

# Artículo Original

## Efecto de la exposición a la luz ultravioleta uv-c en la viabilidad de especies de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium*

Dumas Oviedo<sup>1</sup>, Jesús María Rojas<sup>2</sup>,  
Ricardo Alberto Borda<sup>3</sup>, Mónica María Durango<sup>4</sup>.

### RESUMEN

**Introducción.** El efecto germicida que presenta la luz UV-C se cataloga como una herramienta efectiva al momento de inactivar y eliminar agentes contaminantes perjudiciales como la *Escherichia coli* y la *Salmonella typhimurium*. **Objetivo.** evaluar la efectividad de la luz UV-C, en la disminución de la población de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* de medios de cultivos que contenían el microorganismo, combinando factores como concentración, tiempo y distancia. **Metodología.** se utilizó lámpara UV-C, con una longitud de onda de 254 nm y potencia de 8 voltios; las cepas microbianas empleadas fueron *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* de referencias ATCC. Los factores a evaluar fueron concentración del microorganismo  $1 \times 10^3$  y  $1 \times 10^5$  ufc/g, tiempo 5-10 y 15 min, distancia 5-10 y 20 cm. Finalmente, los datos fueron analizados utilizando la estadística descriptiva y análisis de varianza. **Resultados.** se observó un efecto germicida mayor en la concentración  $1 \times 10^5$  en ambos microorganismos, mostrando así diferencias significativas en la reducción microbiana en *Escherichia coli*. El tiempo que mostró mayor reducción en la tasa de crecimiento de ambos microorganismos fue 15 min y la distancia donde se observó mayor reducción microbiana fue 5 cm; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la reducción microbiana en los factores de tiempo y distancia. Además, la *Salmonella typhimurium* mostró mayor sensibilidad a la exposición que la *Escherichia coli*. **Conclusión.** la concentración microbiana es un factor determinante para la supervivencia de *Escherichia coli*; luego de la exposición a luz UV-C, la *Salmonella typhimurium* presenta mayor sensibilidad a la exposición a luz UV-C que la *Escherichia coli*.

1 Estudiante del programa Biotecnología perteneciente al semillero de la Facultad Ciencias de la Salud SIFACS, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

2 Magíster en Biotecnología. Docente programa Biotecnología Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

3 Magíster en Estadística. Docente Universidad del Bosque

4 Magíster en Ciencia y Tecnología en Alimentos de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

CORRESPONDENCIA: Mónica María Durango Zuleta. Correo electrónico: monica.durango@colmayor.edu.co

Artículo recibido: 04/04/2013; Artículo aprobado: 11/06/2013

**Palabras clave:** desinfección, supervivencia celular, luz UV-C, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*.

## Effect of the UV-C ultra violet light exposition on the feasibility of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* species

### ABSTRACT

**Introduction.** The germicidal effect UV-C light has is regarded as an effective tool to inactivate and eliminate harmful contaminating agents, such as *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. **Objective.** evaluating the effectiveness of UV-C light for reducing *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* populations from cultures that had the microorganisms, combining factors like concentration, time and distance. **Methodology.** A UV-C lamp, with a 254 nm and 8 volts power, was used; the microbial strains used were *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* of ATCC references. The factors to be measured were the concentration of the microorganism  $1 \times 10^3$  and  $1 \times 10^5$  ufc/g, time 5-10 and 15 min, distance 5-10 and 20 cm. The data were finally analyzed by the use of descriptive statistics and variance analysis. **Results.** a higher germicidal effect was observed in the  $1 \times 10^5$  concentration for both microorganisms, thus demonstrating significant differences of the microbial reduction of *Escherichia coli*. The time with the highest reduction of the growth rate for both microorganisms was 15 minutes and the distance with the highest microbial reduction was 5cm. There were not, nevertheless, significant differences of the

microbial reduction in the time and distance factors. Besides, *Salmonella typhimurium* had a higher sensibility to the exposition than that of *Escherichia coli*. **Conclusion.** the microbial concentration is a crucial factor for the *Escherichia coli*'s survival. After being exposed to the UV-C light, *Salmonella typhimurium* is more sensible to that exposition than *Escherichia coli*.

