

# Inactivación de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia* sp. en agua mediante luz UV de bajo voltaje con un concentrador solar casero

Inactivation of *Cryptosporidium* spp. and *Giardia lamblia* sp. in water by UV light low voltage with a home solar concentrator

MARÍA ELENA TORRES-OLAVE<sup>1</sup>, LUZ HELENA SANÍN-AGUIRRE<sup>2,4</sup> Y MARÍA TERESA ALARCÓN-HERRERA<sup>3</sup>

Recibido: Septiembre 17, 2014

Aceptado: Noviembre 15, 2014

## Resumen

**Objetivo.** Determinar el tiempo de exposición requerido a luz UV de bajo voltaje (longitud de onda de 250 nm, intensidad de 45 W) producida por un concentrador doméstico solar, para inactivar quistes y ooquistes de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp. **Métodos.** Se envasaron muestras de agua contaminada estandarizada, en botellas de 1 L y se expusieron a radiación ultravioleta con una lámpara de intensidad media (45 W) en diferentes tiempos (seis, siete, ocho, nueve, once y doce horas). Se utilizó un microscopio de contraste de fases para observar la refringencia de las estructuras de quistes y ooquistes, y determinando su viabilidad. **Resultados.** Se observó la desaparición de ooquistes viables a partir de las ocho horas de exposición, para ambos parásitos. **Conclusiones.** Se sugiere la alternativa de considerar a la radiación con luz UV de mediana intensidad usando concentradores caseros solares, en protocolos de desinfección caseros. Este sistema es de fácil aplicación, bajo costo, efectivo y ayudaría a la disminución de la alta tasa de enfermedades gastrointestinales hidrotansmisibles que aquejan a las personas más marginadas de nuestro país.

**Palabras clave:** *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, concentrador solar, desinfección, radiación UV, bajo costo.

## Abstract

**Objective.** Determining the required exposure time to UV light low voltage (wavelength 250 nm, intensity of 45 W) produced by a home solar concentrator to inactivate cysts and oocysts of *Cryptosporidium* and *Giardia lamblia*. **Methods.** Standardized samples of contaminated water were packed in 1 L bottles and exposed to ultraviolet radiation with a medium intensity lamp (45 W) at different times (six, seven, eight, nine, eleven and twelve hours). It was used a phase contrast microscope to observe the refringence of the structures of cysts and oocysts, and determining their viability. **Results.** The disappearance of viable oocysts after eight hours of exposure to both parasites was observed. **Conclusions.** It is suggested to consider the alternative of radiation with UV light of medium intensity using home solar concentrators, in home disinfection protocols. This system is easy to use, inexpensive, and effective it would help to lower the high rate of waterborne gastrointestinal diseases that afflict the most marginalized people in our country.

**Keywords:** *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, solar concentrator, disinfection, UV radiation, low cost.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Unidad Multidisciplinaria en Cuahtémoc. Carretera Cuahtémoc-Anáhuac Km 61.5, Calle Ejército Nacional 5220 Col. Ejido Cuahtémoc Anáhuac, Municipio de Cuahtémoc, Chihuahua. C.P. 31600.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Enfermería y Nutriología. Circuito Universitario. Campus II. 03125. Chihuahua, Chih. México.

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados. CIMAV. Miguel de Cervantes 120. Complejo Industrial Chihuahua 31109. Chihuahua, Chih. México.

<sup>4</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: saninluz@yahoo.ca.

## Introducción

**L**as enfermedades vinculadas al agua ocurren directamente por ingestión de agua contaminada o explícitamente, por vectores dependientes de los recursos hídricos. Las variadas formas indirectas de transmisión de enfermedades dificultan medir exactamente en cifras el tamaño del problema, ya que no todos los casos son notificados a las agencias de salud.

La presencia de barreras entre el medio natural y el humano en forma de plantas potabilizadoras convencionales no ha eliminado totalmente el riesgo de determinadas enfermedades de transmisión hídrica (Thompson, 2000). En el caso de protozoarios, la ausencia de los métodos actuales de tratamiento resulta en un aumento de casos patológicos.

Cada año mueren en el mundo 2.2 millones de personas a causa de la diarrea, una de las 25 enfermedades asociadas al agua, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). La criptosporidiosis tiene un 4% de la mortalidad total del mundo y un 5% de las incapacidades. El agua contaminada es una de las principales causas de esta enfermedad (Boreham, 1987).

