que se necesitarían para infectar a una persona, etc.¹¹ Por otra parte, todos los aspectos anteriores están sometidos a una importante variabilidad estadística en la que intervienen numerosos aspectos como la carga infectiva de cada persona contagiada, la forma en la que esta persona respira e incluso habla, la ventilación del espacio en el que se desarrollan los hechos, los flujos de aire de cada estancia, etc., lo que hace verdaderamente complejo establecer las condiciones concretas bajo las cuales se produciría un contagio o, al menos, una evaluación probabilística del riesgo de que se produzca.

¹⁰ <https://www.dciencia.es/el-aire-accionado-y-la-covid-19-en-espacios-interiores-recomendaciones-para-generar-entornos-mas-seguros/>

¹¹ Alyssa C. Fears et al. (2020) Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. *Emerging Infectious Diseases*, Volume 26, Number 9—September 2020
https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/9/20-1806_article

Por todo lo anterior, **las cuestiones relacionadas con la gestión de la calidad del aire en ambientes interiores, muy ligada a los aspectos de climatización y refrigeración, tendrán un peso fundamental en el contenido de este informe.**

Dentro de este informe merece mención especial la reapertura de los restaurantes y negocios de hostelería, tras la crisis sanitaria causada por la COVID-19. Este está siendo uno de los retos más delicados a los que se enfrentan las administraciones públicas, los empresarios y trabajadores del sector y la sociedad en general, en el periodo de desescalada y vuelta a la normalidad. Aunque es un problema que concierne a todos los países sin distinción, en España resulta especialmente preocupante por el peso que tiene el sector en el empleo y en la economía nacional, como parte indisociable del sector turístico, así como por los hábitos de ocio extendidos en nuestro país en relación con el uso de estos locales como lugares habituales donde se lleva a cabo una importante interacción social, familiar y relaciones afectivas.

Resulta muy ilustrativa de la situación una publicación de MASS Design Group¹², donde se hace una excelente descripción del papel que han adquirido los restaurantes en nuestra vida, de la difícil gestión del riesgo de estos locales actualmente y de cómo esta gestión puede comprometer la viabilidad de muchos negocios. Estos tres aspectos son claves para entender la grave dimensión del problema en este sector y deberían estar presentes en cualquier reflexión que se quiera hacer sobre la problemática de estos locales en particular.

En consecuencia, garantizar la calidad del aire nos parece especialmente sensible en el marco de los establecimientos de restauración ya que, a juicio de varios expertos consultados, se trata de uno de los asuntos más complejos para la gestión de esta crisis. Las razones son obvias ya que, a medida que va cobrando fuerza la idea de la vía de contagio a través de los aerosoles de la respiración que se diseminan en el aire, parece más que razonable considerar que, más allá de guardar la distancia de seguridad entre comensales y recomendar de manera fehaciente el uso de mascarillas por parte de estos, salvo en los momentos que sea imposible (además del personal de servicio), las cuestiones de ventilación, climatización y depuración del aire de los establecimientos son aspectos cruciales en la prestación del servicio de restauración en interiores. Esto se ha reflejado en algunos artículos publicados en prensa desde el inicio de la pandemia, que documentan exhaustivamente varios casos de contagios múltiples, uno de ellos en un restaurante en una comida de Año Nuevo en Guangzhou el 24 de enero, donde la recirculación del aire y el tiempo de permanencia jugaron un papel decisivo en los contagios^{13 14}.

¹² The Role of Architecture in Fighting COVID-19. Spatial Strategies for Restaurants in Response to COVID-19. MASS Design Group. MASS es una organización dedicada a investigar y promocionar una arquitectura que promueva la justicia y la dignidad humana. <https://massdesigngroup.org/>

¹³ <https://elpais.com/ciencia/2020-06-06/radiografia-de-tres-brotes-asi-se-contagiaron-y-asi-podemos-evitarlo.html> | El País.

Como ya se ha mencionado, los riesgos asociados al problema de la calidad del aire no son exclusivos de los locales del sector de la restauración, si bien en este contexto resulta especialmente complicada su gestión dado que, además del control de la calidad del aire, el distanciamiento de seguridad y el uso de mascarillas se ven especialmente dificultados en esta actividad. Además, el continuo movimiento de clientes que se dan cita en estos locales complica más si cabe la situación.

