

25 de agosto 2020

COVID-19: ¿Existe alguna manera de realizar un Test de Esfuerzo en un Laboratorio de Cardiología en forma más segura?

Dres. Martín Lombardero¹, Graciela Reyes², Silvia Makhoul³ y María Laura Plastino⁴

1. Cardiólogo, Jefe Imagen Cardíaca Sanatorios de la Trinidad Palermo, San isidro y Ramos Mejía. (Ciudad de Bs. As. y Provincia de Bs. As., Argentina). Asesor de Sonografistas no Médicos SISIAC, miembro del Comité Científico SISIAC de RETIC.

2. Cardióloga, Jefa Área Ecocardiografía Hospital El Cruce, (Provincia de Bs As., Argentina)

3. Cardióloga, Hospital Juan Fernández y Hospital Británico (Ciudad de Bs. As. Argentina)

4. Cardióloga, Jefa Unidad de Eco Doppler Cardiovascular Hospital Italiano de La Plata

OBJETIVO: Evaluar la posibilidad de instalación de Sistemas de Ventilación de Control de Infecciones, (con filtrado, esterilización y germicidas) en Laboratorios de Ecocardiografía/Eco Estrés Ejercicio/Ergometría.

INTRODUCCION: COVID-19, el porqué de la Transmisión Área y la importancia de sistemas de ventilación con desinfección y esterilización ambiental.

Son bien conocidas las tradicionales vías de contagio que de los virus respiratorios: directa (de persona a persona a menos de 2 metros de distancia) y por contacto de superficie. Recientemente se formuló la hipótesis de una 3er vía de contagio, fundamentada en la suspensión de aerosoles o macropartículas deshidratadas en el aire, con residuos virales que pueden permanecer suspendidos por un tiempo variable¹. Esto es particular y altamente probable en ambientes con alto de riesgo de infección y escasa o nula ventilación, como centros de salud, geriátricos y lugares con hacinamiento de diferente índole como transporte público sin ventilación, oficinas públicas no ventiladas, bares y restaurantes superpoblados, iglesias y templos particularmente los que tienen coros (por alta aerosolización), gimnasios, etc. **Numerosos trabajos publicados en los meses siguientes (ver al final de este artículo), dieron como válida la teoría de la transmisión por aerosoles y recomendaron enfáticamente la ventilación de los espacios.** La Dra. **Lidia Morawska** del Laboratorio Internacional de Calidad del Aire y Salud de la Universidad de Tecnología de Queensland (EE. UU) y 239 reconocidos

1

científicos de 30 países, elaboraron un documento publicado online en la revista *Clinical Infectious Diseases*, el 5 de julio, titulado **“Es hora de abordar la transmisión aérea de COVID-19”** en el cual la petición fue contundente. Posteriormente la Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió un comunicado reconociendo que la transmisión aérea del coronavirus era posible, principalmente en **“ciertos lugares cerrados, tales como restaurantes, clubes nocturnos, lugares de rezo o zonas de trabajo donde la gente estaba gritando, hablando o cantando”**.

LA PARADOJA DE LOS VUELOS INTERNACIONALES EN PANDEMIA Y SU RELACION CON LA TRANSMISION VIRAL AÉREA:

Existió un detalle que llamó mucho la atención en los vuelos de pasajeros repatriados en las épocas más difíciles, con pico de contagios de Europa y EEUU. De acuerdo a datos oficiales, 1.200 individuos infectados con COVID-19 fueron importados. El sitio *EpiRisk.net* había pronosticado una fuerte migración del virus de Madrid a Buenos Aires, siendo la primera ciudad del mundo, fuera de Europa, que era candidata a recibir gran cantidad de individuos infectados desde España. Ernesto Resnik es un científico argentino, biólogo molecular-celular y biotecnólogo especializado en anticuerpos monoclonales que reside en Minnesota (Estados Unidos) que refirió en un reportaje al portal argentino/América Infobae (7 de agosto), que a estos 1.200 individuos infectados deberíamos sumarle otros 1.200 portadores asintomáticos (2.400 infectados) y que la gran “semilla” que germinó en Bs. As. provino sin dudas de la ciudad de Madrid.