**Key words.** disinfection, cell survival, UV-C light, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*.

## Efeito da exposição à luz ultravioleta uv-c na viabilidade de espécies de *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium*

### RESUMO

**Introdução.** O efeito germicida que apresenta a luz UV-C se cataloga como uma ferramenta efetiva ao momento de inativar e eliminar agentes contaminantes prejudiciais como a *Escherichia coli* e a *Salmonella typhimurium*. **Objetivo.** avaliar a efetividade da luz UV-C, na diminuição da população de *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium* de meios de cultivos que continham o microorganismo, combinando fatores como concentração, tempo e distância. **Metodologia.** utilizou-se lustre UV-C, com uma longitude de onda de 254 nm e potência de 8 voltios; as cepas microbianas empregadas foram *Escherichia coli* e *Salmonella typhimurium* de referências ATCC. Os fatores a avaliar foram concentração do microorganismo  $1 \times 10^3$  e  $1 \times 10^5$  ufc/g, tempo 5-10 e 15 min, distância 5-10 e 20 cm. Finalmente, os dados foram analisados utilizando a

estatística descritiva e análise de variância. **Resultados.** observou-se um efeito germicida maior na concentração  $1 \times 10^5$  em ambos microrganismos, mostrando assim diferenças significativas na redução microbiana em *Escherichia coli*. O tempo que mostrou maior redução na taxa de crescimento de ambos microrganismos foi 15 min e a distância onde se observou maior redução microbiana foi 5 cm; no entanto, não se encontraram diferenças significativas na redução microbiana nos fatores de tempo e distância. Ademais, a *Salmonella typhimorium* mostrou maior sensibilidade à exposição do que a *Escherichia coli*. **Conclusão.** a concentração microbiana é um fator determinante para a sobrevivência de *Escherichia coli*; depois da exposição a luz UV-C, a *Salmonella typhimorium* apresenta maior sensibilidade à exposição a luz UV-C do que a *Escherichia coli*.

**Palavras importantes.** desinfecção, sobrevivência celular, luz UV-C, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimorium*.

## ■ INTRODUCCIÓN

La luz ultravioleta (UV) es una radiación no ionizante, que actúa a una longitud de onda entre 100 a 400 nm, y se clasifica en tres tipos: UV – A (315-400nm), UV– B (280-315nm) y UV– C (200 a 280nm) (Cabrera et al., 2006); esta última es la más reconocida por su acción germicida a 254 nm, valor que se ha reportado como el óptimo para dicho efecto (Rivera et al., 2007). Su mecanismo de acción se basa en una reacción fotoquímica irreversible sobre el ADN celular, en la cual se forman dímeros de timina, lo cual causa una alteración en los procesos de replicación celular que trae como consecuencia una

inactivación de la reproducción, que a su vez lleva a la destrucción de la célula; así se logra la eliminación del microorganismo (Daniela et al., 2013; Rivera et al., 2007; Tran et al., 2004; Unluturk et al., 2008; Wong et al., 1998).

Por sus efectos, este tipo de luz UV es utilizado como una herramienta efectiva al momento de inactivar y eliminar agentes contaminantes en superficies de trabajo (Wong et al., 1998). Su utilización es un procedimiento económico, que no requiere personal altamente calificado para su manejo, además de no generar un impacto negativo para el medio ambiente, puesto que no necesita el uso de sustancias químicas y tóxicas adicionales para lograr la desinfección de una superficie (Hassen, Mahrouk, Ouzari, & Cherif, 2000; Hincapie, 2007; Lyon, Fletcher, Berrang, & Cultures, 2002; Wong et al., 1998).

