

DESARROLLO DE UN ESTERILIZADOR
DE AIRE UV-C PARA MINIMIZAR
RIESGOS DURANTE LA ATENCIÓN
ODONTOLÓGICA EN EL CONTEXTO
DEL COVID-19.

DEVELOPMENT OF A UV-C AIR
STERILIZER TO MINIMIZE RISKS DURING
DENTAL CARE IN THE CONTEXT OF
COVID-19.

Facultad de Odontología - UNLP
Calle 50 e/ Av. 1 y 115 La Plata (1900). Bs. As. Argentina.
Financiamiento: UNLP - Incubadora de Proyectos Minerva

• Macías, Manuel¹; Luchetti, Cesar^{2,3}; Kitrilakis, Alicia^{4,5}; Pelizza, Sebastián⁶ •

**Proyecto Designado como Estratégico por la UNLP en la Convocatoria "Tu Idea Suma"
de la Incubadora de Proyectos Minerva, en el marco de la Pandemia de Covid-19 – Resolución Nro. 1836**

RESUMEN En el contexto de la pandemia por Covid-19, y considerando que existe una transmisión aérea del virus, que la OMS tardó en reconocer, pero que hoy está comprobada, puso de manifiesto el gran riesgo que existe en los ámbitos odontológicos, más que en otros ámbitos médicos, debido a la producción de aerosoles durante el trabajo que normalmente se realiza. Por esta razón, se decidió desarrollar un Esterilizador de Aire con una combinación específica de Filtros Especiales y el uso de Luz UV-C. Luego del desarrollo del esterilizador (Belerofonte I), se realizaron pruebas biológicas, con Virus, Bacterias, Hongos y Esporas, para ver su efectividad en esterilizar ambientes. Luego de los resultados contundentes obtenidos, se efectuaron pruebas de ingeniería para ver el flujo de aire del equipo, a partir de las cuales, el esterilizador se escaló a un tamaño más pequeño, con las mismas prestaciones y la misma efectividad (Belerofonte II) Si bien el desarrollo se enmarca en la pandemia por Covid-19, el mismo sería de utilidad a largo plazo, dadas sus prestaciones, y que podría ser aplicable no solo a consultorios odontológicos, sino también en otros campos de la medicina, por ejemplo para evitar infecciones intrahospitalarias, así como su uso general en transporte público, locales comerciales, entre otros.

SUMMARY In the context of the Covid-19 pandemic, and considering that there is an airborne transmission of the virus, which the WHO was slow to recognize, but which is now proven, highlighted the great risk that exists in dental settings, more than in other medical fields, due to the production of aerosols during the work that is normally carried out. For this reason, it was decided to develop an Air Sterilizer with a specific combination of Special Filters and the use of UV-C Light. After the development of the sterilizer (Belerofonte I), biological tests were carried out, with Viruses, Bacteria, Fungi and Spores, to see its effectiveness in sterilizing environments. After the overwhelming results obtained, engineering tests were carried out to see the air flow of the equipment, from which the sterilizer was scaled to a smaller size, with the same benefits and the same effectiveness (Belerofonte II) Although the development is part of the pandemic due to Covid-19, it would be useful in the long term, given its benefits, and that could be applicable not only to dental offices, but also in other fields of medicine, for example to prevent intra-hospital infections, as well as the general use in public transport, commercial premises, among others.

1. Colaborador. Proyecto de Investigación Implantología Oral Fase VIII, UNLP
2. Integrante. Proyecto de Investigación Implantología Oral Fase VIII UNLP.
Codirector Carrera de Maestría en Implantología Oral. UNLP
3. Profesor Titular. Asignatura Prótesis A. Facultad de Odontología. UNLP
4. Director. Proyecto de Investigación Implantología Oral Fase VIII UNLP.
Director Carrera de Maestría en Implantología Oral. UNLP
5. Profesor Consulta. Facultad de Odontología. UNLP
6. Director. Instituto Spegazzini. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP

INTRODUCCIÓN

La problemática desatada por el SARS-CoV-2 con respecto a protocolos de bioseguridad¹, ha hecho que se redefinan los procedimientos destinados a disminuir la carga viral en el ámbito de la atención odontológica². Particularmente el profesional odontólogo se encuentra en altísimo riesgo de exposición a dicho patógeno. La cercanía con la cavidad bucal y el uso de instrumental neumático y su consecuente generación de aerosoles, llevó a que la práctica diaria sea un verdadero reto, puesto que extremando al máximo las medidas de bioseguridad el riesgo de contagio sigue siendo alto³.