De acuerdo a datos y registros extraoficiales, **desde el 10 de marzo al 30 de abril de 2020, 15.000 pasajeros aproximadamente fueron repatriados a Argentina desde países con importante circulación viral en 60 vuelos, de los cuales 12 eran procedentes de Madrid.** Este número es fácil de deducir, teniendo en cuenta que eran vuelos con máxima capacidad (250/300 pasajeros por vuelo que regresaban en esas fechas a Argentina). Sin tomar en cuenta “los vuelos de ida sin pasajeros” a buscar gente para repatriar, **la tripulación de la Aerolínea que los trajo debió volar alrededor de 800 y 850 horas con individuos “potencialmente infectados” con COVID-19**, que en registros oficiales figuran ser 1.200 (a lo que habría que agregar el doble de supuestos asintomáticos). Y agregar el hecho de que sólo de Madrid habrían llegado 4.500 pasajeros en la época de circulación viral más intensa en esa ciudad.

Ahora bien... ***¿Qué pasó con la tripulación en esos vuelos de repatriados, en una época donde no solo el barbijo no era obligatorio, sino que los pasajeros se quejaban si las azafatas se lo ponían?*** De acuerdo a datos reconstruidos y tomando en cuenta la cantidad del recurso humano necesario para los vuelos referidos **entre el 10 de marzo y el 30 de abril, fueron 260 a 280 tripulantes de cabina y entre 55 a 65 pilotos los que efectuaron la repatriación en esa época tan complicada.** Lo interesante, es que, por la situación de pandemia, la tripulación de los vuelos de repatriación ya no pernoctaba en las ciudades, por la intensa circulación viral, sino que hacían vuelos en continuo (ida y vuelta) alternando tripulación, sin realizar escala.

Si tomamos como verdadera la teoría de transmisión área en lugares no ventilados y observamos que alrededor 260 tripulantes de cabina (y unos 60 pilotos) volaron 800 horas en contacto con pasajeros potenciales COVID-19 + (exhalando, tosiendo, hablando, bostezando y hasta estornudando), debió existir una "nube turbulenta" de aerosoles y micropartículas de todo tamaño, con potencial material viral generada por ellos, lo que debió significar **una segura transmisión área con alto riesgo de contagio.** A priori, Ud. pensaría que la tasa de infectados de tripulantes de cabina (los más expuestos) y pilotos, en esa época, debió ser muy alta. **Sin embargo, varias fuentes chequeadas coincidieron en que sólo 2 tripulantes de cabina fueron COVID 19 + en esa época y en total. Y ambos habían pernoctado en Madrid.**

¿Y cómo fue la situación en las aerolíneas de otros países?

En un informe² de la **Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA, siglas del inglés International Air Transport Association)** sobre casos de contagios en personal aeronáutico en vuelo de múltiples aerolíneas internacionales, muestra **la misma tendencia.** Durante enero-marzo de 2020 el grupo de aerolíneas que representa el 14% del tráfico mundial para ese período, identificó solo cuatro episodios de presunta transmisión en vuelo, todos transmitidos de los pasajeros a la tripulación, y otros cuatro episodios de aparente transmisión de piloto a piloto, que podría haber estado en vuelo o antes/después (incluida la escala. No se reportaron casos de presunta transmisión de pasajero a pasajero por el grupo de aerolíneas. Además de esta observación, cuatro aerolíneas que tuvieron contacto cercano con las autoridades de salud pública locales durante el brote, dieron seguimiento en conjunto a alrededor de

1.100 pasajeros que fueron identificados como casos confirmados, que habían volado recientemente. Los vuelos en cuestión representan alrededor de 125.000 pasajeros. Hubo un posible caso de pasajero secundario identificado en el total, junto con solo dos casos de tripulación, que se cree que son el resultado de una posible transmisión en vuelo. **(ver bibliografía reporte IATA).**

¿Entonces? **La explicación del bajo contagio en una tripulación tan expuesta sólo se explica en la potencia que tienen los filtros que se utilizan en los aviones de alcance internacional.** Estos filtros, son filtros de aire de alta eficiencia denominados HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) y filtran aire de la cabina, lo "mezclan" con aire procedente del exterior y éste aire es reciclado cada 3 minutos.

Si la transmisión aérea es una realidad en lugares con poca o nula ventilación y alto flujo de gente...y los filtros de los aviones internacionales parecen ser altamente efectivos para controlar esa transmisión... ***¿Por qué no adaptar un sistema similar para realizar en forma segura nuestros test de esfuerzo***

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TEST DE ESFUERZO.

