



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

VALORACIÓN DEL USO DE LA LUZ ULTRAVIOLETA COMO AGENTE DESINFECTANTE

Sansebastián Aguilar Humberto Miguel¹, Aguilar Soto José Gabriel¹, León Roldan Delia², Nuricumbo Esteban Antonio Filemón², Sen Salinas Diana Antonieta¹, Ortiz Lima Carlos Manuel³.

¹Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
beto3108@hotmail.com, jaguilar223@hotmail.com, dianasen13@hotmail.com

²Hospital de Especialidades Vida Mejor, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
delialeonroldan@gmail.com, antonionuricumbo@hotmail.com

³Laboratorio de Metrología e Instrumentación, INAOE, Tonantzintla, Cholula, Puebla.
carlosortiz@inaoep.mx

RESUMEN

En el presente documento se detalla la investigación realizada sobre la efectividad de la radiación ultravioleta como un agente desinfectante para áreas hospitalarias, para ello, se definen los conceptos básicos necesarios. Se presentan estadísticas e información que demuestra la importancia de este proyecto. Igualmente se realizan pruebas bacteriológicas, usando una lámpara UV-C para desinfectar áreas en hospitales, en las que se muestran de manera cuantitativa y cualitativa los resultados del estudio. Finalmente los resultados se analizan para llegar a conclusiones que sirvan de referencia para la toma de decisiones acerca del uso de este método de desinfección.

1. INTRODUCCIÓN

Las infecciones asociadas a cuidados de la salud, conocidas también como infecciones nosocomiales, son un problema relevante de salud pública de gran trascendencia económica y social y constituyen un desafío para las instituciones de salud y el personal médico responsable de su atención.

Debido a que las infecciones nosocomiales son complicaciones en las que se conjugan diversos factores de riesgo que en su mayoría pueden ser susceptibles de prevención y control, resulta fundamental la evaluación continua sobre los programas y políticas establecidas para su control a nivel nacional.

En México se ha estimado que la frecuencia de infecciones en unidades hospitalarias varía desde 2.1 hasta 15.8%, es decir, que de cada cien pacientes hospitalizados, aproximadamente dieciséis de ellos adquieren una infección dentro del tiempo de hospitalización.

En las unidades de cuidados intensivos (UCI) la situación es más preocupante: un estudio realizado en 895 pacientes de 254 UCI en México encontró que 23.2% de éstos tenía una infección nosocomial. La neumonía fue la infección más común (39.7%), seguida de la infección urinaria (20.5%), la de herida quirúrgica (13.3%) y la del torrente sanguíneo (7.3%). La letalidad asociada a estas infecciones nosocomiales fue de 25.5% [1].

Debido a esto es importante la implementación de agentes esterilizantes y desinfectantes, los cuales generalmente son tóxicos para el personal y pacientes, o de igual forma resultan ser muy costosos. Por estas razones es necesaria la búsqueda de alternativas que minimicen el número de pacientes afectados por infecciones nosocomiales además de minimizar los costos en los procesos de desinfección. Una alternativa propuesta y estudiada en este documento es la utilización de luz ultravioleta como agente desinfectante para la eliminación de bacterias causantes de infecciones nosocomiales.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

2. DESARROLLO

El estudio de laboratorio realizado para verificar la efectividad de la luz ultravioleta como agente desinfectante se dividió en tres etapas con el fin de analizar un mayor campo de muestreo, así como lograr resultados resolutivos que avalen las conclusiones del proyecto.

Primeramente se realizó un muestreo de aire posteriormente uno de superficies inertes y finalmente con el fin de verificar la propuesta de aplicación se realizó una prueba en la cual se analiza el efecto de la luz ultravioleta en dicha propuesta.

Muestreo de aire: Dicho proceso se realizó a partir de la toma de muestras ambientales en ocho áreas del Hospital de Especialidades "Vida Mejor", en el cual se utilizaron treinta y dos cajas de Petri preparadas con agar sangre de la marca MCD. Las cuales se dividen en grupos de cuatro por área y se dejan expuestas al ambiente en los módulos de enfermería o áreas de tránsito común entre médicos, pacientes y enfermeras, por un tiempo de treinta minutos (Fig. 1).