Esta herramienta también es empleada en la industria alimentaria, como tratamiento germicida en jugo de naranja (Tran et al., 2004), huevos (Sevcan et al., 2008), frutos (Rivera et al., 2007), cárnicos (Canteras et al.), entre otros; igualmente, es utilizada en tratamientos de somatización de agua cuyo objetivo es eliminar patógenos. (Hincapié et al., 2007). En cuanto a sus diferentes usos existen una amplia gama de aparatos diferentes a las tradicionales cámaras de bioseguridad, que utilizan la UV-C para lograr el efecto germicida, donde las especificaciones de uso son generales, en cuanto a factores como el tiempo, la distancia y la concentración del microorganismo (Klaus et al. (Klaus, Chaberny, Massholder, Stickler, & Benz, 2003).

Dentro de los agentes contaminantes de superficies y alimentos encontramos la

*Escherichia coli* y *Salmonella sp*, las cuales son bacterias Gram negativas, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, que son de rápido crecimiento y amplia distribución en suelo, agua, vegetales y gran variedad de animales; en cuanto a su importancia en la patología humana, esta puede cuantificarse constatando que constituyen el 50 % aproximadamente, de todos los aislamientos clínicamente significativos en los laboratorios microbiológicos, y hasta el 80 % de todos los bacilos Gram negativos identificados; se constituyen así en las bacterias reportadas como la causa más importante de las fiebres entéricas y de la gastroenteritis en el mundo (Vergés et al., 2005; (Hijnen, Beerendonk, & Medema, 2006; Vergés, 2005).

En el sector industrial, la búsqueda de soluciones a los problemas de contaminación causados por este tipo de microorganismos en las superficies de trabajo de laboratorios y plantas de procesamiento se ha enfatizado en encontrar mecanismos o procedimientos rápidos, económicos e inocuos, eficaces en su eliminación, que garanticen la prevención de enfermedades que pueden ser mortales para el ser humano (Katara, Hemvani, Chitnis, Chitnis, & Chitnis, 2008; Klaus et al., 2003; Menzies, Pasztor, Rand, & Bourbeau, 1999). Por tal razón, es importante valorar la utilización de la luz UV-C en combinación de parámetros como tiempo, distancia, concentración de microorganismos; de esta manera determinar el papel que ejercen estos parámetros en la disminución de la carga microbiana de patógenos importantes para la salud pública, como lo son la *Escherichia coli* y la *salmonella sp*. (Vergés, 2005).

De manera que este trabajo tiene como objetivo evaluar la efectividad de la luz UV-C, en la disminución de la población de

*Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* de medios de cultivos que contenían el microorganismo, combinando factores como concentración del microorganismo, tiempo y distancia; esto, con el fin de promover el diseño y estandarización de los procedimientos para el uso de este tipo de tecnología, y lograr condiciones óptimas de trabajo que mejoren el proceso que busca la disminución de la carga microbiana.

## ■ MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en el laboratorio de investigación de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, entre los meses de junio- diciembre del 2011.

### 2.1 Luz ultravioleta

Para el desarrollo del experimento se utilizó una lámpara de UV-C, con una longitud de onda de 253.7 nm de irradiación, una potencia de 8 voltios y de referencia G8W T5 SYLVANIA. El control de las características de la lámpara utilizada se determinó por los atributos y parámetros estipulados por el fabricante (Sylvania, 2013).

### 2.2 Microorganismos

Las cepas microbianas empleadas fueron *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, previamente enriquecidas en caldo BHI (Merk, Alemania) y sembradas en agar Mackonkey (Merck, Alemania) a 37 °C por 24 horas, para su posterior uso.

