

## Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19

Correa Melissa<sup>1</sup>, Mera Sabrina<sup>2</sup>, Guacho Fabián<sup>3</sup>, Villarreal Elio<sup>4</sup>, Valencia Sebastián<sup>5</sup>

melissa.correa.osorio@gmail.com<sup>1</sup>, sabrymera@hotmail.com<sup>2</sup>, marguscasti@gmail.com<sup>3</sup>, criomed2015@gmail.com<sup>4</sup>, sebasvalen90@gmail.com<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-1022-2833><sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-5173-1490><sup>2</sup>,

<https://orcid.org/0000-0001-6700-3546><sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5789-8366><sup>4</sup>,

<https://orcid.org/0000-0002-1508-2542><sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Ingeniería en Biotecnología.

<sup>2</sup>Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química.

<sup>3</sup>FG Asesoría&Servicios, Ingeniería, Calidad, Seguridad y Ambiente

<sup>4</sup>Empresa CRIOEVA S.A.

<sup>5</sup>Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Ingeniería Mecánica

Quito-Ecuador

Recibido (13/07/20), Aceptado (28/07/20)

**Resumen:** En este trabajo se presentan criterios que permiten estimar parámetros de desinfección mediante el uso de luz ultravioleta UV-C de onda corta, en agua, aire y superficies. Se indican métodos para evaluar la dosificación en función de la potencia de la lámpara empleada. Este tipo de estrategia permiten resultados de hasta 99.9% de desinfección, inactivando diferentes tipos de microorganismos. Estas referencias sirven de base para el diseño de dispositivos de utilidad en la presente emergencia por COVID-19, cuyo origen, al ser viral, es susceptible al mismo método de desinfección debido al proceso de dimerización del ADN, donde el daño producido en la estructura celular, afecta la capacidad de reproducción y de funcionalidad.

**Palabras Clave:** Luz UV-C o germicida, desinfección UV, dimerización del ADN.

## Disinfection through the use of germicidal UV-C light in different media as a preventive strategy against COVID-19

**Abstract:** In this work, criteria are presented that allow the estimation of disinfection parameters through the use of short wave UV-C light, in water, air and surfaces. Methods to evaluate the dosage as a function of the lamp power used are presented. This type of strategy allows results of up to 99.9% disinfection, inactivating different types of microorganisms. These references serve as a basis for the design of devices useful in the present emergency by COVID-19, whose origin, being viral, is susceptible to the same method of disinfection due to the process of DNA dimerization, where the damage produced in the cellular structure, affects the capacity of reproduction and functionality.

**Keywords:** UV-C or germicidal light, disinfection with UV light, dimerization of ADN.



## I. INTRODUCCIÓN

La luz UV-C germicida (GUV) es altamente eficiente para evitar el crecimiento microbiano y logra la desinfección de la gran mayoría de superficies. La radiación UV-C en su rango de longitud de onda corta de  $250 \pm 10$  nanómetros (nm), es letal para bacterias, virus, protozoos, hongos, levaduras y algas [1]. El efecto de la UV-C implica daño sobre la estructura de ADN de cualquier microorganismo que este en un rango aproximado, por lo tanto, la distancia de la luz germicida es un factor clave para garantizar la inactivación microbiana [2]. La efectividad de la luz UV-C varía según la superficie en que se trabaje, se debe considerar diferente longitud de onda para agua, aire y superficies [3]. En cuanto a las superficies, se debe tomar en cuenta el material con que está elaborada el área, según este dato el tiempo de radiación puede aumentar o disminuir  $\pm 5$  minutos [4].