Figura 1.

Posteriormente las muestras se tapan y tres de las cuatro muestras de cada área se introducen a una campana de flujo laminar, previamente esterilizada, para ser radiadas con luz ultravioleta a una distancia de cincuenta centímetros. Las muestras son radiadas en tres tiempos diferentes, de las tres muestras por área introducidas a la campana de flujo laminar, la primera se retira después de un tiempo de radiación de quince minutos, la segunda a los treinta y la tercera a los sesenta minutos, con lo cual termina la prueba (Fig. 2).

Figura 2.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

Finalmente se introducen todas las muestras, las de control y las radiadas por quince, treinta y sesenta minutos al horno de cultivo que se encuentra a 37° C durante un periodo de cuarenta y ocho horas y se observan los resultados.

Muestreo de superficies inertes: Para la prueba de laboratorio realizada a partir del muestreo de ocho áreas del hospital de especialidades "Vida Mejor", se utilizaron para la obtención de las muestras 23 tubos de ensaye con caldo de cultivo enriquecido BHI (Brain Heart Infusion), 23 tubos de ensaye con solución salina estéril y 23 hisopos estériles.

Las muestras se toman de las ocho áreas del hospital y en diferentes lugares de las áreas, dando prioridad a los lugares en los que se encuentran una mayor cantidad de personal que interactúa con los pacientes, como módulos de enfermería, lava manos, teléfonos y muebles de uso común. Siendo en total veintitrés muestras tomadas de las ocho áreas del hospital (Fig. 3).

Figura 3.

Las muestras tomadas, colocadas en los tubos de ensaye con caldo de cultivo enriquecido BHI se introducen a la incubadora por un periodo de veinticuatro horas para ayudar al desarrollo de los microorganismos que se encuentren en este. Pasado este tiempo se retiran de la incubadora. Posteriormente las muestras obtenidas se siembran en diferentes cajas de Petri con diferentes tipos de agar. Se utilizan para el sembrado 23 cajas de agar Mac Conkey, 23 cajas de Petri de agar manitol salado y 6 cajas de Petri de agar Biggy, las cuales se dividen en cuatro partes con el fin de sembrar cuatro muestras en una misma caja.

Seguido a esto se usan 16 cajas de Petri con agar sangre, con el fin de realizar las pruebas de desinfección con la lámpara ultravioleta a una muestra de cada área, es decir, a ocho de las dieciséis cajas de Petri.

Finalmente se lleva a cabo el proceso de desinfección de ocho de las dieciséis cajas de Petri con agar sangre, el cual consiste en colocar dichas cajas dentro de una campana de flujo laminar previamente esterilizada, y exponerlas a la lámpara ultravioleta a una distancia de cincuenta centímetros durante un tiempo de treinta minutos. Es importante mencionar que se determinó el tiempo de treinta minutos como tiempo promedio efectivo en el cual se considera por resultados previos, tiene el mayor efecto desinfectante en la menor cantidad de tiempo. Concluido el tiempo



V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD 5, 6 y 7 de junio de 2014 TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

establecido, todas las cajas de Petri, con los distintos tipos de agar y las que fueron desinfectadas, se introducen a la incubadora a 37°C por un periodo de tiempo de 48 horas y se observan resultados.

Estudio de propuesta de aplicación: Con el fin de comprobar la propuesta de aplicación, la cual consiste en emplear la lámpara ultravioleta en los ductos de aire acondicionado y así mejorar la calidad del aire en las áreas del hospital, se realiza una prueba práctica en las instalaciones del Hospital de Especialidades "Vida Mejor".

La prueba consiste en tomar ocho cajas Petri de la marca MCD previamente preparadas con agar sangre y llevarlas dentro del área de quirófanos. Dicha prueba se planea en la sala 1 de dicha área debido a que esta cuenta con diversas ventajas que benefician a la investigación, tales como que al ser un área con una rutina de limpieza mucho más exhaustiva que la del resto del hospital es más sencillo aislar la contaminación proveniente del aire acondicionado de la del aire circundante, ya que este se encuentra relativamente limpio. Otra razón es que el hecho de utilizar una sala de cirugía evita el tránsito indeseado de personal que pueda intervenir con la prueba.