Esta problemática requiere una rápida contrapartida a dos variables que presentan un riesgo potencial para el odontólogo y para el paciente. Por un lado, tenemos la producción de gotículas que quedan en suspensión en el ambiente, y por otro la posterior precipitación de estas contaminando todas las superficies del ambiente. Esta publicación se encuentra centrada en el desarrollo de un esterilizador de aire UV-C "Belerofonte y su evolución al Belerofonte II y su importancia en el ámbito odontológico, y no menos importante la utilización de luz UV-C como método físico de inactivación de microorganismos (Fig.1). Este proyecto se realizó en la Facultad de Odontología de la UNLP.

Las pruebas biológicas se desarrollaron en el Instituto Spegazzini, de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), el Laboratorio de Animales de Experimentación, de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UNLP), y las pruebas de flujo de aire fueron realizadas en Ingeniería (UIDET -LaCLyFA. Facultad de Ingeniería, Departamento de Aeronáutica - UNLP) Estas últimas permitieron la evolución del Prototipo Belerofonte al Belerofonte II. Existen muchas publicaciones con respecto al uso de la luz UV-C y una gran disparidad en lo referente a uso y tiempo exacto para lograr una completa inactivación de microorganismos⁴. A pesar de que la esterilización por luz UV-C es una tecnología que se conoce hace muchos años, ésta ha estado principalmente destinada al uso de cámaras de flujo laminar y laboratorios de manejo de patógenos de alto riesgo, razón por la cual no se ha popularizado con anterioridad. El uso de la luz UV-C también supone un riesgo para las personas que se expongan a ella^{5,6}. Por estos motivos creímos conveniente realizar pruebas que corroboren los tiempos exactos que se requieren de exposición a la radiación UV-C para lograr una completa inactivación de microorganismos, y por otro lado, realizar pruebas de esterilización de ambientes altamente contaminados. Por lo antes expuesto, creemos crucial plantear claramente el problema que implica la presencia de gotículas o spray en el ámbito odontológico sin la instauración de nuevos protocolos de bioseguridad.

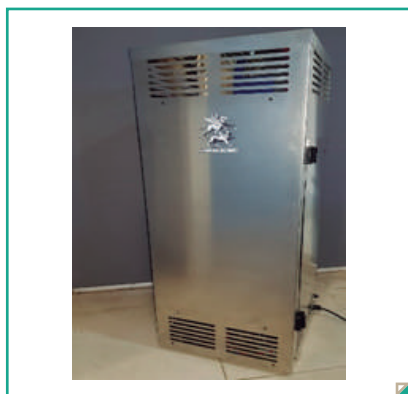


Figura 1. Esterilizador de Aire UV-C Belerofonte II

OBJETIVOS

General:

- Instaurar nuevos protocolos de bioseguridad destinados a disminuir el riesgo de contagio del SARS-CoV2.

Específicos:

- 1) Determinar la capacidad de filtrado de partículas ambientales con una carga de esporas muy alta por parte del prototipo Belerofonte II, solamente en función filtrado.
- 2) Determinar la capacidad del prototipo Belerofonte II en lo que respecta a la esterilización del aire de un ambiente con una carga de esporas muy alta, en combinación con el uso de Luz UV-C
- 3) Determinar el tiempo mínimo necesario de exposición que necesitan las lámparas de tipo UV-C para eliminar microorganismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó el Esterilizador de Aire UV-C desarrollado, y se realizaron pruebas biológicas con el fin de evaluar su eficacia^{4,7} (Fig.1).

En el presente trabajo se describen los estudios realizados para evaluar los objetivos propuestos más arriba. Las pruebas de virología e ingeniería serán motivo de otra publicación.