Con carácter general, consideramos fundamental que se trabaje conjuntamente por parte de todas las instancias involucradas en este problema, para que la reapertura se produzca en condiciones de seguridad suficientes que generen confianza tanto en los usuarios, como en los empresarios y trabajadores de los distintos sectores afectados, y que permitan a la vez una recuperación paulatina de la actividad económica, aunque sea con ciertas restricciones y condiciones que minimicen los riesgos para la salud individual y colectiva.

2.- REVISIÓN DE LAS DIRECTRICES MINISTERIALES

Para la elaboración de este informe, se ha realizado una revisión de la documentación técnica^{15 16 17 18 19 20} elaborada por distintos ministerios y que contiene recomendaciones generales y específicas que afectan a distintos sectores de actividad, en particular al sector turístico y de restauración. Dada la organización política y administrativa de nuestro país, con competencias transferidas a las Comunidades Autónomas en esta materia, existe también numerosa documentación autonómica, con directrices adicionales, que no ha sido posible analizar por su extensión.

Los documentos abordan aspectos como los requisitos para la gestión del riesgo mediante recomendaciones sobre medidas organizativas de los distintos procesos,

Radiografía de tres brotes: así se contagiaron y así podemos evitarlo. Una oficina, un restaurante y un autobús. Tres contagios múltiples, estudiados minuciosamente por las autoridades sanitarias, ofrecen valiosas lecciones para la desescalada.

¹⁴ <https://www.theatlantic.com/ideas/archive/2020/05/how-will-we-ever-be-safe-inside/611953/> The Atlantic. Social Distancing Is Not Enough. We will need a comprehensive strategy to reduce the sort of interactions that can lead to more infections.

¹⁵ Documento técnico “Medidas higiénicas para la prevención de contagios del COVID-19” del Ministerio de Sanidad en la que se mencionan en particular los lugares de pública concurrencia, como los que nos ocupan

¹⁶ COVID-19. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS ESTABLECIMIENTOS Y TRABAJADORES DEL SECTOR TURÍSTICO del Ministerio de Sanidad y del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo,

¹⁷ Medidas para la reducción del contagio por el coronavirus SARS-CoV-2. Servicios de restauración. Directrices y recomendaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

¹⁸ Medidas para la reducción del contagio por el coronavirus SARS-CoV-2. Servicios de restauración. Directrices y recomendaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

¹⁹ Procedimiento de actuación para los servicios de prevención de riesgos laborales frente a la exposición al SARS-CoV-2 del Ministerio de Sanidad.

²⁰ Ocho claves para abrir más tranquilos. Consejos de adaptación de mobiliario, equipamiento, espacios y atención al público para tiendas, centros educativos, oficinas, y otras Colectividades y Edificios Públicos ante la COVID-19 (25 de mayo de 2020), del Ministerio de Ciencia e Innovación.



requisitos para el servicio en todos sus aspectos, requisitos de limpieza y desinfección de todos los elementos de los establecimientos, requisitos de mantenimiento, incluyendo los elementos de aire acondicionado y ventilación.

Muchos de los documentos han ido evolucionando con el tiempo, pudiendo encontrarse versiones sucesivas actualizadas y mejoradas a medida que avanzaba la pandemia y el conocimiento de aspectos relevantes de la misma. Como es lógico, fruto de dicha evolución, estos documentos han ido ganando en concreción, aportando datos técnicos y recomendaciones cada vez más ajustadas. En el caso particular de los informes sobre la calidad del aire la evolución ha sido muy positiva, en la medida que ha ido cobrando fuerza la hipótesis de la transmisión aérea. Así se fue pasando de unas recomendaciones muy livianas en los documentos técnicos de las primeras semanas, a ir prestando posteriormente mayor atención y acabar publicándose por parte del Gobierno la Guía de Recomendaciones sobre sistemas de clima²¹. Este documento se basa en gran medida en las recomendaciones elaboradas desde el Comité Técnico de ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración)²² hace varias semanas.