La efectividad germicida es proporcional a la dosis de exposición, la cual esta expresada en milijulios por centímetro cuadrado ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ). Es el producto de la tasa de dosis (irradiancia, miliwatts por centímetro cuadrado  $\text{mW}/\text{cm}^2$  o wats por metro cuadrado  $\text{W}/\text{m}^2$ ) y tiempo (de 1 microsegundos a varias horas) [5]. Existe una relación no lineal entre la exposición a los rayos UV-C y la eficacia germicida. Es decir, si una determinada exposición a los rayos UV inactiva al menos el 90% de una población bacteriana, duplicar el tiempo o la intensidad de la exposición puede inactivar el 90% del 10% de microorganismos restantes, para una eficacia germicida general del 99% [6]. Del mismo modo, una disminución del 50% en la dosis o el tiempo de exposición disminuyen la eficacia germicida solo del 99% al 90% [5, 6]. La humedad puede reducir la efectividad de la radiación UV germicida. Existe una dosis de referencia para lograr una supervivencia del 37%. Sin embargo, en la práctica, una dosis de GUV de interés es de 3 o 4 muertes por log, que corresponde a una inactivación del 99.9% o 99.99%, respectivamente [7].

### A. Desinfección en medios líquidos

Los sistemas empleados para realizar desinfección en medios líquidos, difieren en diseño de los modelos empleados para superficies o aire. La irradiación en el agua se produce dentro de los 15 cm, por lo cual, se requiere niveles de potencia UV más altos. Además, se necesitan lámparas UV con características específicas, como el empaquetamiento y cantidad de lámparas requeridas [8].

La dosis de UV para agua, es diez veces más alta que la requerida para la desinfección del aire, los microorganismos que suelen ser de interés para inactivarse del agua, difieren considerablemente de los que se encuentran en el aire, por lo tanto, solo se debe considerar rangos de UV de referencia cuando el agente microbiano se encuentra tanto en el agua como en el aire o en la superficie [9].

La desinfección en medios líquidos con el método de luz UV-C ha sido aplicada principalmente en el tratamiento de aguas residuales, para su uso como agua potable. Entre las ventajas de esta técnica destaca que es altamente segura y confiable, además de no genera subproductos dañinos o tóxicos [10].

Este tipo de desinfección, al ser una técnica tan implementada en aguas residuales, constantemente se busca estrategias para mejorar su capacidad. Este es el caso de un proceso híbrido entre UV-C y microfiltración con el fin de eliminar diferentes tipos de patógenos. Los resultados recopilados de este estudio, reflejaron que entre el 96-99% de los microorganismos fueron inactivados únicamente por la acción UV-C. Por otra parte, se logró establecer que al implementar una membrana porosa y la luz UV-C, en el proceso de microfiltración favorece notoriamente la eficiencia de la filtración de agua residual [11].

Por otra parte, es importante destacar que el agua, al estar en contacto con algún tipo de superficie también puede representar contaminación microbiana. Por tal motivo, en la figura I se muestra la tasa de radiación UV, tanto para agua como para superficie de algunos de los microorganismos que se encuentran comúnmente.

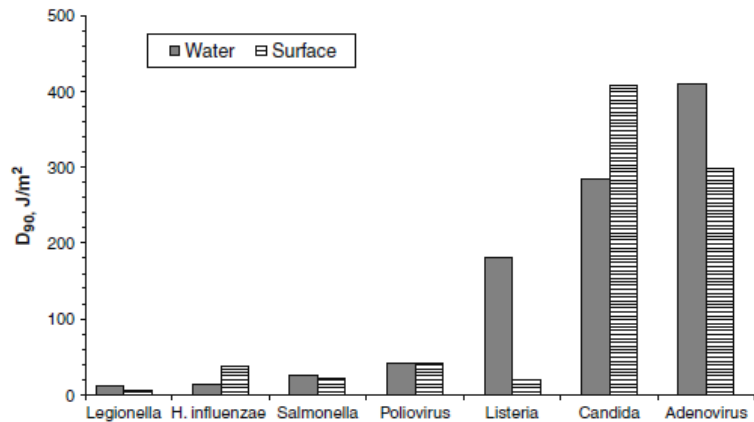


Fig. 1. Susceptibilidad de diferentes tipos de microorganismos

En la figura I se puede notar la dosis de UV en  $J/m^2$  requerida por diferentes microorganismos tanto en agua como en superficies. Se puede notar como se requiere mayor dosis para el agua que para la superficie. Además, es importante enfatizar que los microorganismos suelen ser más vulnerables en el agua, ya que pueden tener cierto grado de protección inherente. En forma general, la susceptibilidad de los microorganismos a los rayos UV puede ser mayor o menor que en el agua. Sin embargo, se puede usar las constantes de velocidad a base de agua para predecir la desinfección en la superficie [12].