Para las pruebas se seleccionó la espora fúngica del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*⁴. Dicha espora es un marcador excelente ya que presenta una gran resistencia a la luz UV-C, dando por sobreentendido que, si se logra la inactivación de dicho entomopatógeno, significa necesariamente la inactivación de todos los microorganismos que sean sensibles al espectro de luz de 250 Nm. Otra ventaja es que dicha espora presenta una gran dispersión en el ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1 y 2:

Determinar la capacidad de filtrado de partículas ambientales con una carga de esporas muy alta por parte del prototipo Belerofonte II, solamente en función filtrado y en combinación con el uso de luz UV-C.

Estas pruebas se realizaron en el Instituto Spegazzini, de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP. El prototipo se ubicó estratégicamente en una posición central del laboratorio a una altura de un metro. Para llevar adelante este ensayo, se utilizaron un total de 160 cápsulas de Petri con medio de cultivo APG, el cual es un medio rico en nutrientes que permite el desarrollo de todo tipo de microorganismos como esporas fúngicas y bacterianas que se encuentren presentes en el ambiente.

Se procedió a dispersar una suspensión de esporas fúngicas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, de 1×10^8 conidios/ml. Este procedimiento se llevó a cabo fundamentalmente para asegurarnos de tener un ambiente en el cual, se encuentre una alta concentración de esporas, lo cual pondrá en evidencia el correcto funcionamiento del esterilizador de aire UV-C prototipo Belerofonte II.

La capacidad de filtrado del prototipo se evaluó en base a un ambiente de 160 metros³ (Tablas I, II y III).

OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

Determinar el tiempo mínimo necesario de exposición que necesitan las lámparas de tipo UV-C para eliminar microorganismos.

Para poder determinar el tiempo mínimo necesario de exposición que necesitan las lámparas de tipo UV-C para eliminar microorganismos, se procedió a determinar la viabilidad de las esporas fúngicas, mediante la técnica descrita por Goettel & Inglis. Para ello se procedió a preparar una suspensión de esporas fúngicas del hongo entomopatógeno *B. bassiana* de 1×10^4 conidios/ml de concentración. Por otro lado, se colocaron 800 μ l de medio de cultivo estéril de APG, en forma de una fina capa de aproximadamente 2 mm de espesor, sobre un portaobjetos (previamente esterilizado en autoclave), el cual se colocó en el interior de una cápsula de Petri que contenía un disco de papel de filtro estéril. Una cantidad de 300 μ l de la suspensión fúngica mencionada anteriormente, se inoculó en el medio de cultivo. Posteriormente, esta suspensión fúngica fue sometida a las lámparas de radiación UV-C del prototipo Belorofonte II a distintos intervalos de tiempo 5-10-15-20-25 y 30 minutos. Luego se humedeció el papel de filtro que se encontraba en el interior de las cápsulas de Petri con 1 ml de agua destilada estéril. Estas cápsulas de Petri fueron colocadas a 25°C y oscuridad dándole así las condiciones óptimas para permitir la germinación de las esporas. Al cabo de 24 horas, se determinó el número de esporas germinadas relacionadas con el número total de esporas. Se consideraron esporas germinadas cuando el tubo germinativo alcanzó la mitad de la longitud de las mismas. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento y se contaron 300 esporas en cada caso. Nosotros observamos que el tiempo mínimo de exposición a las lámparas UV-C debe ser de 30 minutos, para que se elimine el 100% de las esporas fúngicas que fueron expuestas a dicha radiación (Tabla IV y Fig. 2).

