

Recibido: 10/03/18; Aceptado: 30/5/18

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros>

indexada en



<http://www.latindex.unam.mx/>



<http://miar.ub.edu/issn/2304->



ELIMINACION DE *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* DE AGUA POTABLE USANDO USANDO SISTEMA DE DESINFECCION CON LUZ UTRAVIOLETA Y OXIDO DE TITANIO.

Elimination of *E. coli* and *Pseudomonas aeruginosa* from potable water using system of disinfection with light UV and oxide of titanium.

Alexis De La Cruz^{1, 2} y Daniel Murcia¹

1. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. Email: alexisdelac@gmail.com
2. Ministerio de Salud, Departamento de Calidad de Agua.

RESUMEN

Es necesario asegurar la calidad del agua a través de la reducción de los microorganismos patógenos usando tecnología como la generación de radicales libres a través de la luz UV y el óxido de titanio, para ello, el objetivo de esta investigación, fue determinar las capacidades de reducción de Coliformes y *Pseudomona aeruginosa*, mediante el sistema purificador TiO₂/UV ICE 15. La investigación se basó en la implementación de un Equipo Purificador ECO Purificador TiO₂/UV ICE 15, acoplado con un reactor de Oxido de Titanio y lámpara UVC cuyas dimensiones son 1000 mm de largo, el cual se conectó a un tanque de 55 galones de agua inoculada con 2 cepas: *Pseudomona aeruginosa* y *E. coli*, a una concentración 10⁹, el sistema de Purificación se recirculo a treinta minutos, una y dos horas, para la toma de muestra antes y después de aplicación del sistema purificador. Los resultados de los análisis microbiológicos arrojaron un 100% de la remoción de *E. coli*, después de aplicar el Eco Purificador TiO₂/UV, y respecto a *Pseudomona aeruginosa*, se determinó el 99.9 % de la remoción a partir de la concentración 10⁹. Se concluye que el sistema Eco Purificador TiO₂/UV, garantiza la remoción de los microorganismos.

PALABRAS CLAVE: Eco Purificador, Oxido de Titanio, Luz UV, Pseudomona aeruginosa, E. coli

ABSTRACT

It is necessary to ensure the quality of water by reducing pathogenic microorganisms using technology as free radical generation by UV light and the oxide of titanium, therefore the objective of this research was to determine the capacity reduction of coliforms and Pseudomonas aeruginosa, using TiO₂ /UV ICE 15 Purifier system. The research was based on the implementation of a computer cleaner ECO Purifier TiO₂/UV ICE 15, coupled with a reactor of oxide of titanium and UVC lamp whose dimensions are 1000 mm in length, which was connected to a tank of 55 gallons of water, inoculated with 2 strains: Pseudomonas aeruginosa and e. coli, at a concentration 10⁹, the purification system edge bander to thirty minutes, one to two hours, to sample before and after implementation of the Purifier system. Results of microbiological analysis showed a 100% removal of e. coli, after applying the Eco Purifier TiO₂ /UV, and with respect to Pseudomonas aeruginosa, determined the 99.9% of the removal from the 10⁹ concentration. It is concluded that Eco Purifier TiO₂ /UV, ensures the removal of microorganisms.

KEYWORDS: Eco Purification, Titanium Oxide, UV light, Pseudomona aeruginosa, E. coli

INTRODUCCION

El principal mal que aqueja a la humanidad, es la falta de acceso al agua potable y no tenerla, abre las puertas a las enfermedades y a la muerte de miles de persona al año, y Panamá no escapa a las estadísticas mundiales. La calidad microbiológica del agua resulta de gran importancia, dado el riesgo asociado con el consumo de agua contaminada por bacterias patógenas, virus, protozoarios y helmintos provenientes de las heces fecales de humanos y animales (OPS, 2004).

De allí que las enfermedades de origen hídrico clásicas como la fiebre de tifoidea y el cólera son transmitidas por la vía hídrica, por lo que es necesario el control de las fuentes superficiales de agua. (Mayer *et al.*, 2009, Carvajal, 2012).