En las pruebas de esfuerzo los pacientes exhalan un volumen de aire mucho mayor que en estado reposo. Partiendo de la base que un paciente puede ser asintomático o pre-sintomático con carga viral, la mayor cantidad de volumen exhalado impacta en mayor cantidad de macropartículas flotando, y por ende aumenta el riesgo de contagio del personal de salud y del paciente que ingrese posteriormente. Esta observación generó que un comité de expertos de la Sociedad de Imágenes Cardiovasculares de la Sociedad Interamericana de Cardiología (SISIAC), sugiriera no realizar la modalidad ejercicio en los test de esfuerzo y reemplazarla por tests con drogas. Ésta última modalidad, debido la logística que implica colocación de vías endovenosas periféricas y utilización de drogas en bombas de infusión, no resulta tan fácil por el alto costo, además teniendo en cuenta que si el paciente está en condiciones de realizar esfuerzo, el test ejercicio es más fisiológico, menos peligroso e implica menores costos, no sólo económico sino también en lo que se refiere a tiempo. Actualmente y debido a la situación de pandemia, se realizan pruebas de esfuerzo en forma muy espaciada, aisladas y con máximos cuidados aero-biológicos. Los test de esfuerzo realizados con máximo cuidado en bioseguridad impactan en el mejor diagnóstico y control de enfermedad coronaria.

En el último artículo publicado recientemente (julio) del prestigioso **Reporte Internacional del "COVID19 Reference"** ³ (ver reporte completo en bibliografía y PDF adjunto, páginas 18 y 19), no sólo hace énfasis en la transmisión aérea en lugares no ventilados **sino también recomienda además de ventilar los espacios, colocar sistemas de ventilación con alto filtrado de partículas (como filtros HEPA) y UCV germicida a fin de disminuir y abolir la transmisión aérea.**

Por consiguiente, habría que pensar en colocar en nuestro laboratorio de eco estrés/ergometría de ejercicio un sistema de ventilación con gran poder de filtración (similar al de los aviones internacionales) y a la vez con capacidad germicida, que permita una rápida desinfección del aire ambiente.

El objetivo del proyecto es colocar en toda el área de Ecocardiografía y Eco Estrés (y en cualquier otro lugar que se crea conveniente, como salas de espera, áreas de colocación de otros dispositivos diagnósticos en cardiología como monitoreo ambulatorio de presión, Holter, etc.) sistemas de ventilación con filtrado de alta eficiencia de última generación, combinados con poder germicida e inocuos. Estos dispositivos deberían tener compuestos ya probados de desinfección ambiental, que utilicen entre otros elementos, filtros y germicidas con probada eficacia e inocuidad como características fundamentales, como los ya utilizados en quirófanos y aviones.

Estos sistemas seguros y eficientes deberían tener la aprobación de entes gubernamentales nacionales, internacionales e independientes. Si se cumplen éstos requisitos, podrían ser una herramienta de gran importancia en el futuro inmediato para la habilitación de otros lugares de riesgo como bares, restaurantes, salones, gimnasios y cualquier otro lugar público o privado que implique hacinamiento o inadecuada ventilación.

¿Qué características debería tener un sistema electrónico de recambio de aire ambiental de componente mixto, es decir potentes filtros más poder germicida?

En los aviones, el aire que ingresa del exterior se "mezcla" con el aire reciclado de los potentes filtros HEPA. En lugares públicos/privados no podríamos mezclar el aire reciclado con aire puro exterior, **por lo que sería ideal un sistema de ventilación que combine el gran poder de filtro HEPA con germicidas de rápida acción y desinfección del aire reciclado.** Las lámparas que emiten radiación de luz ultravioleta (UV) y el gas ozono (O₃) son potentes germicidas y han sido histórica y ampliamente

utilizados en forma individual para una óptima desinfección de quirófanos. El carácter tóxico de estos agentes en contacto directo con el ser humano (y mascotas) hace que la combinación de estos potentes germicidas con un filtro HEPA estos potentes germicidas deba aceptarse solo en un estricto marco de bio-seguridad.

DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE DESINFECCIÓN AMBIENTAL QUE YA HAN DEMOSTRADO INDIVIDUALMENTE SU EFICACIA:

1- FILTROS: Los 2 filtros más ampliamente usados y de conocida eficacia a considerar son:

A) Carbono activado: se emplea en la limpieza del aire dentro de equipos de filtración, es de un material altamente poroso que retiene gases y vapores orgánicos, radón y NO₂ (óxido de nitrógeno). El NO₂ es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno, uno de los principales contaminantes. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Por ello, es un contaminante frecuente en zonas urbanas. Estas llevan a la producción de ácido y elevados niveles de PM-2.5 (material particulado respirable presente en la atmósfera de nuestras ciudades en forma sólida o líquida como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras) en el ambiente y que afecta principalmente al sistema respiratorio.

B) "Filtro de Aire de Alta Eficiencia" ó en inglés "HEPA" (*High Efficiency Particulate Air*).

Es una malla de fibras dispuestas al azar y perpendiculares al flujo de aire. Están compuestos por fibras de algodón, fibras de vidrio, poliéster y polipropileno. Los filtros HEPA son ampliamente utilizados para filtrar ambientes tales como quirófanos, aeronaves, fábricas de equipos electrónicos y plantas de energía nuclear. Tienen la capacidad de filtrar impurezas y partículas de aire que contengan virus, bacterias, hongos, polvo, ácaros... (Roelants, 1968). Hoy se utilizan los HEPA H13 y H14, que atrapan virus y demás gérmenes con una efectividad del 99.95% Y 99.995% respectivamente.

(Nota de OIT AIRBUS/6 de febrero 2020 ⁴ en la descripción de filtros HEPA utilizados en aeronavegación: La eficiencia de los filtros HEPA es de al menos 99,97 por ciento a 0,3 micrones (Prueba Dop, MIL STD 282) ⁴. La eficiencia aumenta con partículas más grandes y también con partículas más pequeñas. Esta característica, se logra mediante el uso de

múltiples mecanismos de captura y los filtros son similares a los utilizados en aplicaciones hospitalarias. Por lo tanto, la eficiencia de los filtros de recirculación de aire de cabina HEPA es mayor que la declaración anterior para partículas dentro del rango de tamaño abarcado por un virus típico (0.01 a 0.2 micrones) ⁴.

2- SISTEMAS GERMICIDAS: Radiaciones UV, Ionizadores y Ozono.

a) **LAS RADIACIONES ULTRA VIOLETAS (UV)** se utilizan desde hace más de 50 años para la desinfección de aire (también de agua y superficies). Las lámparas UV han demostrado ampliamente su utilidad y poder germicida. Últimamente ha crecido su interés por la preocupación de contaminación ambiental con gérmenes patógenos. Se la utiliza para inactivar virus, *mycobacterium tuberculosis* y hasta posibles agentes de bio-terrosimo⁵. El rango de irradiación con acción germicida se ubica en el espectro electromagnético entre 180 y 280 nm. La radiación inactiva microorganismos al dañar su estructura molecular de ácidos nucleicos y proteínas. Tradicionalmente se usaron lámparas U.V de vapor de mercurio a baja presión con emisión de radiación de 254 nm. Sin embargo, no pueden ser utilizadas en presencia de seres humanos por ocasionar daños moleculares en piel y ojos. Existen actualmente lámparas de última generación llamadas UV-C Far (UV lejana) que emiten a 222 nm. De acuerdo a reportes, en ésta longitud de onda se dañarían en menor grado células o tejidos de mamíferos expuestos⁶ **aunque la recomendación es usarla en sistemas electrónicos internos sellados y sin contacto con seres humanos.** La lámpara UV-C Far ha demostrado ampliamente su poder germicida. En un reciente trabajo del Irving Medical Center de la Universidad de Columbia⁵, con una longitud de onda de 222 nm, eliminó más del 99,9% de los dos tipos de coronavirus expuestos, con baja exposición a la luz UV-C Far y en 25 minutos.

b) **IONIZACION NEGATIVA:** es un sistema de desinfección que genera una ionización negativa del ambiente. De esta manera atrae las partículas positivas (virus), las inactiva y las precipita al suelo. Los iones negativos reducen la capacidad de infección del virus, ya que afectan su estructura de tal forma que ese virus sería incapaz de infectar, o al menos se reduciría su capacidad de infección en forma significativa. Hay trabajos que por primera vez mostraron inactivación del virus coronavirus SARS-CoV-2 con ionización bipolar por plasma, así como recientemente se demostró que el sitio de escisión polibásico del SARS-

CoV-2 se localiza a 10 nm de la proteína del pico y que este sitio está cargado positivamente. Se podría especular entonces, que al igual que a otros virus, éste pueda ser afectado por la ionización negativa.