Cabe mencionar que el problema de la ingestión de agua contaminada es muy complejo y multifactorial, como lo muestran reportes de morbilidad de estos padecimientos, donde no se observaron diferencias en la prevalencia de criptosporidiosis y giardiasis ( $P > 0.05$ ) (Ayalew, 2008).

El problema de las patologías derivadas de la aparición de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia* en el agua potable no radica tanto en su virulencia sino en la carencia de protección en que se encuentra la población expuesta, frente a unos protozoarios que atraviesan con relativa facilidad los procesos de las plantas potabilizadoras (cloración, filtración a través de lecho profundo, filtración a través de carbón activado, filtración por cartucho, suavización y ozonificación del agua) y para los que, por lo menos en el caso de la criptosporidiosis, no existe un tratamiento farmacológico eficaz

(Messner, 2003). Para la giardiasis existe un tratamiento eficaz con diversos fármacos (clorhidrato de quinacrina, furozolidona, metronidazol), los cuales arrojan buenos índices de curación y en caso de fracaso cualquiera de ellos se puede administrar de nuevo después de transcurridas dos semanas (Núñez-Fernández, 2004); sin embargo, el índice de reinfección es alto, lo que aumenta el costo del tratamiento contra la giardiasis (Giraldo-Gómez, 2005). En el caso de la criptosporidiosis, el daño producido en humanos queda evidenciado en las tasas de mortalidad. Particularmente, en el estado de Chihuahua hacen presencia en grupos vulnerables de menores y ancianos ubicados geográficamente en jurisdicciones sanitarias como El Fuerte, Creel y Cuauhtémoc, con tasas de mortalidad de 10.2, 9.6 y 1.2 para grupo de edad de 1-4 años, y para el grupo de la tercera edad, las jurisdicciones sanitarias de El Fuerte, Creel, Cuauhtémoc, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, Camargo, Parral y Juárez, con 35.90, 20.32, 16.55, 13.99, 11, 10.36, 9.54 y 8.05, respectivamente (Torres-Olave, 2008).

La intensidad de la radiación ultravioleta se expresa en microvatios por centímetro cuadrado ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) y la dosis en microvatios segundo por centímetro cuadrado ( $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ ) (intensidad de radiación x tiempo). La resistencia al efecto de la radiación dependerá del tipo de microorganismo.

No obstante, la dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes varía entre 6,000 y 10,000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ . Las normas para la dosificación de luz ultravioleta en diferentes países varían entre 16,000 y 38,000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$  (Solsona, 1983).

Se ha observado que cuando aguas microbiológicamente contaminadas son almacenadas en botellas transparentes y expuestas a la luz solar intensa durante más de seis horas, pueden convertirse en agua microbiológicamente aceptables para consumo humano (Gómez-Couso, 1999; Giraldo-Gómez, 2005; McGuian, 2006). Lo anterior se explica puesto que la radiación ultravioleta de origen solar (250-400 nm), ya sea natural o artificial, ha sido probada en sus efectos mutagénicos sobre el ácido desoxirribonucleico (ADN) de los protozoarios; las bases de purinas y pirimidinas, al absorber 250 a 270 nm se dañan y forman dímeros pirimidínicos sobre el ADN del protozoario que provoca un proceso de fisión celular e impide la reproducción del mismo (Gómez-Couso, 1999; Morita, 2002).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) indica que el hallazgo de 1 a 10 quistes de *Giardia lamblia* y de 1 a 30 ooquistes (ooquiste es la fase esporulada de *Cryptosporidium*, este es un estado que puede sobrevivir por largos periodos de tiempo fuera del hospedador, por su alta resistencia a factores del medio ambiente, y el quiste de *Giardia* es la forma vegetativa infectante y de resistencia que tiene el parásito al medio ambiente) de *Cryptosporidium* spp. en agua potable pueden provocar síntomas clínicos (Chin, 2001). Diferentes estudios demuestran que el agua desinfectada por medio de cloro no alcanza a matar quistes de algunos parásitos, entre ellos *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp .

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha instaurado el Plan de Seguridad del Agua (PSA) con el objetivo fundamental de establecer mecanismos estratégicos para mejorar la calidad del agua en América Latina (Núñez-Fernández, 2004). La difusión de métodos alternativos como la adición de sustancias químicas, el tratamiento con ozono, la ebullición y algunos tipos de filtración se ve limitada debido a los problemas asociados con la confiabilidad, operación, mantenimiento, costos, sabor resultante y, particularmente en el caso de la ebullición, la disponibilidad de fuentes de abastecimiento de combustible. Uno de los métodos más simples y menos costosos de

proveer de agua segura para el consumo humano a las comunidades rurales es el uso de radiación ultravioleta para inactivar bacterias y otros patógenos. El uso de la luz ultravioleta es seguro y no presenta riesgos de manipulación, el agua tratada no se altera ni en olor ni sabor, la desinfección es rápida, aunque requiere de energía eléctrica para las lámparas. La radiación ultravioleta es efectiva contra un gran espectro de microorganismos y no genera subproductos en su utilización ni al agua ni al medio, además la tecnología actual permite obtener bajos niveles de energía eléctrica en regiones apartadas, con el uso de paneles fotovoltaicos (McGuian, 2006). Se considera que para un inactivador de luz UV de nivel casero, los costos de operación y de capital amortizados pueden estar en el rango de US\$ 10 a \$ 100 por año y por familia (Solsona, 1983). Se realizó el presente trabajo con el fin de comprobar la eficiencia de desinfección del agua con metodologías alternativas usando luz UV (longitud de onda de 250 nm y una intensidad de 45 W) con un concentrador solar para inactivar quistes y ooquistes de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp .

## Materiales y métodos

### *Preparación de la muestra sintética.*

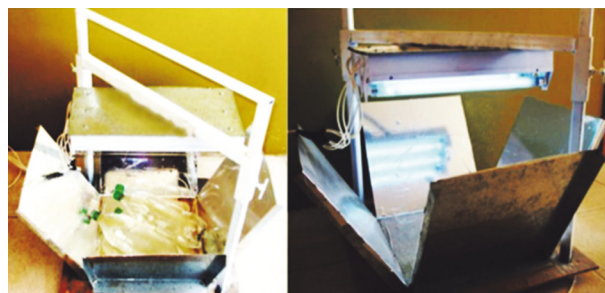
Agua esterilizada, a la cual se le agregaron 500 µl de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia* (se utilizó una concentración stock de quistes y ooquistes/mL, Waterborne™) por litro, se colocaron en botellas de politereftalato de etileno (PET) de 1 L. Se envasó igualmente agua esterilizada sin agregado, como control.

### *Diseño del experimento*

*Tipo de diseño.* El diseño experimental consistió en tres muestras contaminadas y una cuarta muestra control para cada tiempo de exposición. El nivel de exposición se estableció como: radiación con lámparas UV con una longitud de onda de 230 nm y una intensidad media (45 W). Todos los tratamientos tuvieron tres repeticiones con exposición independiente de 6, 7, 8, 9, 11 y 12 horas de acuerdo a la metodología descrita por Grocock (1984).

**Procedimiento.** Se utilizó un concentrador de paredes planas con capacidad para tres botellas de plástico de dos litros (Martín, 1999), el cual se muestra en la Figura 1. Este concentrador consta de una base de madera de 55 cm x 55 cm, cuatro aletas planas también de madera de 35 cm x 35 cm, cada una forrada de poliéster adhesivo plateado (Maylar), con una inclinación de 60° con respecto a la horizontal. En su parte superior se colocan tres lámparas de luz UV de 15 W.

**Figura 1.** Se muestra el concentrador de luz UV. En la parte superior consta de una base para tres lámparas de luz UV de 15 watts (45 watts, presión media).



Posteriormente, se tomaron muestras con micropipetas previamente esterilizadas de 50 µl para cada una de las botellas, en los diferentes tiempos.

El siguiente paso fue la determinación de quistes y ooquistes de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia*, que comprendió la inmunoseparación, tinción fluorescente y tinción con el colorante vital Yoduro de Propidio (El Yoduro de Propidio es un fluorocromo que se intercala en los ácidos nucleicos incrementando sensiblemente su fluorescencia. La membrana de las células vivas no permite su paso al interior del citoplasma, de manera que únicamente teñirá las células que tengan dañada su membrana (muertas) y los núcleos aislados) (USEPA, 1996) y observación al microscopio.