Cada ocho segundos, el agua contaminada mata a un niño en algún lugar del planeta. El 50% de las hospitalizaciones en el mundo obedecen a enfermedades transmitidas a través del agua. Esas mismas enfermedades son la causa de 1.4 millones de niños cada año.

De esta forma, se ha documentado que el cólera sigue siendo frecuente en muchas partes de América Central, América del Sur, Asia y África. *Vibrio cholera* serogrupo 01 incluye dos biotipos, El Clásico y El Tor, cada uno de los cuales incluye organismos de los serotipos Inaba y Ogawa. La enterotoxina es similar para cada uno de estos organismos, al igual que los cuadros clínicos. (Mayer *et al.*, 2009).

El análisis de *P. aeruginosa* en aguas puede informar sobre procesos de degradación de la calidad del agua distribuida al usuario, por otro lado, su búsqueda en aguas usadas para preparación de comidas infantiles, aguas de hospitales y aguas embotelladas es muy importante, Sin embargo, la presencia de desinfectantes como el cloro o cloraminas, en su caso, puede controlar (pero no impedir) ese crecimiento (Forbes *et al.*, 2009 Mitrovich *et al.*, 2010).

Es por ello que los análisis microbiológicos de agua, buscan en la mayoría de los casos detectar bacterias coliformes totales y fecales, para asegurar que el agua suministrada al consumo humano sea de excelente calidad y que su sistema de potabilización logre eliminar la mayor cantidad de microorganismos contaminantes. (Carrillo y Caicedo, 2008, Brock *et al.*, 2004).

Hoy en día se busca asegurar la calidad microbiológica del agua para consumo humano, buscando alternativas eficaces, que remuevan o reduzcan los microorganismos patógenos que pueden ser motivos de epidémicas y enfermedades (ANAM, 2001).

Un sistema de tratamiento eficaz, es el de la fotocatalisis oxidativa, en donde se introduce el dióxido de titanio como elemento clave en los procesos de desinfección de agua, el método tradicional de luz ultravioleta, ha tenido algunas desventaja sobre todo en la forma de exposición y penetración, ahora la combinación tanto del óxido de titanio con la luz UV, puede asegurar la formación de radicales libres, el método descansa en la activación como catalizador del dióxido de titanio, lo que consigue irradiando sobre el luz UV, con ello se provoca una serie de reacciones química cuya consecuencia es la generación de enormes cantidades de radicales hidroxilos OH).

El agua pasas por el interior de un reactor fabricado con dióxido de titanio que contiene lámparas de UV cuya radicación, al incidir sobre el metal, lo activa como catalizador desencadenando las reacciones antes mencionadas y generando los radicales que oxidaran todo microorganismos que la misma agua lleve consigo, el proceso es conocido como fotocátalisis oxidativa. Su fundamento consiste en la circulación del agua por una tubería de titanio en la que en la pared del interior se halla una capa de óxido de titanio en fase anatasa/rutilo que es irradiada por una lámpara de luz UV-C, generándose así los radicales de OH^\cdot , los cuales destruirán a los microorganismos presentes en el agua y oxidarán contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Finalmente, esta investigación es conducente a determinar la capacidad del Sistema Eco Purificador basado en fotocátalisis TiO_2 /UV, en eliminar la presencia de *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* inoculados en un sistema de agua experimental, para consumo humano.

MATERIALES Y MÉTODO

La investigación que se hizo de manera puntual, se basó en un sencillo ensayo experimental que consistió, en probar la capacidad de eliminación de microorganismos como *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* como el Equipo de Fotocatálisis Oxidativa de Dióxido de Titanio y Luz Ultravioleta Eco Purificador TiO_2 / UV ICE 15 acoplado con un reactor, que trata un caudal de 15 galones/minutos, con filtro de malla y filtro multicapa, con una fuente de luz ultravioleta de 254 nm, generando radicales libre altamente oxidantes (Figura 1).



Figura1. Eco Reactor de Fotocatálisis UV/ TiO₂, en la que se observa los sistema de filtro y el reactor donde se genera los radicales libres.