Finalmente y la más importante es que la propuesta de aplicación está diseñada principalmente para áreas en las que se cuenta con un circuito de aire acondicionado aislado, tal y como se encuentra en el área de quirófanos, esto debido a que son los que presentan menor cantidad de suciedad interna que alteraría el proceso de desinfección con la lámpara ultravioleta y esta representa un área crítica en la cual los pacientes aumentan considerablemente el riesgo de contraer una enfermedad nosocomial.

Posteriormente cuatro de las ocho cajas de Petri se exponen a contaminación producida por la salida de aire acondicionado a una distancia de 1.5 metros de ella en línea recta. Estas cuatro muestras se exponen por un tiempo de treinta minutos y se sellan. Seguido a esto se toma la lámpara ultravioleta y se introduce en el ducto de aire acondicionado, con el fin de que el aire pase a través de la luz ultravioleta antes de salir al ambiente, y de igual forma se toman las cuatro cajas restantes y se colocan a una distancia de 1.5 metros en línea recta de la salida de aire acondicionado durante un tiempo de treinta minutos y se sellan (Fig. 4).

Finalmente las ocho cajas de Petri, cuatro de control y las cuatro expuestas al aire que pasa por la luz ultravioleta, se colocan en el horno de cultivo a 37°C por un periodo de 48 horas y se observan los resultados.



Figura 4.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

3. RESULTADOS

Los resultados de la prueba realizada a las cajas en las que se realizó el muestreo ambiental son los que se muestran en la tabla siguiente (Tabla 1).

Área	Muestras				
	Control	15 minutos	30 minutos	60 minutos	
Urgencias	25	0	1	0	U F C
Medicina Interna	28	1	0	1	
Cirugía y Trauma	26	0	0	1	
Pediatría	11	0	0	0	
Cuneros	3	1	1	0	
UCIN	11	0	0	0	
UCIA	4	0	0	1	
Hemodiálisis	3	1	1	0	
PROMEDIO	13.875	0.375	0.375	0.375	

Tabla 1. Resultados de la prueba

Cabe mencionar que las cajas de Petri estuvieron expuestas al ambiente en el horario de servicio de noche, ya que a esa hora se encuentra la menor cantidad de personal. Esto con el fin de evitar la contaminación de las cajas por parte del mismo de manera directa y no de manera ambiental, ya que esto constituiría un sesgo en la investigación debido a que en horarios regulares existen áreas en las cuales transita un mayor número de personas que en otras, por lo que se buscó la homogeneidad en este factor. Los resultados de la prueba realizada a las cajas obtenidas del muestreo de superficies inertes se muestran en la tabla siguiente (Tabla 2).

Muestra	Lugar de muestreo	Área	Identificación Bacteriológica
1	Módulo enfermería	Medicina Interna	Bacilos SPP
2	Llave y tarja	Medicina Interna	Estafilococos SPP
3	Teléfono	Medicina Interna	Estafilococos SPP
4	Módulo enfermería	Cx y Tx	Bacilos y estafilococos SPP
5	Llave y tarja	Cx y Tx	Bacilos Gram negativos
6	Teléfono	Cx y Tx	Estafilococos SPP
7	Módulo enfermería	Pediatría	Estafilococos SPP
8	Carro rojo	Cuneros	Bacilos Gram negativos y estafilococos SPP
9	Módulo enfermería	UCIN	Estafilococos SPP
10	Módulo enfermería	UCIA	Estafilococos SPP
11	Teléfono	UCIA	Estafilococos y bacilos SPP
12	Llave y tarja	UCIA	Limpio
13	Módulo enfermería	Hemodiálisis	Bacilos y estafilococos SPP
14	Llave y tarja	Hemodiálisis	Limpio



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

15	Mesa de curación	Hemodiálisis	Estafilococos SPP
16	Teléfono	Hemodiálisis	Bacilos Gram negativos, bacilos y estafilococos SPP
17	Máq. de Hemodiálisis cama 10	Hemodiálisis	Estafilococos SPP
18	Máq. de Hemodiálisis cama 8	Hemodiálisis	Estafilococos SPP
19	Módulo enfermería	Urgencias	Bacilos Gram negativo, estafilococos y bacilos SPP (oxidasa positivo)
20	Teléfono	Urgencias	Bacilos y estafilococos SPP
21	Bicarbonato de sodio cama 10 (después de usar)	Hemodiálisis	Bacilos Gram negativos (oxidasa positivo) probable Pseudomona estafilococos SPP
22	Concentrado ácido cama 10 (después de usar)	Hemodiálisis	Limpia
23	Agua de borboteador cama 5	Hemodiálisis	Bacilos Gram negativos

Tabla 2.