Como sería de esperar, esta preocupación no es de ámbito local de cada país, sino que, por ejemplo, el European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) acaba de publicar una nueva guía de recomendaciones²³ sobre sistemas de clima en la misma línea.

Finalmente, desde el Comité Técnico de ATECYR se acaba de elaborar un nuevo Documento Técnico sobre sistemas de clima, más completo y avanzado, que ha sido presentado el día 25 de junio y que se hará público próximamente.

3.- ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE BIOAEROSOLES EN ESPACIOS INTERIORES

Lo que se expone a continuación es un extracto de las recomendaciones de ATECYR, integrado en REHVA (The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations)²⁴. REHVA trabaja mediante un Comité Técnico y de Investigación en una revisión de evidencias científicas que permita dar luz a los aspectos clave sobre la propagación del virus. En concreto evidencias científicas relativas a la caracterización de:

- a) La generación de bioaerosoles exhalados por personas ante distintos eventos: respiración, habla, tos, estornudo.
- b) Control de propagación de bioaerosoles mediante dilución (ventilación) y control de flujos de aire.

²¹ <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/medidas-covid19/sistemas-climatizacion-ventilacion/default.aspx>

²² ATECYR es la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. <https://www.atecyr.org/>

²³ <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19>

²⁴ REHVA es The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning associations <https://www.rehva.eu/>

- c) La capacidad de retención de bioaerosoles en elementos de filtración. Filtros HEPA y otros filtros de categorías inferiores.
- d) Transporte de bioaerosoles por el aire: influencia del tamaño de bioaerosol, condiciones de temperatura y humedad relativa, flujos de aire. Determinación de la distancia de seguridad mínima entre personas en distintas condiciones ambientales interiores.
- e) Capacidad de desactivación de patógenos mediante tecnologías germicidas: ultravioleta (UVC), fotocatalisis (PCO), y otras.

A partir de lo que se va conociendo a lo largo de estos meses de pandemia, desde las organizaciones mencionadas se establecen las siguientes estrategias para minimizar el riesgo de contagio en ambientes interiores:

Estrategia 1. Control de fuentes de bioaerosoles

La respiración y eventos asociados como el habla, la tos o el estornudo son las fuentes principales de emisión de aerosoles. La primera estrategia es evitar o reducir al máximo su emisión y, por tanto, su presencia en el aire en los espacios interiores. Las acciones más apropiadas para conseguir este objetivo son la protección personal, la especial vigilancia de los aseos y la disminución de las tasas de ocupación.

En cuanto a la protección personal el uso de mascarillas se considera en este momento eficaz y debería recomendarse su uso obligatorio²⁵ salvo en momentos y situaciones en las que, como es el caso de los clientes de los restaurantes, sea materialmente imposible hacerlo. Afortunadamente, la mayoría de las CCAA han aprobado ya directrices imponiendo el uso de mascarillas²⁶.

En el caso de los aseos de pública concurrencia, aparte de la concentración de aerosoles respiratorios por tratarse generalmente de espacios reducidos y muchas veces sin ventilación natural, hay que señalar la vía de transmisión a través de las heces²⁷. De este modo, algunas medidas a tener muy en cuenta son la ventilación mecánica permanente y suficiente de los aseos y la bajada de las tapas de los inodoros antes del volcado de agua de la cisterna por parte de los usuarios, para evitar la salida de la nebulización a la que da lugar, formada por gotículas procedentes del inodoro, que podrían contener los virus.

Finalmente, la disminución de las tasas de ocupación de los locales de pública concurrencia es una medida natural de control de fuentes de emisión de bioaerosoles, pues favorece la disminución de las emisiones potencialmente infectivas, a la vez que facilita las medidas de dilución que se tratan más adelante.