Se construyó un sistema de ensayo, colocando un tanque plástico con capacidad de 55 galones, conectado al sistema Eco Purificador TiO₂ /UV, a través de unas manguera de hule gruesas de 2 pulgadas, una para entrada al sistema purificador a través de una bomba impulsora, y la otra salida de recirculación, con un pluma de plástico, para la toma de las muestras de agua en los ensayos. El sistema eco purificador se acoplo un reactor de 1000 watts de potencia de luz ultravioleta, con una capacidad de procesar y tratar 1000 galones. El sistema en circulación bombeaba agua hacia el sistema purificador y recirculaba al tanque plástico, de forma cerrada.

El ensayo experimental consistió, en obtener un cultivo bacteriano de *E. coli* ATCC 10536 y *Pseudomona aeruginosa* ATCC 9027, en caldo de tripticasa de soya por separado en frasco de Erlenmeyer de 250 ml, mediante crecimiento e incubación toda una noche por 24 horas

a 37 ° C. Posteriormente para determinar la cantidad de células bacterianas obtenidas de cada una de las cepas bacterianas, se procedió hacer un recuento por esparcido a partir del cultivo madre con 10 diluciones en suspensión fisiológica, y cultivando las diluciones en agar Cromocult y agar Cetrimide, para las cepas de *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* respectivamente a temperatura de 37° C por 24 horas.

Para garantizar que los inóculos bacterianos (Figura 2) no tendrían interferencia de flora fastidiosa, se procedió a desinfección con recirculación del agua en todo el sistema tanto el tanque plástico, como el sistema Eco purificador, a través de dosis de cloro casero 5.25% hipoclorito de sodio, y su posterior neutralización del químico cloro usando tiosulfato de sodio al 3%, con esto se garantizaba que el agua que se usaría para el ensayo fuera categóricamente esterilizada y neutralizada, antes de aplicar los inóculos bacteriano, para ello se evidencio usando equipos portátiles de campo para medir el cloro y comprobar su ausencia en el ensayo de tal manera que no interfiriera con las cepas experimentales. El paso siguiente fue depositar en el tanque plástico con el agua desinfectada y neutralizada, una dosis de 100 ml de ambas cepas bacteriana, dejándose en reposo por 24 horas de incubación a 37° C.



Figura 2. En la izquierda, toma de muestras de agua del sistema purificador y a la derecha, comprobación de la ausencia de cloro que no interfiriera con el ensayo.

El sistema Eco purificador se puso a prueba al día siguiente, en tres momentos diferentes de recirculación, a 30 minutos, 1 hora y 2 horas, en cada tiempo, se tomaron muestras de agua, en envases de 100 ml estériles, en la entrada del equipo, antes de Purificador y después de recirculación por el sistema, después del proceso del Eco purificador. Las muestras fueron procesadas de inmediato, usando diluciones y sembrando en platos con agar Cromocult y Cetrimide a través de la Técnica de Membrana Filtrante y Colilert y Pseudoalert por Sustrato Definido (Eaton et al, 1995, Clesceri *et al* 2005).

Para las cepas de *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa* respectivamente, los recuentos se evidencia en los resultados los cuales fueron analizados estadísticamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

En un primer ensayo los inóculos de ambas cepas bacteriana arrojaron un recuento en el cultivo madre tanto para *E. coli* como para *Pseudomonas aeruginosa* de 2.50×10^{11} Unidades Formadoras de Colonias, tal como se puede observar en la Figura 3, donde se evidencia el procedimiento que se usó.



A



B



C

Figura 3: A. método usado para determinar la concentración bacteriana de ambas cepas, B. Presencia de *Pseudomonas aeruginosa* por la Técnica de Pseudoalert antes del Eco purificador, C. Ausencia total de *Pseudomonas aeruginosa* después de recirculación por el reactor del eco purificador.