#### B. Desinfección en superficies

La Organización Panamericana de la salud, indica que las superficies sólidas, al ser uno de los principales focos de infección, estrategias basadas en bioluminiscencia resultan ideales para reducir el riesgo de contagio de cualquier posible microorganismo dañino. Esto se debe a que la intensidad luminosa es proporcional a la cantidad de materia orgánica y de bacterias encontrada en la superficie [13].

Las superficies, sin importar de qué tipo o ambiente procedan, suelen ser una fuente de microbios aerotrasportados, los cuales a menudo son contaminantes de las superficies. Esta característica hace que los microorganismos que están presentes en el aire también lo están en la superficie y se encuentran aún más presentes en la industria alimenticia y de la salud [14].

La desinfección de superficies indica, que los parámetros principales a considerar son la distancia de exposición de la luz a la superficie y el tiempo de fluorescencia. Una distancia menor o igual a ocho pies es una distancia adecuada para un 99.9% de desinfección, considerando un tiempo de funcionamiento de aproximadamente 30 minutos [15]. Cabe destacar que la tasa de inactivación de microorganismos en las superficies, puede tener una ligera variación según el tipo de superficie. Es decir, el efecto de la desinfección en las superficies siempre será potente, sin embargo, el rango puede variar. Este es un campo abierto para la investigación, ya que no se registran datos de este tipo de información [16].

Es común implementar este tipo de estrategias de desinfección en el hogar, entornos públicos y centros médicos. Este es el caso del inodoro inteligente eSOS, cuyo sistema irradia la luz de forma automática para ayudar a la limpieza y eliminación de cualquier tipo de microorganismo que pueda estar presente en el inodoro. El sistema únicamente implementa una luz potente que llega a las áreas necesarias. Los resultados más eficientes se presentaron usando la lámpara a una distancia de 167 cm para la irradiación e implementando una dosis entre 1.88 y 2.74 mW. Estas características reflejaron una limpieza más efectiva y la reducción potencial de riesgos para la salud pública [17].

#### C. Desinfección de aire

Los patógenos y alérgenos transportados por aire representan una importante amenaza para la salud. El uso de la luz ultravioleta para la desinfección de aire es muy diferente a los datos conocidos para la desinfección del agua. No obstante, los microorganismos presentes en el aire si se relacionan con los de las superficies por la transferencia entre ambientes. Hasta el momento, se conoce que en sistemas con agua existe una atenuación de la radiación UV,

por lo que la dosificación para desinfección requiere niveles 10 veces más altos de lo que se necesita para desinfección del aire. Lo que hace que los parámetros de desinfección de aire, sea experimental y un tema de importante estudio y parametrización para futuras aplicaciones, ya que es difícil estimar la eficiencia de esta técnica en un ambiente no controlado [18-19].

#### D. Parámetros de desinfección UVC.

Las lámparas de vapor de mercurio de cuarzo de baja presión, producen una luz de longitud de onda de 254nm de alta intensidad, obtenidas al hacer pasar una descarga eléctrica por el vapor de mercurio. Estas lámparas poseen un rango de eficiencia entre 70 – 110 lm/w. Generan en promedio un 31% de su potencia de entrada en potencia útil germicida [20].

Las lámparas más usadas de baja presión de vapor de mercurio, tienen una longitud de onda de 253.7 nm. Por lo tanto, la banda de UV-C es la más apropiada para la eliminación de microbios. La banda de UV de vacío (UV-V), específicamente con una longitud de onda de 185 nm, es apropiada para la producción de ozono (O). Por otra parte, las lámparas de luz ultravioleta y las fluorescentes son similares. Por lo tanto, la luz ultravioleta es producida como resultado del flujo de corriente a través del vapor de mercurio entre los electrodos de la lámpara. Las lámparas de baja presión de mercurio, producen la mayoría de los rayos con longitud de 253.7 nm. Esta longitud es muy próxima a la longitud de 260 a 265 nm, la más eficiente para erradicar microbios [21]. A continuación se describen algunos de los parámetros más relevantes que se deben tomar en cuenta frente esta estrategia de desinfección.