## 2.3 Ensayo

Se preparó una solución madre comparable con un patrón de Macfarland de  $1 \times 10^5$  ufc/ml para cada microorganismo, a partir de la cual se hicieron diluciones seriadas desde  $1 \times 10^1$  a  $1 \times 10^6$ , de las cuales se escogieron las diluciones  $1 \times 10^3$  y  $1 \times 10^5$  para el ensayo (factor 1). De las diluciones, se tomaron 100 ul para cada ensayo, se sembraron por superficie en cajas de petri con agar mackonkey, e inmediatamente fueron sometidas a irradiación a los tiempos de exposición (factor 2) y distancias (factor 3). Luego, se dejaron incubando por 48 horas a 37 °C, para posteriormente realizar el conteo en placa. Estos experimentos fueron realizados por triplicado.

## 2.4 Factores experimentales

Los factores experimentales fueron seleccionados de acuerdo con las condiciones reportadas en la bibliográfica consultada teniendo en cuenta los parámetros utilizados por otros autores (Katara et al., 2008) (Klaus et al., 2003).

- Diluciones  $1 \times 10^3$  y  $1 \times 10^5$  (factor 1).
- Tiempos de exposición de 5, 10 y 15 minutos, (factor 2).
- Distancias de 5, 10 y 20 cm, (factor 3).

Como control negativo se utilizó una caja de petri con agar mackonkey sin inoculación, mientras que para el control positivo se utilizaron cajas inoculadas con los microorganismos no sometidos a irradiación. En el ensayo se mantuvo constante la longitud de onda de la lámpara empleada (254 nm), la potencia de la lámpara (8 voltios) y el medio de cultivo en donde se inocularon las cepas.

## 2.5 Diseño experimental

Los análisis fueron hechos por duplicado, planteando un diseño factorial  $3 \times 3 \times 2$ ; la variable respuesta del experimento corresponde a la disminución de la viabilidad del microorganismo, y los factores a considerar dentro del experimento fueron: concentración, tiempo y distancia. Las pruebas fueron aleatorizadas por medio de la función Random del software estadístico R versión 2.13; para el análisis de los resultados se implementó un estudio exploratorio y análisis de varianza (ANOVA) en el mismo programa.

## ■ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Efecto la luz UV-C de acuerdo con la concentración microbiana

En la tabla 1 se muestran los valores promedio de los crecimientos de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*, en las concentraciones  $1 \times 10^3$  y  $1 \times 10^5$ .

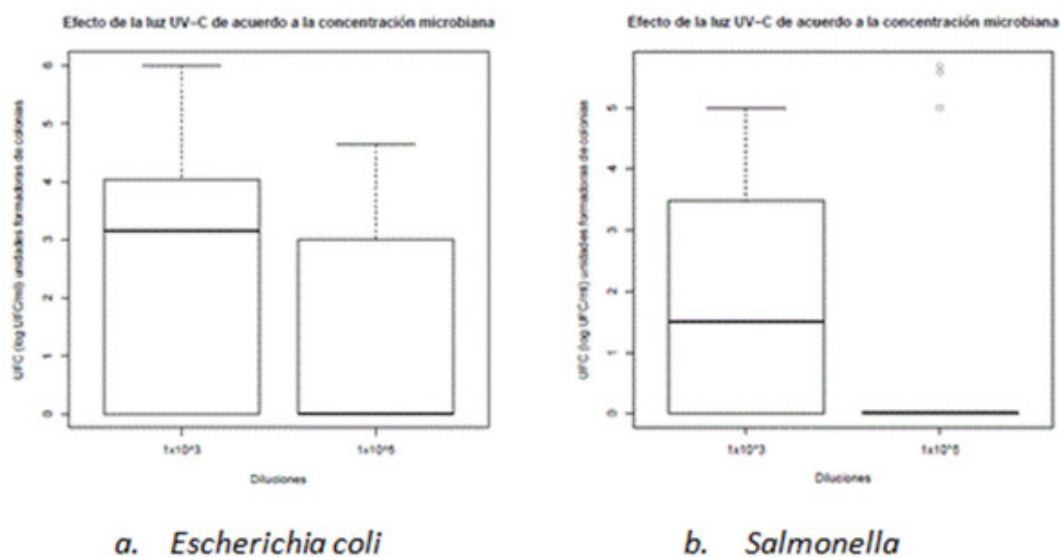
De acuerdo con lo anterior, se encuentra que para *E.coli* en la concentración  $1 \times 10^3$  obtuvo crecimiento luego de la exposición de (0-6 Log ufc/g), con un promedio de 2.7 log; esta concentración de  $1 \times 10^5$  mostró un crecimiento entre 0- 4 log ufc/g, con un promedio de 1.16 log, existiendo diferencias significativas entre ambas concentraciones ( $p < 0.05$ ), con una mayor reducción en el crecimiento en la concentración  $1 \times 10^5$ . Para *Salmonella*, los conteos microbianos en la dilución  $1 \times 10^3$  fueron de 0-5 log ufc/g, con un promedio 1.86 log. y en la dilución  $1 \times 10^5$  los conteos estuvieron entre 0- 5.7 log ufc/g, con un promedio de 0.90 log ufc/g., y se observó mayor reducción en la concentración  $1 \times 10^5$ . Así que no se encontraron diferencias significativas entre ambas diluciones, ( $p > 0.05$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Promedios de conteos microbianos de *Escherichia coli* y *Salmonella sp*, (log CFU/g) según la concentración microbiana.