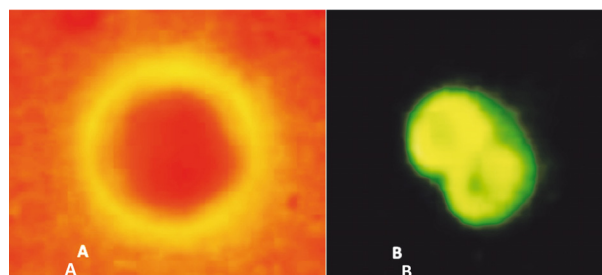
Las muestras previamente tratadas con fluoresceína, se observaron en un microscopio de fluorescencia Hitachi KF-D50 color, digital, acoplado con cámara, con un filtro con rango de excitación, 450 a 490 nm. Se utilizó el objetivo de

contraste de fases para observar la refringencia o no de las estructuras, confirmando con esta característica la viabilidad de las mismas. Durante la lectura, las láminas se mantuvieron en cámara húmeda y en condiciones de oscuridad. Los quistes se clasificaron como viables (con las membranas del quiste sin ruptura) cuando presentaron una coloración verde brillante (Figura 2) y como no viables cuando presentaron una coloración roja (Rodgers, 1995), como se ilustra en la Figura 3. Al momento de la observación al microscopio se llevó un doble conteo para cada parásito. Se consideró como viable o positiva, una muestra que presentara al menos un quiste viable.

**Análisis:** se refiere a los hallazgos de positividad o no en las muestras, en cada uno de los tiempos. No se aplican pruebas estadísticas ni otros cálculos, es un hallazgo visual cualitativo al microscopio.

La técnica de conteo se llevó a cabo observando en el microscopio la totalidad de cada campo en la lámina, siguiendo un modelo sistemático, de arriba abajo y de izquierda a derecha (USEPA, 1996).

**Figura 2.** A. Ooquiste de *Cryptosporidium* spp. No viable. Tinción con PI. 100x B. Ooquistes de *Cryptosporidium* spp. Viable. Inmunofluorescencia magnética. 100x. Control.



## Resultados y discusión

Se observó presencia de ooquistes viables, es decir de muestras positivas, hasta una duración de siete horas de tratamiento de luz UV (Cuadro 1). A partir de las ocho horas no se observó ningún ooquiste viable, tanto para *Cryptosporidium* spp. como para *Giardia lamblia* en todas las muestras y repeticiones subsiguientes.

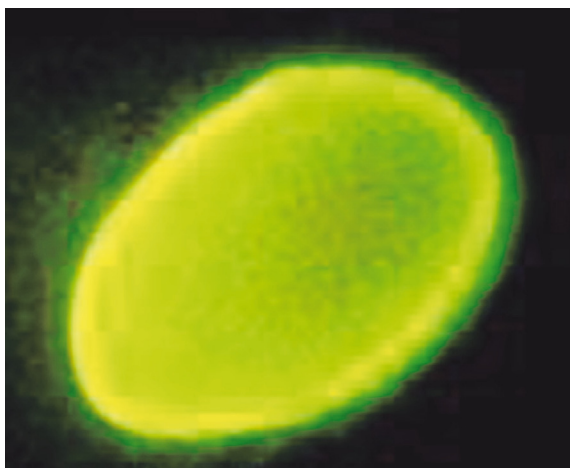


**Cuadro 1.** Resultados de cada una de las observaciones para *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* sp.

	<i>Cryptosporidium</i>				<i>Giardia</i>			
	6 HORAS				6 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	1	N/P	6	5	N/P	N/P	N/P	N/P
Segunda repetición	14	7	12	3	8	7	N/P	N/P
Tercera repetición	4	2	20	5	3	1	N/P	N/P
Total	19	9	38	13	11	8	N/P	N/P
	7 HORAS				7 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	5	3	7	2	1	N/P	5	N/P
Segunda repetición	10	5	12	4	N/P	3	7	2
Tercera repetición	7	2	9	3	4	5	1	5
Total	22	10	28	9	5	8	13	7
	8 HORAS				8 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	2	2	4	1	7	N/P	3	2
Segunda repetición	6	10	5	3	2	2	1	4
Tercera repetición	1	2	7	3	2	4	N/P	4
Total	9	14	16	7	11	6	4	10
	9 HORAS				9 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	6	4	19	4	N/P	N/P	N/P	N/P
Segunda repetición	4	5	6	5	N/P	N/P	N/P	N/P
Tercera repetición	N/P	8	5	8	N/P	N/P	N/P	N/P
Total	10	17	30	17	N/P	N/P	N/P	N/P
	11 HORAS				11 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	3	5	3	8	N/P	N/P	N/P	N/P
Segunda repetición	5	2	2	3	N/P	N/P	N/P	N/P
Tercera repetición	4	8	N/P	10	N/P	N/P	N/P	N/P
Total	12	15	5	21	N/P	N/P	N/P	N/P
	12 HORAS				12 HORAS			
	TRATADOS		CONTROL		TRATADOS		CONTROL	
	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables	Viables	No Viables
Primera repetición	1	1	23	10	N/P	N/P	N/P	N/P
Segunda repetición	8	18	9	N/P	N/P	N/P	N/P	N/P
Tercera repetición	N/P	4	23	2	N/P	N/P	N/P	N/P
Total	9	23	55	12	N/P	N/P	N/P	N/P