El proceso de identificación de las 23 muestras tomadas de las ocho áreas consiste en la observación visual de las mismas y de la realización de pruebas bacteriológicas en las cuales pequeñas muestras tomadas de colonias específicas de bacterias en las cajas de Petri son extraídas y sometidas a distintos procesos. Uno de ellos es la identificación de bacilos utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Este proceso consiste en tomar una muestra de una colonia que se desee analizar y se coloca sobre un porta objetos, posteriormente se añade una gota de peróxido de hidrogeno y se verifica la reacción del mismo, en el cual se observa un burbujeo intenso. Lo cual significa que la prueba es positiva y la colonia analizada está constituida por bacilos.

Otra prueba realizada sobre las muestras, llamada prueba de oxidasa, consiste en la colocación de una pequeña cantidad de una colonia sobre una tira reactiva que tiene un compuesto indicador que hace que las muestras colocadas sobre la misma se tornen color morado al ser una bacteria que posea citocromo c oxidasa. Esto con el fin de determinar tipos de bacterias patógenas y que implican un riesgo a la salud de los pacientes hospitalizados, ya que estas, tales como la Pseudomona, Helicobacter Pylori, Vibrio Cholerae entre otras, son oxidasa positivas. Por ello se realiza esta prueba en las muestras que indican una gran probabilidad de presentar estas bacterias al ser bacterias Gram negativas. Los resultados de esta prueba pueden verse en la Tabla 2.

De igual forma, con el fin de medir la efectividad de la radiación ultravioleta en la desinfección de muestras con una mayor concentración de microorganismos, se realiza una prueba a partir de las muestras de superficies inertes tomadas de las 8 áreas. La cual consiste en tomar 8 muestras de las mismas 23 realizadas, es decir, una por cada área, y sembrar dos por cada una en cajas de Petri con agar sangre para hacer un total de 16.

Una caja por cada área se aparta como control y las otras 8 restantes se someten a la radiación ultravioleta por un tiempo de 30 minutos. Finalmente las 16 cajas de Petri con agar sangre, se introducen al horno de cultivo durante un periodo de tiempo de 48 horas. Concluido este periodo se pueden apreciar un ejemplo de este resultado en la imagen siguiente (Fig. 5).

V CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
5, 6 y 7 de junio de 2014
TONANTZINTLA, PUEBLA, MÉXICO

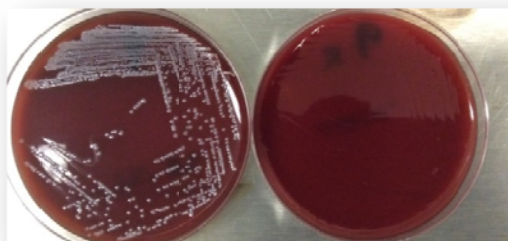


Figura 5.

En el estudio realizado de la propuesta de aplicación que consiste en la colocación de lámparas ultravioleta dentro de los ductos de aire acondicionado, con el fin de mejorar la calidad del aire intrahospitalario y así evitar infecciones nosocomiales, y el cual siguió la metodología descrita anteriormente se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla siguiente (Tabla 3).

Muestra	Control	Aplicando UV	U F C
1	8	7	
2	9	0	
3	6	6	
4	6	4	
Promedio	7.25	4.25	

Tabla 3. Resultados de la prueba de propuesta de aplicación.

A continuación se muestra una imagen en donde se comparan los resultados de ambas pruebas, las 4 superiores son las muestras control (Fig. 6).