	FACTOR 1	PROMEDIO	MIN	MAX	DS
<i>Escherichia coli</i>	1x10 <sup>3</sup>	2,7	0	6,0	2,1
	1x10 <sup>5</sup>	1,2	0	4,7	1,7
<i>Salmonella sp</i>	1x10 <sup>3</sup>	1,8	0	5,0	1,9
	1x10 <sup>5</sup>	0,9	0	5,6	2,08

Al comparar los resultados obtenidos en *Escherichia coli* y *Salmonella sp* se evidenció una mayor reducción de viabilidad en la concentración 1x10<sup>5</sup> en ambos microorganismos; tuvo una mayor sensibilidad a la exposición con luz UV-C la *salmonella sp*, (Figura 1); un resultado similar fue reportado por Wong y colaboradores en 1998, donde se evaluó la reducción en la población microbiana de *E.coli* vs *Salmonella s.* en un medio de cultivo y piel de cerdo, y se obtuvo mayor tasa de

reducción en *salmonella s.* en comparación con *E. coli* (Wong et al., 1998). De modo que Unlutuk y colaboradores, en 2008, reportaron una menor sensibilidad a la exposición de luz UV-C de cepas de *E.coli* no patógenas en comparación con *Salmonella* (Unluturk et al., 2008); sin embargo, es importante tener en cuenta la intensidad empleada en la lámpara UV-C, porque esta tiene una influencia directa sobre la supervivencia microbiana (Hincapié, 2007).