- c) **OZONO (O₃):** Es un gas con tres moléculas de oxígeno, en lugar de dos como el O₂. El radical suelto (el 3er átomo que tiene de más) interacciona con compuestos orgánicos volátiles y luego se convierte en Oxígeno. El O₃ es un gas oxidante muy potente, que destruye las moléculas orgánicas (como virus, bacterias y hongos)⁷, y posee la propiedad de esterilizar el aire. Por ser un gas, penetra con altísima eficacia hasta en recovecos y lugares recónditos (incluye telas), y ha sido ampliamente demostrada su eficacia como germicida. Es un compuesto natural y tiene una vida media de 20 minutos. Puede ser generado por una lámpara UV con una longitud de onda de 185 nm. La radiación de la lámpara interactúa con moléculas de O₂, dividiéndolas en dos átomos, generando así O₃. Sin embargo, es un gas tóxico en contacto con el ser humano. Tiene un olor característico, que cuando se detecta es sinónimo que se debe abandonar el lugar (el percibir el olor indica alta concentración a nivel tóxico en el aire). **Su uso debe estar restringido a horas nocturnas, en ausencia de seres humanos y de mascotas.** También su toxicidad puede dañar las plantas y cuando su concentración es muy elevada puede dañar revestimientos de cables, caucho, telas e inclusive, piezas de arte.

El objetivo es que el sistema de ventilación en un laboratorio de test de esfuerzo desinfeste y esterilice el aire, de por abolida la contaminación por aero-transmisión (aerosoles flotando) y la de superficie. (obviamente no puede disminuir el contacto directo sin distancia en tos/estornudo etc.).

Un sistema electrónico ideal de desinfección debería **tener estos filtros y elementos germicidas, que al combinarlos accionen de forma coordinada, generen un control ambiental de infecciones del área a cubrir con medios físicos (filtros de carbono y HEPA) y germicidas (UV-C FAR, ionización y Ozono). Se trataría de cinco elementos actuando de manera sinérgica, sincronizada y coordinada en una unidad sellada, reciclando el aire ambiente en minutos.** La lámpara UV-C FAR idealmente no debería ser visible y debería estar

orientada hacia el filtro y hacia el paso del aire. Una vez atrapadas las micro-partículas por los filtros, la UV-C FAR esteriliza el aire y al mismo al filtro HEPA, dadas las colonias de gérmenes que pudieran quedar atrapadas en él. Este último ítem sería clave, dado que los filtros HEPA “filtran, pero no tienen poder germicida”, poder que si tiene la lámpara UV-C FAR.

La lámpara UV-C Far debe estar dentro un dispositivo sellado, sin posibilidad de filtraciones, de manera tal que la radiación emitida esté blindada por el material estructural (que no debe ser plástico), aunque si por ejemplo de acero inoxidable. El material de revestimiento del dispositivo debe ser lo suficientemente efectivo para asegurar que no existe riesgo de exposición tóxica⁸.

Un segundo sistema de desinfección interno (no químico) podría generar una ionización negativa del ambiente, como potenciador de la acción del mismo, al atraer las partículas virales positivas, inactivarlas y precipitarlas disminuyendo o incapacitando la capacidad de infección de esos virus⁹.

Si el lugar es de alto riesgo infectante, **un tercer sistema se puede activar en el aparato: el de esterilización final con liberación de gas ozono.** En modo nocturno, y **durante una hora, se activaría el sistema germicida del gas ozono, que termina de eliminar los virus, bacterias y hongos que queden en las superficies y recovecos del lugar.** El Ozono por ser un gas actúa como esterilización y desinfección final, sobre todo de superficies y de los lugares más recónditos del ambiente. Es importante destacar que la programación del Ozono se debe activar cuando no exista contacto como ya hemos mencionado con seres humanos ni mascotas por su toxicidad, siendo conveniente la programación en horas de madrugada. Hay sistemas que poseen sensores de movimiento que anulan la emisión del gas como medida de seguridad. Este sistema correctamente utilizado sería otra buena opción para desinfectar ambientes.