La dosis UV es la cantidad de energía necesaria para inactivar un microorganismo, por la emisión de luz UV-C. El termino dosis se utiliza para describir la capacidad total de energía absorbida por un microorganismo, para eliminar e inhabilitar su reproducción. Por tanto, la dosis es el producto de intensidad de radiación por el tiempo de exposición, y como tal, permite calcular la capacidad de tratamiento ultravioleta de cualquier sistema [22]. La dosis de inactivación para los microorganismos difiere del medio en el que se encuentran, por lo que será un valor distinto si fuese en agua, superficie o aire.

En cuanto a las bacterias y otros tipos de organismos los datos de dosis de inactivación varían, como se indica en la tabla I [3].

TABLA I. dosis de inactivación de diferentes grupos microorganismos

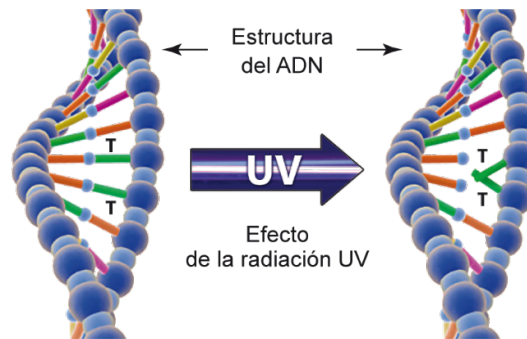
MICROORGANISMO	MÍNIMA RANGO mJ/cm <sup>2</sup>	DOSIS 99,9%	MÁXIMA RANGO mJ/cm <sup>2</sup>	DOSIS 99,9%
ESPORAS	<6		370	
BACTERIAS	1.5		39	
PROTOZOARIO	<1		132	
VIRUS	5		246	
ALGAS y OTROS	>60		720	

En la tabla I se reflejan los valores aproximados según el grupo de microorganismo con que se esté trabajando.

La intensidad de radiación de la fuente de luz dependerá de su forma geométrica y de la distancia de emisión de las ondas de luz. Es la potencia radiante total ( $\phi$ ) desde todas las direcciones incidente, en un elemento de área infinitesimal a una distancia radial ( $r$ ), desde una fuente puntual en un medio no absorbente. Este parámetro está muy ligado a la potencia de la fuente de luz germicida, sus especificaciones técnicas que en el dispositivo permitan determinar la radiación efectiva que se produce [14].

El mecanismo de desinfección por luz UV-C, se efectúa por una reacción de fotosensibilidad del microorganismo ante la radiación de onda corta, en donde su ADN es afectado, logrando de esta manera la inactivación. La reacción de inactivación ocurre debido a un mecanismo de dimerización del ADN (Figura 2). Los tratamientos con irradiación UV-C, inactivan los microorganismos principalmente debido a la inducción de la formación de dímeros de pirimidina, que alteran las hélices de ADN y los bloques de replicación de las células microbianas, que destruyen la capacidad de reproducción y otras funciones de la célula. El mecanismo de daño biológico es consistente con la absorbancia de la luz ultravioleta por el ADN, que alcanza su máximo en la banda UV-C alrededor de 260

nm. Mientras que la luz en la banda UV de vacío (por debajo de 200 nm) es absorbida por el ADN. Suele ser biológicamente insignificantes debido a su fuerte absorbancia en la atmósfera. La resistencia de los microorganismos a los tratamientos UV-C está determinada principalmente por su habilidad para reparar el ADN dañado [5].