**Figura 1.** Efecto de la luz UV-C, de acuerdo a la concentración microbiana para *E. coli* y *Salmonella t.*

### 3.2 Efecto de la luz UV-C de acuerdo con el tiempo de exposición

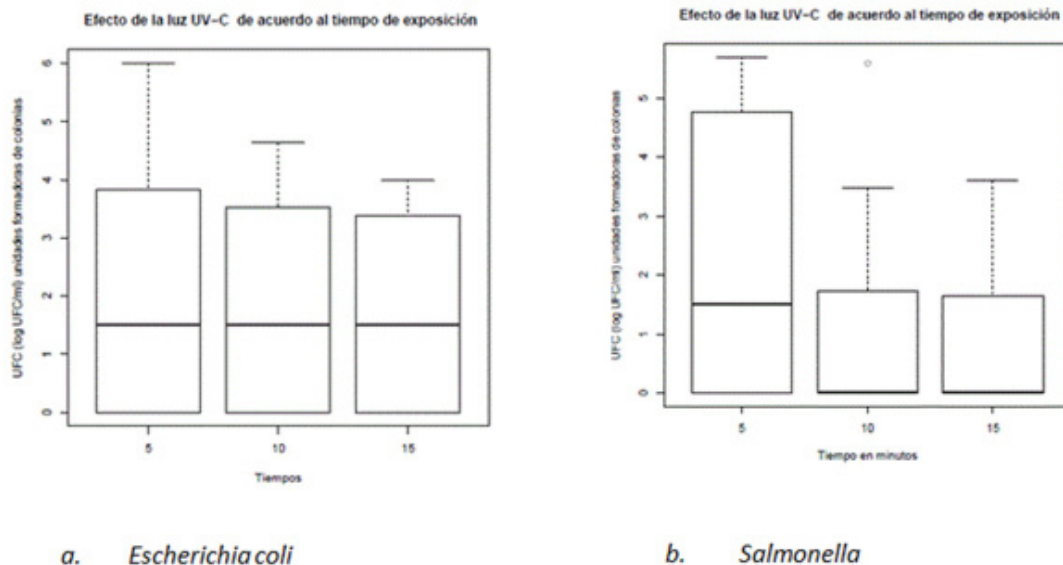
A continuación, la tabla 2 muestra los promedios del efecto de la viabilidad de la luz UV-C sobre las bacterias según el tiempo de exposición.

**Tabla 2.** Promedios de conteos microbianos de *E.coli* y *Salmonella typhimurium*. (log CFU/g) según tiempo de exposición.

	FACTOR 1	PROMEDIO	MIN	MAX	DS
<i>E. coli</i>	5 min	2,1	0	6,0	2,4
	10 min	1,8	0	4,6	2,0
	15 min	1,7	0	4,0	1,8
<i>Salmonella t.</i>	5 min	2,18	0	5,7	2,4
	10 min	1,0	0	5,6	2,0
	15 min	0,8	0	3,6	1,5

De acuerdo con lo anterior, para *E.coli* los tres tiempos presentaron promedios similares; estos son: el tiempo de exposición que tuvo mayor reducción de microorganismos fue 15 min, con un promedio de 1.73 log ufc/g, y con valores que oscilaron entre (0-4 log ufc/g); el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los crecimientos en este parámetro ( $p > 0.05$ ) (tabla 2). Para *Salmonella typhimurium*, en el tiempo de 5 minutos se presentó un recuento microbiano de 2.18 log ufc/g, en 10 minutos se observó un recuento microbiano de 1.0 log ufc/g y para un tiempo de 15 minutos se tuvo un conteo microbiano de 0.86 log ufc/g.; se observó una reducción mayor en el tiempo de 15 minutos. Por su parte, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en los tiempos estudiados ( $p > 0.05$ ).

Aunque no existieron diferencias significativas entre los tiempos estudiados, el tiempo es un factor determinante en la viabilidad de los microorganismos luego de la exposición a luz UV-C (Svecan et al., 2007); incluso, la relación entre el tiempo y la intensidad de la radiación es el principal factor a tener en cuenta en el diseño de lámparas UV. (Murakami et al., 2006). Al comparar el efecto del tiempo entre los microorganismos estudiados, se observa una mayor reducción de la población microbiana en *Salmonella typhimurium* que en *E. coli* (figura 2).



**Figura 2.** Efecto de la luz UV-C de acuerdo al tiempo de exposición para *E. coli* y *Salmonella typhimurium*.

### 3.3 Efecto de la luz UV-C de acuerdo con la distancia de exposición

Teniendo en cuenta el parámetro de distancia, se obtuvo para *E. coli* un promedio de 1.57 log ufc/g, con valores entre (0-3,3 log ufc/g). Para la distancia de 10 centímetros se observó un crecimiento de (0- 4.34 log ufc/g), con un promedio de 1.59 log, y para la distancia de 20 centímetros se pudo observar un crecimiento de (0- 6 log ufc/g), con un promedio de 2.55 log ufc/g, con mayor reducción en el crecimiento bacteriano a una distancia de 5 cm (tabla 3).