RESULTADOS

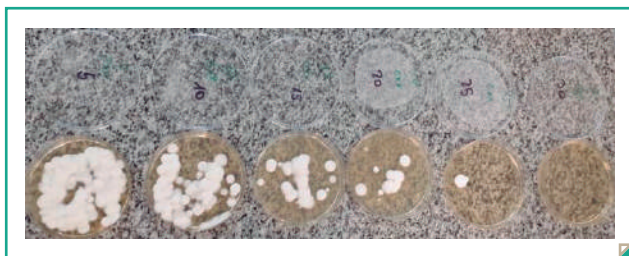


Figura 2. Tiempo de exposición a la luz UV-C en minutos

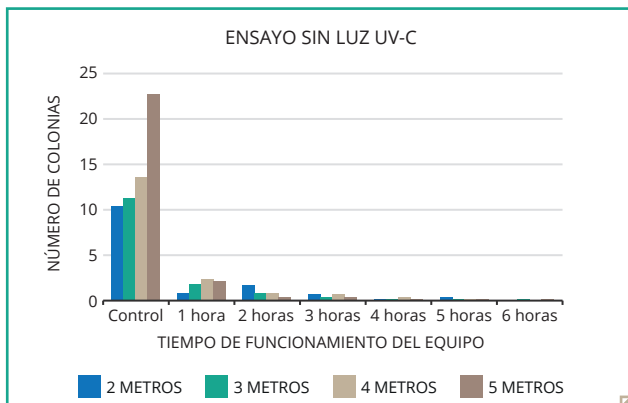


Tabla I. Número promedio de colonias fúngicas, a través del tiempo, tomadas a una distancia que va desde los 2 metros hasta los 5 metros de distancia del prototipo. El equipo no tenía las luces UV-C encendidas, sólo trabajaba en la función de filtrado.

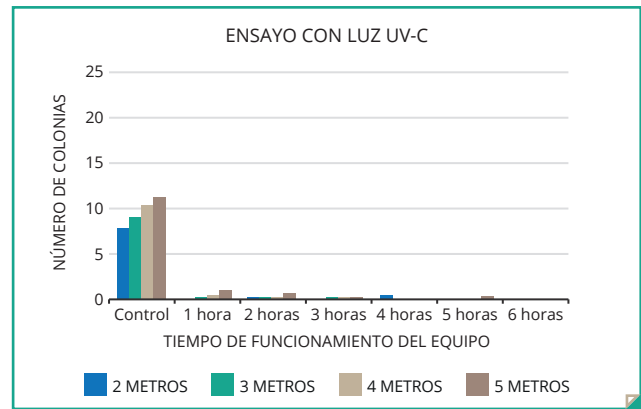


Tabla II. Número promedio de colonias fúngicas, a través del tiempo, tomadas a una distancia que va desde los 2 metros hasta los 5 metros de distancia del prototipo. El equipo tenía las luces UV-C encendidas.

Variables	DF	F	P
Tratamiento	1	37,97	<0,0001
Tiempo	5	16,10	<0,0001
Distancia	3	0,47	0,7016
Tratamiento*Tiempo	5	6,45	<0,0001
Tratamiento*Distancia	3	1,13	0,3398
Tiempo*Distancia	15	1,46	0,1234
Tratamiento*Tiempo*Distancia	15	0,92	0,5409

Tabla III. Resultados del Análisis de varianza de dos vías, para el ensayo realizado con el prototipo Belorofonte II, con las lámparas de tipo UV-C apagadas y encendidas, a distancias que fueron de los 2 a 5 metros y a distintos intervalos de tiempo los cuales fueron de tiempo 0 (control previo) a 6 horas de actividad del equipo. Diferencias significativas se establecen cuando el valor de $P < 0,0001$.

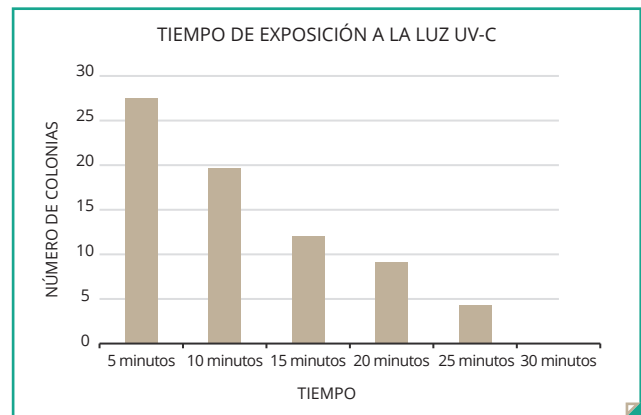


Tabla IV. Tiempo mínimo de exposición a la radiación de las lámparas UV-C, para eliminar la totalidad de las esporas fúngicas de *Beauveria bassiana*.

DISCUSIÓN

Las implicancias de este nuevo escenario mundial y local, obligan a todo profesional odontólogo a extremar los cuidados en su labor cotidiana, debiendo transformar consultorios odontológicos en verdaderos laboratorios de grado IV³ (Biosafety level 4, BSL 4) que es el nivel máximo de bioseguridad.