²⁵ Kimberly A. Prather, Chia C. Wang, Robert T. Schooley, (2020) Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science 368, Issue 6498, pp. 1422-1424 <https://science.sciencemag.org/content/368/6498/1422>

²⁶ <https://elpais.com/sociedad/2020-07-12/murcia-aragon-la-rioja-navarra-y-asturias-se-suman-a-las-comunidades-que-imponen-el-uso-de-la-mascarilla.html>

²⁷ <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2020/06/17/5ee9afe7fc6c83962b8b4570.html>

Estrategia 2. Dilución de bioaerosoles

Naturalmente, la forma más efectiva de dilución de los aerosoles es la realización de las actividades al aire libre, modalidad que debe favorecerse siempre que sea posible. En previsión de que el aire de un ambiente interior está contaminado con aerosoles infectados, hay que incorporar medidas para extraerlos de la forma más rápida y efectiva posible. Para ello, es conveniente aumentar al máximo posible la ventilación natural y la ventilación forzada hacia el exterior mediante medios mecánicos, aconsejándose un mínimo de renovación de aire exterior de 12,5 litros por persona y segundo, elevando de IDA3 a IDA2 la calidad de aire recomendada para espacios interiores de pública concurrencia mientras dure la COVID-19. En estos momentos, los expertos recomiendan que la ventilación de los espacios interiores debe prevalecer sobre el confort.

Para minimizar el riesgo de transmisión por vía aérea existen dos **estrategias básicas de ventilación**. Una se basa en crear patrones de flujo de aire que favorezcan rutas directas entre las fuentes del bioaerosol y las extracciones de aire. Esta estrategia se emplea sólo para situaciones muy particulares (habitaciones de aislamiento hospitalario, quirófanos, laboratorios, etc.) La otra estrategia de ventilación se basa en diluir los contaminantes de forma rápida y homogénea, es la ventilación por mezcla o turbulenta. Esta es la estrategia de uso mayoritario, también en locales de restauración, por lo que una de las formas más efectivas de minimizar el riesgo de inhalación es aumentar las tasas de renovación del aire (la ventilación).

Para establecer estrategias adecuadas de ventilación, hay que tener en cuenta que las gotas de gran tamaño ($>10\ \mu\text{m}$) caen sobre superficies a distancias cortas, inferiores a uno o dos metros. Las gotas de pequeño tamaño ($<5\ \mu\text{m}$) son las más numerosas en todos los eventos respiratorios, se incorporan a las corrientes de aire y su dispersión en el ambiente interior sigue un comportamiento análogo al de un gas, permaneciendo suspendidas durante horas. Las gotas de tamaño intermedio tienen tiempo de evaporarse y disminuir su tamaño por debajo de $5\ \mu\text{m}$ antes de depositarse, comportándose como las gotas de pequeño tamaño.

Estrategia 3. Retención de bioaerosoles

En los casos en los que la dilución mediante ventilación no sea suficiente, el filtrado del aire para la retención de los bioaerosoles es la estrategia a seguir. Los filtros HEPA se presentan como los más indicados por el tamaño de las partículas a filtrar. El filtrado debe combinarse con el uso de germicidas para desactivar las partículas retenidas.

Dada la importancia de la filtración, es muy significativo definir los filtros más adecuados a cada situación buscando un equilibrio entre la pérdida de carga que provocan y la



capacidad de retención. Si los filtros provocan una pérdida de carga muy elevada, porque disponen de una capacidad de retención muy alta, los ventiladores de los que ya disponen las instalaciones, reducirán los caudales de ventilación. Por el contrario, si se pretenden aumentar los caudales de aire de ventilación, habría que reducir la pérdida de carga y reducir la capacidad de filtración de los filtros, utilizando filtros inferiores a los HEPA, como EPA o ePM1.

Estrategia 4. Control del transporte de bioaerosoles

El control del transporte de los bioaerosoles es técnicamente muy complejo por la elevada casuística de situaciones según los diferentes espacios interiores, según sus características, las posiciones de las personas que los ocupan y los elementos de ventilación y de filtrado y recirculación de aire existentes. Los flujos de aire de ventilación y recirculación se consideran potencialmente peligrosos al hacer posible que los aerosoles exhalados por unas personas sean transportados hacia el ámbito de respiración de otras que se encuentren situadas en la trayectoria de los mismos y sean inhalados por éstas. Hay casos estudiados y documentados, a los que ya se ha aludido anteriormente en este informe, donde se ponen de manifiesto la importancia y la complejidad de este asunto.