Los dispositivos deberían intercambiar aire del ambiente en 5 minutos en áreas de 100 m³, 250 m³, 500 m³ y 1000 m³, según el tamaño de los mismos. El mantenimiento (cambios de filtros y lámpara UV-C Far) varía según criterios de cada empresa, aunque debería realizarse por seguridad al menos cada 6 meses. Estimativamente el costo para cubrir 200-300 m³ o más debería ser aproximadamente como el de un aire acondicionado de alta calidad.

Existen en el mercado local e internacional (EEUU y latinoamericano) sistemas de ventilación con potentes filtros y elementos con poder germicida, y algunos cumplen con estándares de certificación internacional para su colocación. Tienen el tamaño de un aire acondicionado o son portátiles de aspecto rectangular, con estructura sellada de acero inoxidable y sin salida al exterior. El mecanismo de acción consiste en aspiración de aire del lugar, con reciclado al pasar por 2 diferentes filtros (HEPA y carbono activado) y 2 sistemas con gran poder germicida (luz UV + Ionización negativa del ambiente) para ser luego devuelto al ambiente sin contaminación (de virus, bacterias y hongos). Algunos de ellos presentan una opción de liberación de Ozono programable y nocturno con sensor de movimiento.

Es importante evaluar las certificaciones y aprobación de entes independientes gubernamentales nacionales e internacionales que presente cada empresa, con normas de bio seguridad nacionales e internacionales para asegurar un marco de inocuidad y bioseguridad.

El cumplimiento de todos los requisitos podría hacer pensar en estos dispositivos como una atractiva opción en comercios ya habilitados en esta fase de pandemia (farmacias, supermercados, salas de espera de centros de salud, diagnóstico cardiológico con tests de esfuerzo, consultorios odontológicos y de otorrinolaringología, bancos, peluquerías) y en un futuro cercano podría ser determinante para una segura habilitación segura de otros lugares considerados de moderado y alto riesgo; como escuelas, bares, restaurantes, salones de eventos, teatros, gimnasios y transporte público así como de otros espacios que implique hacinamiento y falta de adecuada ventilación.

Conclusiones

El uso de este sistema no implica descuidar las normas de bioseguridad ya instaladas. Sin embargo, y dado el rápido reciclado del aire filtrado y desinfectado, se podría pensar que el individuo que realiza el test de esfuerzo con ejercicio (solamente durante la realización del mismo) pueda inhalar por la nariz sin barbijo y exhalar por boca dentro del barbijo (dada la menor respuesta observada con barbijos en términos de frecuencia cardíaca), sobre todo cuando comience la etapa de intenso esfuerzo. Se recomienda adicionalmente, que la PC utilizada para el software de ergometría se encuentre lejos del paciente, o exista una barrera física como por ejemplo la presencia

de una mampara acrílica entre el paciente y la PC o bien que la misma se encuentre fuera del lugar donde se realiza la prueba, con visualización del paciente a través de una apertura vidriada.

Existe la posibilidad de que, en un futuro cercano, estos sistemas de "Aire Seguro" puedan estar en múltiples lugares y áreas comerciales de presunto riesgo (llámese alto flujo de gente y poca ventilación). En el caso de su utilidad en áreas cardiológicas donde se realizan test de esfuerzo su indicación estaría basada en el "principio de precaución ". El ozono debería ser opcional y su no activación, haría que un sistema de filtros y germicidas internos sea totalmente inocuo pudiendo resultar de suma utilidad para reactivar la indicación de test diagnósticos de enfermedad coronaria y control de cardiopatías. La inocuidad del sistema electrónico de filtrado y desinfección debe estar regida por certificados de entes independientes nacionales e internacionales, aunque la seguridad final siempre estará determinada por su correcto uso.