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en las distancias estudiadas ( $p > 0.05$ ), lo cual puede deberse a la interacción que tiene la distancia con la potencia de la lámpara. Por su parte, Katara y colaboradores, en el 2008, concluyeron que utilizando una distancia de 8 pies ( 243.840 cm), con una lámpara de 40watt de potencia se obtiene una reducción de cuatro unidades logarítmicas, a una concentración de  $1 \times 10^8$  ufc /ml. (Katara et al., 2008).



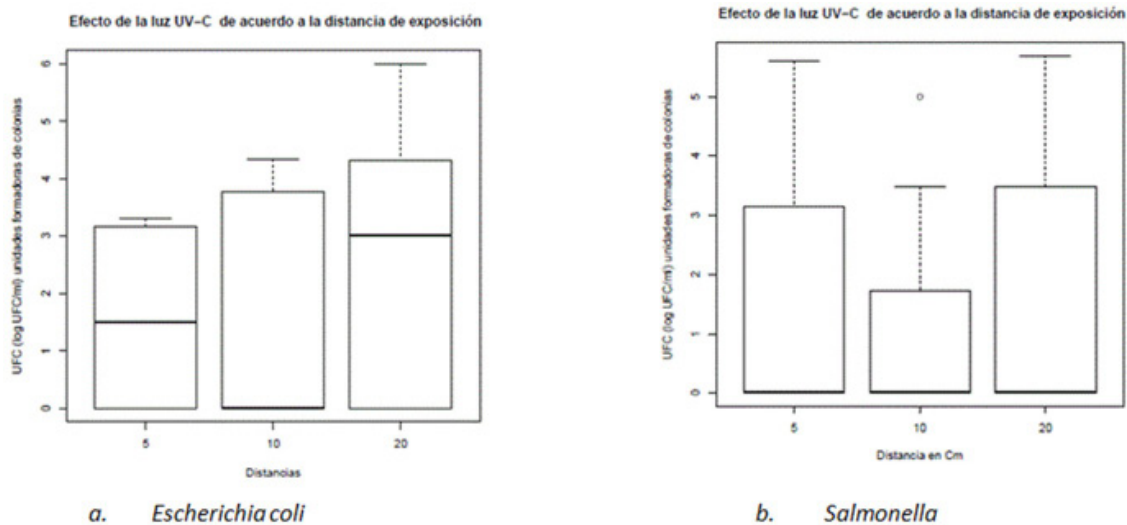
**Tabla 3.** Promedios de conteos microbianos de *E.coli* y *Salmonella typhimurium*. (log CFU/g), según la distancia de exposición.

	FACTOR 1	PROMEDIO	MIN	MAX	DS
<i>E. coli</i>	5 min	1,6	0	3,3	1,6
	10 min	1,6	0	4,3	2,0
	20 min	2,5	0	6,0	2,4
<i>Salmonella t.</i>	5 min	1,3	0	5,6	2,0
	10 min	1,1	0	5,0	2,0
	20 min	1,6	0	5,6	2,1

Para *salmonella t.* se observó un crecimiento de (0-5,60 log ufc/g), con un promedio de 1.3 log ufc/g, a una distancia de 5 centímetros; de otro lado, a una distancia de 10 centímetros se observó un crecimiento de (0- 5 log ufc/g), con un promedio de 1.1 log ufc/g; por último, a una distancia 20 centímetros se observó un crecimiento de (0-5.69 log ufc/g), con un promedio de 1.68 log ufc/g, observando así una mayor reducción en el crecimiento bacteriano a una distancia de 10 centímetros.