Así pues, la posición y la distancia de seguridad entre las personas en los espacios interiores y la de las personas en relación con los elementos de los sistemas de ventilación y refrigeración son parámetros a los que se debe prestar suma atención. Es conveniente realizar una revisión técnica de las instalaciones para valorar los flujos de recirculación de aire existentes tratando de reconducirlos de la forma más adecuada, modificando si es posible las instalaciones y añadiendo, si es preciso, equipos autónomos complementarios de filtrado. Esta revisión tiene que ser llevada a cabo por instaladores autorizados por el Ministerio con competencias en Industria y por las CCAA, según reconoce el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) Por otra parte, cuando las posiciones de las personas se puedan fijar de antemano en un local, como una oficina o un restaurante, debería estudiarse la ubicación óptima de dichas posiciones para minimizar los flujos entre personas y el contacto de éstas con los flujos de ventilación y recirculación.

El nivel de humedad relativa en el interior de los locales se debe mantener entre 40 y 60 %, para evitar que una evaporación parcial de las gotas permita una concentración mayor de virus en partículas y que esas partículas de menor tamaño permanezcan más tiempo en el aire.

Estrategia 5. Inactivación de patógenos en bioaerosoles

En el caso de locales con alta ocupación y con poca o nula ventilación exterior, los expertos en climatización recomiendan el uso de equipos autónomos germicidas, que combinen al menos dos estrategias: por ejemplo, filtración HEPA y ultravioleta C (UV-C).

Es de destacar que durante esta crisis han proliferado e instalado sin control y sin garantías reales de eficacia de desactivación del virus diversas tecnologías como, por ejemplo, ozono, ultravioleta-C (UV-C), fotocátalisis (PCO), ionización bipolar, etc. Sin embargo, la efectividad de muchas de estas tecnologías es desconocida y pueden generar subproductos como ozono, potencialmente dañinos para las personas. Los Ministerios de Transición Ecológica y de Sanidad han publicado notas informativas advirtiendo de estos riesgos^{28 29}. Se considera importante trabajar para la normalización y certificación del uso de los equipos germicidas.

Relacionado con lo anterior, la Junta de Andalucía ha creado un grupo de trabajo formado por empresas, organismos de control, IMIBIC y la UCO, que ha construido unos prototipos higienizadores de aire basados en filtración HEPA, ultravioleta C (UV-C) y choque térmico. El prototipo se va a probar de forma inmediata en el Laboratorio de Aerosoles Biológicos del Departamento de Sistemas Nucleares, Biológicos y Químicos del INTA, Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales, del Ministerio de Defensa. La normalización de este tipo de ensayos es una acción muy necesaria, para que este tipo de equipos lleguen al mercado con un certificado de eficacia en desactivación del virus y seguridad para las personas. El ensayo del INTA se va a hacer siguiendo protocolos de ensayos muy exigentes. En España se debería trabajar en esta dirección para evitar el uso de tecnologías "no certificadas" que potencialmente pueden poner en peligro a las personas.

Tecnologías de detección del virus en el aire

Para controlar la posible presencia del coronavirus en los espacios interiores, una alternativa sumamente interesante sería el uso de sensores capaces de detectar el SARS-CoV-2 en muestras de aire, que incluso podrían estar conectados con aparatos de purificación en caso de resultados positivos. Desafortunadamente este tipo de tecnología está todavía en sus inicios por lo que se está lejos de vislumbrar ningún sistema aplicable en el corto/medio plazo para la detección in situ de la presencia del virus en el aire.

No obstante, existen a nivel nacional e internacional diversos proyectos de investigación activos e incluso empresas con prototipos en desarrollo, por ejemplo, prototipos de PCR portátiles con succionadores apropiados para el muestreo del aire, por lo que puede plantearse como una opción de futuro cercano muy a tener en cuenta.

Ante la ausencia de este tipo de tecnologías para la detección del virus en el aire, los expertos recomiendan la instalación de sensores de CO₂ ya que la concentración de este gas puede ser considerada como un parámetro que refleja el balance entre la tasa de ocupación y la de ventilación y puede ser utilizada para regular ambos aspectos buscando un equilibrio adecuado.

²⁸ *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*, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y el Ministerio de Sanidad.