**Fig. 2. Dimerización del ADN, como efecto de la incidencia de luz UV-C**

Se conoce que la emisión de luz UV-C sobre los organismos vivos dependiendo de su estructura puede atacar el ADN de las células, por lo que se recomienda su uso seguro en objetos o superficies inertes con el objetivo de inactivar de ellos los microorganismos. Según el informe del Comité de Fotobiología del IES en respuesta a la pandemia COVID-19, con respecto a la exposición de humanos a la luz UV-C, se indica que las emisiones de la lámpara UV-C pueden representar un peligro para la seguridad, la salud en el lugar de trabajo, los ojos y la piel, si las lámparas se usan o se instalan de forma incorrecta. Sin embargo, estas lámparas se pueden usar de manera segura, si los trabajadores están informados sobre los peligros y siguen las precauciones apropiadas. El GUUV de la habitación superior se ha utilizado de manera segura para prevenir la transmisión aérea durante al menos 70 años. Se sabe mucho sobre los límites de exposición humana de la irradiación UV (UV-C) de 254 nm. En comparación con los rayos UV-A y UV-B de la luz solar, la capa muerta externa (estrato córneo) y la piel externa (epidermis externa) absorben casi por completo la radiación UV-C, con una penetración muy limitada en las capas celulares más profundas de la piel cuando es nueva [16].

## II. DESARROLLO

### A. Criterios para evaluación de desinfección

Algunos criterios a tomar en cuenta durante el proceso de desinfección son: Determinación de dosis de inactivación, Determinación de la intensidad de la lámpara, Determinación del tiempo de exposición para desinfección.

En una recopilación sobre estudios de dosis efectivas para inactivar coronavirus, se muestra el valor límite superior aproximadamente de 10,6 mJ/cm<sup>2</sup> o 106 J/m<sup>2</sup>, para alcanzar un 90% de desinfección. La dosis que se considerará para la eliminación de virus y bacterias serán los rangos máximos y se toma un valor de referencia de 246 mJ/cm<sup>2</sup> o 2460 J/m<sup>2</sup>, con esta dosis se conseguirán una desinfección del 99,9% por emisión de luz UV-C [16].

Para la determinación de la intensidad de la lámpara se usa la fórmula de irradiación de una fuente de luz, en unidades de potencia (watts) por cm<sup>2</sup>, luego se transforma a unidades de mW/cm<sup>2</sup> para el uso de las dosificaciones recomendadas (1).

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

La ecuación 1 representa la intensidad de irradiación UV de la lámpara en unidades de (w/cm<sup>2</sup>), P es la potencia de la lámpara UV en unidad de (w), A es el área de irradiación de la fuente de luz, en este caso el área lateral de un cilindro en unidad de superficie (cm<sup>2</sup>).

La determinación del tiempo de exposición se encuentra representada en (2), donde:

$$\text{Dosis} = \text{Intensidad} \times \text{tiempo} \quad (2)$$

Con esta ecuación podemos determinar el tiempo, en base a la Dosis referencial y la intensidad de la lámpara, de la siguiente manera (3):

$$t = \frac{D}{I} \quad (3)$$

En donde, t es el tiempo de exposición a la luz en unidad de tiempo (s), D es la dosis requerida en unidades (J/m<sup>2</sup>), I es la intensidad de la lámpara (w/m<sup>2</sup>). En la ecuación 3 el valor de tiempo (t), es considerando la intensidad de la lámpara en los puntos de emisión de luz directa, en toda el área lateral de la lámpara [17].

### III.METODOLOGÍA

En el presente trabajo, se ha realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva, en donde se han considerado datos sobre la dosis requerida para la inactivación de diferentes microorganismos, los cuales pueden estar presentes en agua, aire y superficies. Cada uno de estos datos se tomaron en cuenta en base a un mecanismo de desinfección usando luz UV-C. Además, estos parámetros se razonaron como potencial frente a la pandemia actual de COVID-19.

Esta información fue recopilada a partir de dos libros especializados en desinfección UV, más de 20 artículos científicos e información expuesta por la Organización Panamericana de la salud sobre la luz UV y su impacto como mecanismo de desinfección.