Estas condiciones deben ser las referenciales en lo que respecta a preparación del consultorio y cuidado del profesional actuante y el paciente en el marco de la actual pandemia. Indudablemente el control del aire que se respira en el consultorio es un elemento crucial en lo que respecta a protección.

La descontaminación de superficies por parte de la radiación UV-C, es una herramienta muy útil, pero debe manejarse con extrema cautela, ya que una exposición directa tendría graves

consecuencias para la salud.

El desarrollo del esterilizador de aire "Belerofonte II" es una herramienta altamente efectiva para el control de microorganismos presentes en el aire que tengan la peculiaridad de permanecer en suspensión, que sumado a los protocolos destinados a descontaminación de superficies, se pueden lograr condiciones de trabajo seguras, disminuyendo significativamente los riesgos inherentes a la práctica odontológica.

CONCLUSIONES

Dentro de los límites del presente trabajo, podemos concluir que:

- 1) Los filtros utilizados dentro del equipo han permitido retener la mayor cantidad de partículas infecciosas, sin la utilización de luz UV-C, y producir aire estéril a la salida del equipo, lo cual demuestra la eficacia de los filtros incorporados.
- 2) Cuando se utilizó el equipo en función filtrado más el uso de la luz UV-C, se observaron mejores resultados en cuanto a la calidad de aire que sale del equipo.
- 3) En cuanto a los tiempos de esterilización por luz UV-C, se establecieron en 30 minutos, y considerando la capacidad de filtrado del equipo en sí, podría proponerse un esquema de 5 horas de uso, donde 4:30 hs sean solo de filtrado, y luego se usen las luces UV-C por 30 minutos.
- 4) De esta manera, en función de los resultados hasta el momento, el equipo podría funcionar en periodos de 5 horas, en las cuales trabajaría 4:30 hs solo en filtrado y 30 minutos con el funcionamiento de la luz UV-C.
- 5) El desarrollo propuesto, permite descontaminar el aire del ámbito de trabajo en forma segura rápida y continua, pudiendo estar el profesional y paciente presente durante dicho proceso, cosa que no es posible con la luz UV-C directa, lo cual instaura una nueva lógica en lo que respecta a bioseguridad y disminuye el riesgo de contagio de cualquier patógeno que pueda transmitirse ya sea por vía aérea directa o a través de gotículas en suspensión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud. Información Actualizada sobre el Covid-19. Septiembre de 2020. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
2. Itzhak Abramovitz, Aaron Palmon, David Levy, Bekir Karabucak, Nurit Kot-Limon, Boaz Shay, Antonia Kolokythas, Galit Almozino. Dental care during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: operatory considerations and clinical aspects. *Quintessence Int.* 2020, 51 (5):418-429
3. Fennelly, Kevin P. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med* 2020, 8 (9): 914-24
4. Macías, Manuel; Luchetti, Cesar; Kitrlakis, Alicia; Pelliza, Sebastian; Laborde, Juan; Ayala, Miguel. Desarrollo de un Esterilizador de Aire UV-C para el Control de la Transmisión Aérea del Covid-19. *Revista Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social - IDTS UNLP*, 2020 (En prensa) <https://revistas.unlp.edu.ar/IDTS>
5. Sliney, David. Balancing the risk of eye irritation from UV-C with infection from bioaerosols. *Photochem Photobiol.* Jul-Aug 2013;89 (4):770-6
6. Salmon JF. Retinal detachment. In: Salmon JF. Kanski's *Clinical Ophthalmology*. 9th Edition. Philadelphia, USA, Elsevier; 2020: chapter 16
7. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int* 2020; 142: 105832.
8. Goettel, M.S. and Inglis, D.G. Fungi: Hyphomycetes. In: Lacey, L.A. (ed.) *Manual of Techniques in Insect Pathology*. London, UK, Academic Press, 1997: pag: 213-249,
9. Lara Villegas, Humberto H; Ayala Núñez, Nilda Vanesa; Rodríguez Padilla, Cristina. Laboratorios de Bioseguridad Nivel 3 y 4: *Rev Mex Patol Clin*, 2007, 54, (4): 177-186