²⁹ *Nota sobre el uso de productos que utilizan radiaciones Ultravioleta-C para la desinfección del SARS-COV-2*, del Ministerio de Sanidad. COVID19_Nota_sobre_el_uso_de_UV-C-25.06.2020.pdf

4.- MODELADO MATEMÁTICO DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO

Existen distintas vías y posibilidades de modelización matemática y simulación del comportamiento de los aerosoles en distintos ambientes, así como de evaluación probabilística del riesgo de infección. Este modelado y simulación es de gran interés científico, aunque la utilidad práctica de los resultados no es inmediata debido a la ingente casuística de locales y condiciones de los mismos. No obstante, sería recomendable que se apoyasen estos proyectos de simulaciones para aumentar el conocimiento científico sobre estos fenómenos. Aunque las posibles contribuciones serían a medio plazo, sin embargo, pueden ser de gran interés, si no para la actual infección, para otras que se presenten en el futuro.

Existen dos enfoques principales para estos estudios:

EXPERIMENTACIÓN 1: Modelado Matemático y simulación numérica

Modelos CFD (Dinámica de Fluidos Computacional).

- i. Ventajas: Los modelos aportan resultados muy pormenorizados y permiten evaluar con gran nivel de detalle los patrones de flujo de aire en un local y la dinámica de aerosoles. Pueden evaluar la probabilidad de riesgo de infección.
- ii. Limitaciones: Son muy costosos en tiempo de modelado y simulación y los resultados solo sirven para el local concreto bajo estudio. Los resultados se refieren a un instante de tiempo concreto por lo que no son modelos dinámicos.

Modelos "unizona". Basados en ecuaciones diferenciales de los balances de masa y contaminante de un local.

- i. Ventajas: Se obtienen resultados transitorios de la concentración o riesgo medio de un local, bajo algunas hipótesis simplificadoras.
- ii. Inconvenientes: Se asumen hipótesis simplificadoras: la emisión de "quantas" o dosis de infección; el aerosol con patógeno se difunde rápidamente; los "quantas" se eliminan mediante ventilación, filtración, deposición e inactivación. El modelo de ventilación se supone con eficacia de mezcla perfecta.

A pesar de las hipótesis simplificadoras, los modelos unizona pueden ajustarse a los casos de infección que se van publicando y pueden ser una herramienta adecuada para evaluar el riesgo de infección en locales (aulas, restaurantes, etc.) de forma dinámica. Los resultados están sometidos a un margen de error, pero son una excelente ayuda para



reducir el nivel actual de incertidumbre para evaluar los riesgos de infección existentes en locales climatizados³⁰.

EXPERIMENTACIÓN 2: Medición "in situ" del riesgo de infección

Medir la generación, transporte y exposición a aerosoles con personas reales en locales climatizados es complicado. Sin embargo, se podría hacer mediante la fabricación de dos “dummies” similares a personas que respiren. El dummy 1 emite aerosoles con la respiración (o habla, considerando distintos flujos de aire exhalados). El dummy 2 respira el aire del local y mide los aerosoles que le llegan.

Si el sistema de dummies es autónomo, se podría medir "in situ" en locales típicos (aulas, restaurantes, etc.) y evaluar el transporte de aerosoles de distintos tamaños, evaluando la exposición a aerosoles en distintos puntos del local. Este tipo de experimentos podrían llevarse a cabo por expertos nacionales. Ya hay algún trabajo en la literatura (aunque orientado a la ventilación personalizada) en la que se prueba por primera vez con dummies (thermal manikies) la emisión de aerosoles junto con la respiración³¹.

5.- CERTIFICACIONES

La creciente preocupación en algunos sectores está moviendo a los propietarios de muchos establecimientos a buscar fórmulas que les proporcionen algún tipo de “seguridad” que transmita confianza a los clientes y usuarios de sus establecimientos. Esto tiene especial incidencia en el sector turístico, la restauración, los locales de ocio, establecimientos comerciales, etc., especialmente afectados por la paralización total de la actividad durante el confinamiento y con unas perspectivas inciertas de cara a los próximos meses, a pesar de los esfuerzos del sector y de las administraciones por recuperar paulatinamente la actividad.