### IV.RESULTADOS

Según la información recopilada, la estrategia de desinfección por UV, es sumamente efectiva para erradicar casi hasta el 99,9% de microorganismos y además por el efecto de dimerización que puede ocasionar la dimerización en los virus, estos métodos son una alternativa adecuada frente a la pandemia actual para la desinfección de sistemas sanitarios, áreas públicas e inclusive el aire, aunque este último no cuenta con el suficiente respaldo científico. Por lo tanto esta información hizo evidente como se puede desinfectar de forma casi segura agua y superficies.

### V.CONCLUSIONES

La caracterización de parámetros de desinfección de una lámpara germicida dependerá de su potencia y forma geométrica.

El uso adecuado en tiempos y dosis de emisión de luz UV-C depende de los valores referenciales para eliminación del 99.9% de virus y bacterias.

Los tiempos de funcionamiento de las lámparas de mercurio que se calculan en estos documentos son los mínimos requeridos para la emisión de luz directa a la fuente y forma de la lámpara.

Los tiempos de dosis se relacionan con la irradiancia de la fuente la cual depende de la distancia de emisión de luz a la superficie u objeto, y es directamente proporcional a la distancia.

La irradiancia o intensidad de la luz UV-C es inversamente proporcional a la distancia de la superficie reflejada.

La desinfección con luz UV-C es segura solamente para objetos y superficies inertes.

Si se somete al ser humano a la desinfección por luz UV-C respetando su máxima exposición permitida de 60 J/m<sup>2</sup>, no se logrará alcanzar una desinfección de virus y bacterias, por lo que no se recomienda su uso en las personas.

### REFERENCIAS

[1]R. Wallace, M. Ouellette and J. Jean, "Effect of UV-C light or hydrogen peroxide wipes on the inactivation of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Clostridium difficile* spores and norovirus surrogate", Journal of



Applied Microbiology, vol. 127, no. 2, pp. 586-597, 2019.

[2] J. Vargas, "Efecto de la radiación gamma sobre las características físico - químicas, sensoriales y microbiológicas en paprika en polvo (*Capsicum annum L.*)", Revista ECIPeru, pp. 68-71, 2019.

[3] M. ngeles García, P. Fernández, "Luz ultravioleta e inmunidad", Piel, vol. 21, no. 8, pp. 367-368, 2016.

[4] W. Pachuau, R. Tiwari, "(Invited) Deep Ultraviolet Light Emitting Diodes: Physics, Performance, and Applications", ECS Meeting Abstracts, 2014.

[5] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 1-13.

[6] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 17-47.

[7] "Germicidal Ultraviolet (GUV)", Media.ies.org, 2020. [Online]. Available: <https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>. [Accessed: 16- Jun- 2020].

[8] J. Bolton and C. Cotton, The ultraviolet disinfection handbook, 3rd ed. Denver, Colo.: American Water Works Association, 2008, pp. 13-33.

[9] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 8-9.

[10] P. Aguirre, J. García, R. Mujeriego Sahuquillo, "Desinfección con cloro y luz UV en un proceso convencional de regeneración de agua", Ingeniería del agua, vol. 11, no. 1, p. 75, 2004.

[11] Rodríguez-Chueca, S. Mesones, J. Marugán, "Hybrid UV-C/microfiltration process in membrane photoreactor for wastewater disinfection", Environmental Science and Pollution Research, vol. 26, no. 36, pp. 36080-36087, 2018.

[12] W. Hijnen and G. Medema, "Inactivation of viruses, bacteria, spores and protozoa by ultraviolet irradiation in drinking water practice: a review", Water Supply, vol. 5, no. 5, pp. 93-99, 2005.

[13] J. Sanchez, "OPS/OMS | Establecimiento: mantenimiento, limpieza y desinfección", Pan American Health Organization / World Health Organization, 2020. [Online]. Available: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10822:2015-establecimiento-mantenimiento-limpieza-desinfeccion&Itemid=42210&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10822:2015-establecimiento-mantenimiento-limpieza-desinfeccion&Itemid=42210&lang=es). [Accessed: 08- Jul- 2020].