El análisis estadístico demuestra que no existieron diferencias significativas en las

distancias utilizadas ( $p > 0.05$ ), aunque hay estudios como H. H. Chun y colaboradores en el 2009, donde se ha obtenido reducción de la tasa de crecimiento de *Salmonella typhimurium* de 1.29, and 1.19 log ufc/g, utilizando una distancia promedio de 18 cm, con lámparas similares a las utilizadas en el presente estudio (Chun et al., 2009). Al comparar la reducción microbiana de *E.coli* y *Salmonella typhimurium* se observa que, al igual que con el tiempo y la concentración, hay una mayor reducción de la población microbiana, luego de la exposición en *Salmonella typhimurium* (figura 3).



**Figura 3.** Efecto de la luz UV-C de acuerdo a la distancia de exposición para *E. coli* y *Salmonella typhimurium*.

■ CONCLUSIÓN

La concentración microbiana es un factor determinante para la inactivación de *E. coli* utilizando luz ultravioleta UV-C, mientras que los factores evaluados de tiempo y distancia no mostraron diferencias significativas en la inactivación microbiana, tanto de *E.coli* como *Salmonella typhimurium*. Además, la utilización de luz UV-C tuvo mayor efectividad en la disminución de la viabilidad de *Salmonella typhimurium* que en *E.coli*.

■ REFERENCIAS

Cabrera Morales, C. M., & López-Nevot, M. a. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7), 25–32.

Daniela, B.-A., & Barbosa-Cánovas, V. G. (2013). Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. *Food Control*, 29(1), 82–90.

Hassen, A., Mahrouk, M., Ouzari, H., & Cherif, M. (2000). UV disinfection of treated wastewater in a large-scale pilot plant and inactivation of selected bacteria in a laboratory UV device, 74.

Hijnen, W. a M., Beerendonk, E. F., & Medema, G. J. (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: a review. *Water research*, 40(1), 3–22.

Hincapie, M. G. M. (2007). Evaluación de la degradación de *E. coli* empleando un fotorreactor de discos rotatorios Evaluating *E. coli* degradation using a rotatory disk photoreactor. *Revista ingeniería e investigación*, 27(3), 65–69.

Katara, G., Hemvani, N., Chitnis, S., Chitnis, V., & Chitnis, D. S. (2008). Surface disinfection by exposure to germicidal UV light. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 26(3), 241–242.

Klaus, P. K., Chaberny, I. F., Massholder, K., Stickler, M., & Benz, V. W. (2003). Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light, 53, 71–77.

Lyon, S. A., Fletcher, D. L., Berrang, M. E., & Cultures, L. (2002). Germicidal Ultraviolet Light to Lower Numbers of *Listeria monocytogenes* on Broiler Breast Fillets 1, (1987), 964–967.

Menzies, D., Pasztor, J., Rand, T., & Bourbeau, J. (1999). Germicidal ultraviolet irradiation in air conditioning systems: effect on office worker health and wellbeing: a pilot study. *Occupational and environmental medicine*, 56(6), 397–402.

Rivera, D. M., Alfonso, P., Béjar, A. G., Martínez, M. Á., Rivera, M., Gustavo, D., Aguilar, A. G., et al. (2007). Revista Fitotecnia Mexicana 2007 Postharvest Biochemical Effects Of Uv-C Irradiation On Fruit And Vegetables , 30, 361–372.

Sylvania. Com (2013). *Germicidal Linear* (Web). Acceso mayo 13 de 2013. Disponible en: <http://www.lamps-on-line.com/germicidal-12-8wt5-uv.html> (pp. 3–6).

Tran, M. T. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(4), 495–502.

Unluturk, S., Atilgan, M. R., Handan Baysal, A., & Tari, C. (2008). Use of UV-C radiation as a non-thermal process for

liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85(4), 561–568.

Vergés, M.-R.- (Ed.). (2005). ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) Microorganisms in food 5 characteristics of microbial pathogens. (p. cap 7, cap 14.). Blackie

Academic & Professional An imprint of Aspen Publishers.

Wong, E., Linton, R. H., & Gerrard, D. E. (1998). Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella senftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *food microbiology*, (15437), 415–423.