Aparte de proliferar empresas especializadas en higienización y limpiezas específicas de los locales y los elementos que hay en su interior, o en suministrar diversas tecnologías como UV u ozono, algunas empresas se están lanzando a ofrecer certificaciones de una pretendida protección de edificios y locales contra el coronavirus, que llegan incluso a “asegurar” en algunos casos que un establecimiento está libre del mismo (COVID-FREE) tras haber pasado un proceso de limpieza y desinfección que garantizaría su ausencia.

³⁰ Nazaroff, William W. et al. (2020) Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. Preprint.

<https://scholar.colorado.edu/concern/articles/gm80hw08g>

³¹ Chunwen Xu et al. (2020) Effects of personalized ventilation interventions on airborne infection risk and transmission between occupants. Building and Environment, Volume 180, August 2020, 107008

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320303887?via%3Dihub>

Desde un punto de vista científico, el calificativo COVID-FREE no se sostiene en ningún caso y puede contribuir a transmitir una falsa sensación de seguridad que produzca una relajación por parte de los responsables de los negocios, los trabajadores y los usuarios, que podría conllevar consecuencias sumamente negativas, al favorecer la relajación de las medidas de protección personales y, por tanto, contribuir a la expansión de los contagios.

Diversas organizaciones advierten de este peligro e instan a las administraciones a prohibir su uso. Entre ellas están la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU), la Confederación Española de Comercio (CEC), y la Asociación Nacional de Empresas de Sanidad Ambiental (Anecpla)^{32 33}.

Hay que destacar que algunas organizaciones y empresas expiden certificaciones con la comprobación que se han implementado todas las medidas exigidas por las distintas administraciones y otras más exigentes recomendadas por la propia organización o empresa certificadora y bajo la guía y supervisión de ésta. Algunas de estas organizaciones no solo otorgan la certificación verificando el cumplimiento de los requisitos, sino que se involucran en promover los cambios necesarios en el edificio para lograrlo. El problema es que una vez realizada la desinfección y revisados todos los procesos, en cuanto comienza el flujo de personas en un establecimiento, ninguna de las medidas previas pueden garantizar que no se producirán eventuales transmisiones del virus o focos de contagio en el local. Por mucho que se observen de forma escrupulosa los protocolos que se establezcan, es imposible garantizar la ausencia de riesgo, dada la naturaleza de la infección por SARS-CoV-2.

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se hacen a continuación parten de la base de la imposibilidad de garantizar la seguridad al 100% frente al contagio por COVID-19 en el uso de las instalaciones en espacios interiores y, especialmente, en el sector de la restauración. Sin embargo, se aprecia una importante posibilidad de reducir e incluso minimizar los riesgos observando una serie de recomendaciones.

- En todos los edificios y locales deben extremarse las labores de limpieza y desinfección, así como el adecuado mantenimiento de los sistemas de ventilación y climatización, siguiendo las recomendaciones oficiales y de las organizaciones profesionales de cada sector.
- En todos los edificios y locales deben revisarse los procesos que se desarrollan en los mismos para adaptarlos a la situación, favoreciendo que se respeten al máximo las

³² <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/sellos-covid-free>

³³ <https://www.expansion.com/expansion-empleo/emprendedores/2020/06/15/5ee78982468aeb371c8b45ac.html>

distancias de seguridad, protegiendo de manera especial los puestos donde desarrollan su actividad las personas que más se relacionan con el público, etc.