Partiendo de una concentración de 2.50×10^{11} UFC, para ambas cepas bacterianas, se obtuvieron resultados antes y después de recirculación por el purificador como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Ensayo de inóculos bacterianos de *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, para probar eficiencia de eliminación con el Eco Purificador TIO₂/UV IE 15 a distintos tiempos de recirculación

Tiempo de Recirculation	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (UFC)/100 ml*		<i>E. coli</i> (UFC)/100 ml*	
	Antes	Después	Antes	Después
30 minutos	2.50x10 ¹¹	1	2.50x10 ¹¹	0
1 hora	6.3x10 ¹¹	0	2.50x10 ¹¹	0
2 horas	30 x10 ¹¹	0	2.50x10 ¹¹	0

Fuente: De La Cruz y Murcia, 2018. * Implementación de la técnica de membrana filtrante

El uso del Eco purificador, fue efectivo al implementarse como se observa en el cuadro No.1, donde arrojo una eliminación del 100 % para las Cepas de *E. coli* y 99. Para el caso de *Pseudomonas aeruginosa*. El uso del equipo se basa en la eliminación de los microorganismos presentes en el agua, a través de la acción combinada de Luz UV y oxido de titanio cuyos radicales libres realizan oxidación.

Esto se encontro en un estudio realizado en Cuba, done la luz UV es capaz de degradar compuestos por efecto de la fotólisis, así como desinfectar, generando cantidades discretas de radicales hidroxilo, altamente reactivo y oxidantes (Guevara, 2017).

También para el caso de *Pseudomona aeruginosa* y *E. coli* se implementó la técnica de Pseudoalert y Colilert respectivamente, para su detección, cuyos resultados se visualizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Determinación de la Efectividad de Eliminación de *Pseudomona aeruginosa*, usando el Eco purificador TiO₂/UV, mediante la técnica de Pseudoalert.

Bacteria	Antes del Purificador- NMP/100 ml *	Después del Purificador- NMP/100 ml *
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	51	6
<i>E. coli</i>	250	0

Fuente: De La Cruz y Murcia, 2018 * implementación de la técnica de Sustrato Definido.

En la Tabla 2, se observa que se implementó la técnica de Colilert y Pseudoalert, para *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa* respectivamente (Figura 3B y 3C), notándose una eliminación total a partir de las muestras tomadas antes del proceso purificador, confirmando la eficiencia del Eco Purificador.

Este hallazgo fue estudiado por Guevara, (2017) encontrando que la intensidad de la lámpara ultravioleta en conjunto con el óxido de titanio, logro disminuir la carga microbiana hasta un 97% después de 12 recirculaciones, alcanzando menos de 1000 UFC/100 ml.

Resultados obtenidos con más ensayos experimentales, se muestran en la Tabla 3

Tabla 3. Ensayo de inóculos bacterianos de *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa*, para probar eficiencia de eliminación con el Eco Purificador TIO₂/UV IE 15 a distintos tiempos de recirculación prueba de ensayo 2.

Tiempo de Recirculation	<i>Pseudomona aeruginosa</i> (UFC)/100ml*		<i>E. coli</i> (UFC)/100 ml*	
	Antes	Después	Antes	Después
30 minutos	4.7 x 10 ¹¹	88	0	0
1 hora	4.7 x 10 ¹¹	24	0	0
2 horas	4.7 x 10 ¹¹	0	0	0

Fuente: De La Cruz y Murcia, 2018. * Implementación de la técnica de membrana filtrante

Al observar los resultados de la Tabla 3, podemos ver una reducción del 97.0 % de

Pseudomona aeruginosa, mientras que con *E. coli*, el ensayo no produjo resultados evidentes, ya que pudo deberse a una interferencia y sobrecrecimiento de *Pseudomona aeruginosa* en la unidad experimental (tanque de agua), que inhibió el crecimiento para esta cepa.

De acuerdo a los estudios realizados por Guevara (1996,2017), se logra eliminar más del 95% de los microorganismos totales, siendo esta condición la más favorable para un proceso de fotocátalisis, otros autores han obtenido resultados similares, lo que ratifica el uso de la fotocátalisis, pero para el caso de este ensayo los hallazgo fueron aplicado para agua potable solamente.