Bibliografía

1. 20 de abril 2020 "COVID-19: Más allá de su alta infectividad... ¿por qué nos contagiamos tanto? Hipótesis de la 3er Vía de contagio" Dr. Martin Lombardero. On line en página de la Sociedad de Imágenes Cardiovasculares de la Sociedad Interamericana de Cardiología (SISIAC).
2. Informe IATA Restarting aviation following COVID-19 Medical evidence for various strategies being discussed as at 07 July 2020 IATA Medical Advisory Group
3. Covid Reference 2020.4 (Julio 2020) Reporte Internacional, Berns Kamps, Christian Hoffmann y colaboradores. www.covidreference.com
4. OPERATORS INFORMATION TRANSMISSION – OIT AIRBUS/6 de febrero 2020 Stephen MONTGOMERY SENIOR DIRECTOR – Propulsion, Fuel, APU & Air Engineering Support CUSTOMER SERVICES <https://www.iata.org/en/programs/safety/health/diseases/>
5. Rudnick S. N. et col. In place testing of induct ultraviolet germicidal irradiation. HVAC&R Research 15 (3) 2009.
6. Far-UVC light (222nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses Manuela Buonanno, David Welch, Igor Shuryak & David J. Brenner. Nature Reserch (2020) 10:10285 | <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2>
7. Pryor W.A., et col. The casacade mecanism to explain ozone toxicity: the rol de lipid ozonization products. Free Radical Biol. Med. 19-935-941. 1995
8. Evaluación y Opinion Técnica de un Sistema de Desinfección, Esterilización del Aire y Superficies EV-O 1000. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN (3iA UNSAM)
9. Global Plasma Solutions ionización bipolar patentada con punta de aguja para inactivar el SARS-CoV-2. El estudio se ejecutó conjuntamente con Aviation Clean Air. <https://www.acrlatinoamerica.com/202006169338/noticias/empras/empresa-de-calidad-de-aire-presento-sus-resultados-sobre-pruebas-de-ionizacion-frente-a-covid-19.html>

Publicaciones que dieron válida la hipótesis de Aero-Transmisión

1-El 17 de abril, en Neeltje van Doremalen y col (Hamilton, Canadá) publicaron en la prestigiosa revista [The New England Journal of Medicine](#): "Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1". Comparan el comportamiento en aire y superficies de coronavirus SARS CoV 1 (epidemia de coronavirus anterior) versus el SARS-Cov-2 (coronavirus actual). Demuestran que la estabilidad de ambos coronavirus en diferentes superficies y en la hipótesis de aerosol suspendido en el aire es similar.

2-El 22 de abril Yuguo y col.: "Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant" demuestran rigurosamente y a través de videos como en un restaurant chino y sin ventilación natural, las únicas 3 familias que se contagian no tenían una distancia inapropiada que justificara el contagio ni otra razón que no pudieran ser "aerosol" potenciado por el sistema de ventilación.

3-El 27 de abril [Nature](#) en: "Aerodynamic análisis of SARS-CoV-2 in two Wuhan Hospitals". Tomaron muestras a través de la cuantificación de material genético (ARN) del CoV-2 en numerosos ambientes de dos importantes hospitales de Wuhan (China). Se determinó la existencia de SARS-CoV-2 en muestras de aerosol en el aire de los siguientes sitios: inodoro paciente con COVID, reunión con pacientes infectados con COVID-19 y sin ventilación, sitios donde se cambian de ropa de protección del personal médico (en áreas COVID), oficina de staff médico (donde se hacían pases de sala). Además, encontraron restos de material genético viral en los sistemas de ventilación de los cuartos con pacientes con COVID-19, sugiriendo que la "nube de micro-partículas" era reciclada por dicho sistema. Por otra parte, los resultados del trabajo sugirieron ausencia de aerosol en lugares públicos y bien ventilados o abiertos como supermercado y bar del Hospital.

4-El 19 de mayo en [Physics of Fluids](#), Talib Dbouka y Dimitris Drikakisb publicaron "On coughing and airborne droplet transmisión to humans (Sobre la tos y la transmisión de gotitas en el aire en humanos)". Emplearon una dinámica de fluidos multifásicos y la transferencia de calor computacional para investigar el transporte, la dispersión y la evaporación de las partículas de saliva que surgen de la tos humana, (tomaron en cuenta humedad relativa, las fuerzas de dispersión turbulentas, el cambio de fase de la gota, la evaporación y la ruptura, además de las interacciones gotita-gotita y gotita-aire). E investigaron el efecto de la velocidad del viento en el distanciamiento social. Para una tos humana leve en el aire a 20 ° C y 50% de humedad relativa, descubrieron que las

gotitas portadoras de la enfermedad de la saliva humana pueden viajar a distancias considerables inesperadas dependiendo de la velocidad del viento del ambiente, inclusive ser influido por viento de sistemas de ventilación.