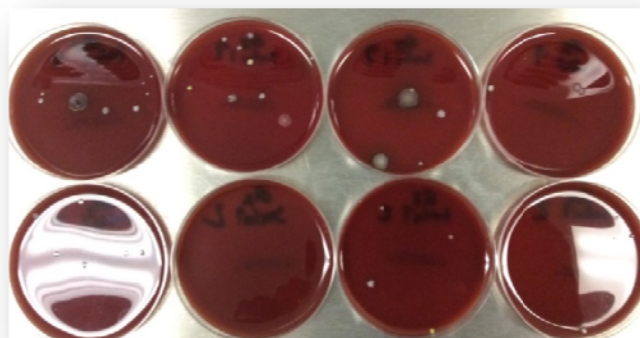


Figura 6.

4. CONCLUSIONES

En la prueba realizada en el laboratorio del Hospital de Especialidades "Vida Mejor" se pudo verificar de manera cuantitativa la efectividad de la luz ultravioleta como agente desinfectante, ya que primeramente en el muestreo de aire realizado en ocho áreas del mismo hospital se encontró un número considerable de microorganismos, los cuales al ser sometidos a la radiación ultravioleta fueron, es su gran mayoría, eliminados.



TONANTZINTLA, PUEBLA, MEXICO

Esta conclusión puede notarse con mayor claridad en la Tabla 1, ya que como ahí se muestra, en promedio las cajas de Petri expuestas al ambiente en las áreas hospitalarias presentaron casi catorce unidades formadoras de colonias. En comparación con las que fueron sometidas a la radiación cuyos promedios estaban cercanos a cero unidades, quedando en ellas lo que puede considerarse un factor de error en el proceso de desinfección completamente aceptable. Esto debido a que no existe un método de desinfección que garantice un ciento por ciento de la misma.

Lo más importante de este muestreo es establecer una base en la efectividad de la radiación ultravioleta, es decir, que al realizar esta prueba con la contaminación ambiental únicamente se establece un estándar mínimo en el cual es efectiva la radiación ultravioleta. Además que se comprueba de manera aceptable y cuantitativa que esta misma tiene una buena efectividad para desinfectar superficies, lo cual podría consistir una de sus más notables aplicaciones en el combate de las infecciones nosocomiales.

La prueba realizada del muestreo de superficies inertes tiene como objetivo principal, más importante que cuantificar la desinfección, el identificar cualitativamente las poblaciones bacterianas, esto con el fin de determinar en qué tipos de bacterias o microorganismos tiene una mayor incidencia la radiación ultravioleta. Finalmente tanto de la prueba realizada en las cajas de Petri con las que se hizo el muestreo de aire como en las del muestreo de superficies inertes se pudo comprobar que el tiempo necesario para desinfectar con por lo menos el ochenta por ciento de efectividad una superficie es de treinta minutos.

Sobre la prueba de aplicación puede concluirse que primeramente, el proceso de desinfección dentro de los ductos de aire acondicionado, debe de estar acompañado con una limpieza periódica del mismo. Esto con el fin de que el aire que circula a través de este pase de manera uniforme por el haz de radiación ultravioleta, principalmente por dos razones. Por el hecho de que las partículas suspendidas en el aire bloquean el haz de radiación y con ello evitan que esta afecte a las bacterias que lleva el aire y porque las mismas partículas constituyen un contaminante que provoca infecciones nosocomiales. Lo que finalmente deja como conclusión que el control de las infecciones nosocomiales es un reto que debe ser afrontado por todos los frentes. Pacientes, familiares, personal médico, de enfermería, de mantenimiento, de trabajo social, entre otros. Deben todos colaborar en el cuidado de la limpieza del ambiente hospitalario, ya que este, como cualquier otro método empleado, es solo una ayuda para el control de variables que no pueden ser controladas como la existencia de poblaciones microbianas en el medio ambiente, pero que, sin la ayuda de todas las partes involucradas, no podrá jamás ser tan efectivo como se espera que sea.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Manual de Esterilización para Centros de Salud.*
Silvia I. Acosta-Gnass, Valeska de Andrade Stempluk.
Organización Panamericana de la Salud.
- [2] *Manual of clinical microbiology*
Murray P.R., Baron, Pfaller, Tenover and Tenover
7th ed. American Society for Microbiology, 1999
- [3] *Biological Effects of ultraviolet Radiation*
W. Harm
Cambridge University Press, 1980