Los resultados de eliminación bacteriana, se muestran en la Figura 4.

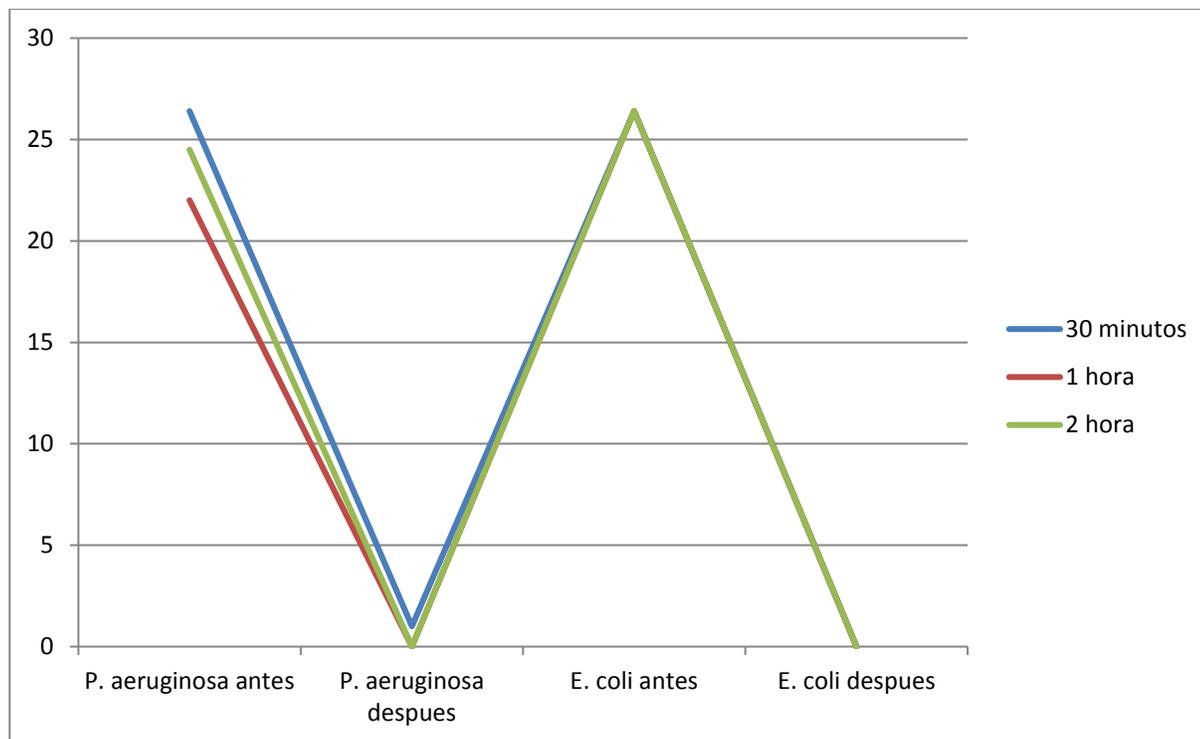


Figura No. 4: Logaritmo de la reducción de cepas de *P. aeruginosa* y *E. coli* a distintos tiempos de recirculación a través del Eco Purificador TiO_2/UV .

La figura 4 se muestra una eliminación del 99.9% de *Pseudomona aeruginosa* y el 100% de *E. coli*, esto puede deberse a la potencia de exposición de la lámpara de luz UV de 116 Watts. Los distintos tiempos de recirculación con más tiempos de exposición, es un factor que influye en la acción oxidativa de los radicales libre formado en el interior del recubrimiento de titanio y la reacción con luz UV, del equipo Purificador.

El uso de un reactor de luz UV y Titanio que trabaje a 1000 m³/h, trabaja con una potencia de lámpara superior lo que conduce a una eliminación total y desinfección de agua potable, que fue el caso de este estudio.