5-El 27 de mayo en la prestigiosa revista [The Lancet](#), Aernout Somsen y col, (Amsterdam/Holanda) publicaron: "Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission", donde analizaron la producción de gotas debido a la tos y el habla midiendo la distribución del tamaño de las gotas, la distancia y la velocidad de viaje, y el tiempo en el aire en relación con el nivel de ventilación del aire. Lo hicieron con medición por difracción láser, con y sin ventilación. En la habitación mejor ventilada, después de 30 segundos, el número de gotas se había reducido a la mitad, mientras que sin ventilación esto tomó alrededor de 5 minutos, y las gotas de 5 µm de la tos promedio o del habla tardan 9 minutos en llegar al suelo. También observaron que la transmisión por aerosoles de las pequeñas gotas solo puede prevenirse mediante el uso de máscaras faciales de alto rendimiento; dado que una máscara quirúrgica convencional solo detuvo el 30% de las pequeñas gotas de aerosol para la respiración inhalada; en cambio para la respiración exhalada, la eficacia fue mucho mejor. Este estudio demostró que una mejor ventilación reduce sustancialmente el tiempo en el aire de las gotitas respiratorias.

6-El 2 de junio, Giorgio Buonanno, L. Morawska, L. Stabile son Ingenieros especialistas en Calidad de Aire y Salud de Italia y Australia) publicaron una "Evaluación cuantitativa del riesgo de transmisión en el aire de la infección por SARS-CoV-2: aplicaciones prospectivas y retrospectivas". Realizan un sofisticado sistema de evaluación cuantitativa del riesgo de infección individual en sujetos susceptibles y expuestos en microambientes interiores en presencia de un sujeto infectado asintomático con SARS-CoV-2. Evaluando 4 escenarios posibles, sugieren la alta tasa de contagio en lugares cerrados y mal ventilados sólo pueden justificarse asumiendo que la principal ruta de contagio es por transmisión aérea. Y que en un lugar ventilado con un sujeto infectado el riesgo es 0.001 con un tiempo recomendado de estar menos de 20 minutos en ese lugar.

7-El 2 de junio Valentyn Stadnytskyi , Christina E. Bax , Adriaan Bax y Philip Anfinrud publicaron en [PNAS](#) "The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission", en español "La vida útil en el aire de pequeñas gotas de voz y su importancia potencial en la transmisión de SARS-CoV-2". Demuestran que con dispersión de luz láser altamente sensibles el habla en voz alta puede emitir miles de gotas de fluido oral por segundo, y pueden estar en un ambiente de aire cerrado y estancado, de 8 a 14 min. Para ellos estas observaciones confirman que existe una

probabilidad sustancial de que el habla normal provoque la transmisión del virus en el aire en entornos sin ventilación.

8-El 6 de junio, Javier Salas y Mariano Zafra en el diario *El País* de España, publicaron con diagramas 3D una interesante investigación: "Radiografía de tres brotes: así se contagiaron y así podemos evitarlo ". Los 3 brotes: un restaurante abarrotado para celebrar el Año Nuevo chino, un centenar de contagios en un edificio de diecinueve plantas y un grupo de devotos budistas que viajan en autobús para un rito religioso. Son tres brotes reales, minuciosamente documentados por las autoridades, en los que se produjeron múltiples contagios de COVID. En los tres eventos, la transmisión podría explicarse por aerosoles y gotas que viajan distancias más largas a través del aire y/o sistemas de ventilación.

9-El 15 de junio, Shelly L. Miller y col, publican en [Indoor Air](#): "Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading evento". Analizan cómo, en un largo ensayo de coro de una ciudad de Washington y estando todos asintomáticos, 53 de los 61 miembros fueron COVID-19 y dos murieron. Los autores (de EEUU Escocia, Inglaterra, Australia e Italia) son ingenieros especialistas en ventilación y aire ambiental. Demuestran en un análisis sofisticado como el riesgo de infección está modulado por las condiciones de ventilación, la densidad de ocupantes y duración de la presencia de un individuo infeccioso con el resto. Y no tienen duda que la transmisión por la ruta aérea es probable.