[14] D. Chitnis, G. Katara, N. Hemvani, S. Chitnis, V. Chitnis, "Surface disinfection by exposure to germicidal UV light", Indian Journal of Medical Microbiology, vol. 26, no. 3, p. 241, 2008.

[15] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 10.

[16] K. Shirbandi, S. Barghandan, O. Mobinfar, F. Rahim, "Inactivation of Coronavirus with Ultraviolet Irradiation: What? How? Why?", SSRN Electronic Journal, 2020.

[17] F. Zakaria, "Effectiveness of UV-C light irradiation on disinfection of an eSOS® smart toilet evaluated in a temporary settlement in the Philippines", International Journal of Environmental Health Research, vol. 26, no. 5-6, pp. 536-553, 2016. Available: 10.1080/09603123.2016.1217313 [Accessed 01 July 2020].

[18] J. Envall, P. Karha, E. Ikonen, "Calibration of broadband ultraviolet detectors by measurement of spectral irradiance responsivity", Review of Scientific Instruments, vol. 77, no. 6, p. 063110, 2006.

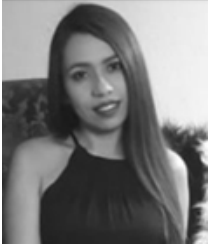
[19] A.H. Malayeri, M. Mohseni, B. Cairns, J.R. Bolton., "Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivation of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae," Department of Chemical and Biological Engineering, University of British Columbia, 2006.

[20] Gilbert H. Reiling, "Characteristics of Mercury Vapor–Metallic Iodide Arc Lamps," J. Opt. Soc. Am. 54, 532-540, 2014.

[21] M. Guerrero., "Efecto del uso combinado de la radiación UV-C y atmósfera modificada en el tiempo de vida útil de uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) sin capuchón". Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería [Disertación Grado Ingeniero de Alimentos], pp. 78. 2013.

[22] E. Ponce., "Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada," Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla., Puebla, México, 2005.

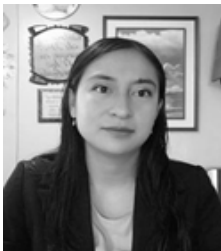
## RESUMEN CURRICULAR



**Melissa Correa**, Ingeniera en Biotecnología de la Universidad de las Américas en Quito-Ecuador. Con reconocimientos de primer lugar en el primer foro de CEBIO, congreso internacional de Biotecnología UDLA y final continental Solacyt 2020 en México. Desarrollo de proyectos en Biorreactores de inmersión temporal y fotobiorreactores presentados a nivel internacional.



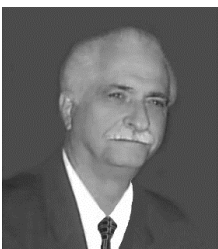
**Sebastián Valencia**, Ingeniero Mecánico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Especialista Superior en Gerencia Integrada de Calidad de la Universidad Andina Simón Bolívar. Actualmente Responsable del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo de Quito – Ecuador, con 4 años de experiencia tanto como técnico y responsable en departamentos de equipamiento biomédico de hospitales públicos en el Ecuador.



**Sabrina Mera**, Ingeniera Química de la Universidad Central del Ecuador. Consultora Ambiental y técnica externa. Desarrollo de proyecto en Energías Renovables en cuanto a la optimización de procesos de centrifugación para separar Biomasa proveniente de microalgas en el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER.



**Fabián Guacho**, Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente de la Universidad Central del Ecuador, Especialista en Administración de Proyectos del Tecnológico de Monterrey, con 23 años de experiencia laboral diferentes ámbitos de la industria de manufactura, construcción, hidrocarburos y 10 años en Docencia para 4to nivel en temas de Calidad, Higiene Industrial, Gestión en varias universidades del país; Consultor empresarial.



**Elio Villarreal**, Ingeniero Industrial, Se desempeña en Investigación, Desarrollo y producción de equipos médicos, accesorios de Criocirugía y Crioterapia. Su ámbito de investigación lo ha aplicado en la Criocirugía y Crioterapia. Es autor del libro ““Criogenia, Criocirugía y Crioterapia””. Ha producido patentes como aporte al ámbito médico.