CONCLUSION

De acuerdo a los ensayos realizado en dos fases con el equipo purificador ECO Purificador TiO₂/UV 15, se eliminó las altas concentraciones altas de *E. coli* y la cepa de *Pseudomona aeruginosa*, verificándose la capacidad oxidativa y por tanto de eliminación de microorganismos que fueron analizados en este estudio

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer de manera profunda el apoyo en los análisis y preparación de los ensayos al Laboratorio de Calidad de Agua de la Región de Salud de Los Santos así como también, el respaldo con el Equipo ECO Purificador TiO₂/UV 15 ICE de ICE Innova-ICE Agua, distribuidores Panamá –España-INNOVA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAM - Autoridad Nacional del Ambiente. (2001). Proyecto Piloto De La Calidad De Agua De La Cuenca Del Río La Villa. Panamá.

Brock, M; Madigan, T; Martinko, J y Jack, P. (2004). **Biología De Los Microorganismos**. Décima Edición. 579 Y 927 Pp.

Carrillo, M y Caicedo, L. (2008). Validación del Método de Coliformes Totales y Fecales en Agua Potable Utilizando Agar Chromocult. Consultado 24 de Abril de 2011. <http://Www.Javeriana.Edu.Co/Biblos/Tesis/Ciencias/Tesis203.Pdf>.

Carvajal, A. (2012). Agentes Bacterianos Asociados al Agua de Consumo Humano. Consultado 9 Julio de 2012. Http://Www.Rscmv.Org.Ve/Pdf/Noticias_Epidemologicas37.Pdf

Clesceris, L; Greenberg, A; Trussell, R. y Apha – Awwa – Wpcf. (2005). Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residual. En: Díaz De Santos. Técnica de Filtro de Membrana para Miembros del Grupo de Los Coliformes. 1-19 – 1-23 Pp.

Eaton, D; Clesceri, L; Greenberg, A. (1995). **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. 19th Edition: Membrane Filter Method. 9-37 – 9-38 Pp.

Forbes, B; Sahm, D y Weissfeld, A. (2009). **Diagnostico Microbiologico**. 12ª Ed. Editorial Medica Panamericana. Buenos Aires. Argentina. Consultada

Guevara. A. (1996). Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua. En: Organización Panamericana De La Salud: Organización Mundial De La Salud. 1987. Guía Para La Calidad Del Agua Potable Volumen 2: Aspectos Microbiológicos. 3-38 Pp.

[Guevara C, A. \(2017\). Tratamiento Por Fotocatálisis De Aguas Contaminadas Para Uso En La Agricultura. Tesis. La Habana Cuba. 60 Pp.](#)

Lennette, E; Balows, A; Haugler, W y Shadomy, J. (1985). Manual of Clinical Microbiology Fourth Edition: *Vibrio*. Ed. Asm. Washington, Dc, United States. 282-301 Pp.

Mayer, R; Pepper, I y Gerba, Ch. (2009). **Environmental Microbiology** Second Edition: Environmentally Transmitted Pathogens. Department Of Soil, Water And Environmental Science, University Of Arizona. Tucson Arizona. 445-495 Pp.

Mitrovich, C; De Gamundi, A; Silva, C y Binsztein, N. (2010). Microcrustáceos Y *Vibrio Cholerae* O1 Viable No Cultivable (Vnc): Resultados En La Cuenca Del Río Salí, Tucumán, Argentina. Revista Scielo. 38(1):71-80 Pp. Consultado El Día 20 De Marzo De 2011. Disponible

En: [Http://Www.Scielo.Cl/Scielo.Php?Pid=S0718-60x2010000100007&Script=Sci_Arttext](http://Www.Scielo.Cl/Scielo.Php?Pid=S0718-60x2010000100007&Script=Sci_Arttext)

Ops -Organización Panamericana de la Salud: Organización Mundial De La Salud. (2004). Guía Para La Calidad Del Agua Potable Volumen 2: Aspectos Microbiológicos. 3-38 Pp.

Suárez Pita, M. (2001). Tendencia Actual De Estreptococos Como Indicador De Contaminación Fecal. Instituto Nacional De Higiene, Epidemiología Y Microbiología, Ciudad De La Habana, Cuba. 106Pp.