- Una vez adoptadas las medidas de higiene, climatización, distribución de las personas, etc., más adecuadas para cada local, lo más importante tras iniciarse la ocupación es conseguir que el factor humano no contribuya a que las medidas adoptadas carezcan de eficacia. Mediante la señalización y las instrucciones pertinentes, hay que apelar en todo momento a la responsabilidad de los usuarios para adoptar todas las medidas que se conocen, como la higiene, las distancias de seguridad, el control personal de la temperatura, etc.
- En ambientes interiores, la ventilación debe anteponerse al confort. Además, siempre que sea posible, la ventilación natural o forzada es preferible a la recirculación y filtrado del aire.
- Los flujos de aire son el problema más difícil de resolver. Estos flujos se pueden generar tanto por corrientes hacia o desde el exterior como en la recirculación del aire y deben ser estudiados para minimizarlos y gestionarlos convenientemente.
- Sobre germicidas, una suficiente evidencia científica solo existe para la radiación ultravioleta con determinada potencia y duración, pero no para otras tecnologías que se están recomendando. Hay que tener en cuenta que este tratamiento no se puede efectuar con personas en el local.
- Dado que el nivel de ocupación de los edificios influye en los riesgos de infección, es recomendable disminuir dicho nivel, a lo que pueden contribuir de manera importante medidas como el teletrabajo y el establecimiento de turnos de presencialidad convenientemente estudiados.
- Del mismo modo, al haber evidencia científica sobre la relación del riesgo de contagio con el tiempo de exposición al virus, lo ideal es minimizar el tiempo de permanencia en locales interiores de pública concurrencia, para lo cual sería conveniente que se elaborasen recomendaciones oficiales para limitar los tiempos de permanencia de clientes y usuarios de los distintos establecimientos, siempre que sea posible. Este tiempo de permanencia debe establecerse para cada tipo de local, ocupación y ventilación disponible.
- Es importante distinguir entre los clientes y los trabajadores de los distintos sectores, por el diferente papel de ambos colectivos en este proceso, siendo igual de importante la protección de ambos con medidas específicas, tanto en la interacción cruzada cliente-trabajador, como en la interacción cliente-cliente y trabajador-trabajador.
- Por lo que respecta a los trabajadores en general, en muchos puestos de trabajo la posibilidad de mantener las distancias de seguridad parece bastante remota. Así pues, es muy recomendable que se les realice una prueba PCR de manera frecuente. Asimismo, el uso de mascarillas por su parte debe ser en todo momento obligatorio.

Recomendaciones específicas para Restaurantes

- El uso de la barra de los bares tiene que ser muy restrictivo, si no eliminado, por la dificultad de controlar la distancia de seguridad, la limpieza continúa de las superficies y por la expansión de aerosoles de los clientes hacia la zona de trabajo del personal de servicio y de almacenamiento de bebidas y alimentos. En cualquier caso, la presencia de alimentos en la barra debe estar prohibida.
- En línea con las medidas que ya se están implementando a través de las recomendaciones de las distintas Comunidades Autónomas, parece muy adecuada la prohibición de compartir platos, tapas, cubiertos, etc.
- Las mesas demasiado grandes, en las que se sitúan juntos muchos comensales, pueden ser fuente de problemas por no favorecer el distanciamiento de seguridad. Debería limitarse más de lo que se está haciendo el número máximo de puestos que puedan situarse en mesas unidas. El número de diez puestos como máximo que se implantó en los primeros momentos de la desescalada y que luego se ha ido relajando y ampliando, podría ser una opción prudente a retomar.
- Se ha documentado que el tono de voz en las conversaciones es un factor importante en los contagios. Elevar mucho el tono de voz implica una difusión de mayor alcance de los aerosoles respiratorios y algunos casos de supercontagadores pueden estar relacionados con esta práctica. Por esta razón se recomienda velar por que se mantenga un tono de voz moderado en las conversaciones, mediante cartelería y advertencias verbales. Esto implica limitar manifestaciones como cantar o soplar velas de cumpleaños. Por supuesto, el griterío y las manifestaciones ruidosas de afecto, deben eliminarse.
- Dada la relación ya mencionada del riesgo de contagio con el tiempo de exposición al virus, es muy recomendable limitar los tiempos de duración de las comidas y celebraciones en los restaurantes y negocios de hostelería en general, especialmente en el interior de los locales.
- En el sector de la restauración, la actividad en las terrazas favorece la ventilación natural y reduce la exposición al virus. Por esta razón, es recomendable trasladar al máximo posible la actividad al exterior, promoviendo una regulación flexible por parte de los Ayuntamientos para dotar a las terrazas del mayor espacio posible, siempre buscando la compatibilidad con otras actividades urbanas.
- Para facilitar la trazabilidad de los contagios ante la eventual aparición de un brote, sería recomendable el funcionamiento con reserva e identificación de alguna persona responsable del grupo de usuarios.