\* Dado el numero de observaciones N/P se optó por crear un dato con la sumatoria de todos los controles respetando la respuesta viable/no viable.  
N/P. No se presentó la observación

**Figura 3.** Quiste de *Giardia lamblia* viable. Inmunofluorescencia magnética. 100x. Control.



El resultado de la exposición de los microorganismos a la luz UV mostró que la viabilidad desaparece a partir de las ocho horas de exposición para ambos parásitos (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp.). Como cualquier otro desinfectante, el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. No es fácil determinar con exactitud el tiempo de contacto en plantas potabilizadoras (ya que este depende del tipo de flujo y de las características del equipo), pero el periodo debería estar relacionado con la dosificación necesaria. Lorenzo-Lorenzo (1993), Gómez-Couso (1999), Freire-Santos (2000) y Méndez-Hermida (2007), encontraron a la viabilidad disminuida significativamente en periodos de exposición de 8 a 123 horas de luz natural intensa; otros autores, en estudios en vivo (McGuian, 2006), demostraron que tanto *Giardia lamblia* como *Cryptosporidium* spp. dejaron de ser infectantes después 10 horas de exposición a irradiación solar simulada mediante dispositivos con mayor intensidad de la requerida en este trabajo.


## Conclusiones

Este es un trabajo pionero que destaca por su sencillez y bajo costo, que puede implementarse fácilmente en viviendas de escasos recursos del norte del país

aprovechando las horas de exposición solar que estas regiones presentan; es un sistema de fácil aplicación con una efectividad de desinfección a partir de las ocho horas de exposición que, de ser usado en zonas aisladas y marginadas, ayudaría a la disminución de la alta tasa de enfermedades gastrointestinales hidrotansmisibles que aquejan a las personas más relegadas del norte de México. Se sugiere la alternativa de considerar a la radiación con luz UV de mediana intensidad usando concentradores solares, en protocolos de desinfección caseros.

## Literatura citada

- ALARCÓN, M. B. 2005. Recuento y determinación de viabilidad de *Giardia* spp. y aguas potables y residuales en la cuenca alta del río Bogotá. *Biomédica*, 353-356.
- AYALEW, D. B. 2008. Cryptosporidium and Giardia infection and drinking water sources among children in Lege Dini, Ethiopia. *Tropical Medicine & International Health*. Vol. 13 No.4, 472-475.
- BOREHAM, P. 1987. Transmission of Giardia by food and water. *Food Technol*, 61- 63.
- CHIN, J. 2001. *El control de las enfermedades transmisibles*. Washington, D.C: PAHO Publications .
- DÍAZ-CINCO, M. L.-M.-H.-R. 2003. Incidencia y viabilidad de *Cryptosporidium parvum* en el agua potable de ciudad Obregón, Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 67-72.
- FREIRE-SANTOS, F. O.-L.-C.-M. 2000. Study of the combined influence of environmental factors on viability of cryptosporidium parvum oocysts in water evaluated by fluor ogenic vital dyes and excystation techniques. *Vet Parasitol*, 89.
- GIRALDO-GÓMEZ, J. L.-M. 2005. Prevalence of giardiasis and intestinal parasites in pre-school children from homes being attended as part of a state programme in Armenia. *Revista de Salud Pública*, 327-338.
- GÓMEZ-COUSO, H. F.-S.-I.-M. 1999. Efficacy of the solar water disinfection method in turbid waters experimentally contaminated with *Cryptosporidium parvum* oocysts under real field conditions. *Tropical Medicine and International Health*, 620-627.
- GRIMALT, J. K. 2001. Cloración del agua potable en España y cáncer de vejiga. *Gaceta Sanitaria*, 48-53.
- GROOCCOCK, N. 1984. Disinfection of drinking water by ultraviolet light. *J. of the Institute of Water Engineers and Scientists*, 163-172.
- LORENZO-LORENZO, M. A.-M.-M.-O. 1993. Effect of ultraviolet disinfection of drinking water on the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *J Parasitol*, 67-70.
- MARTÍN, A. 1999. Desinfección del agua por radiación solar: proyecto IMTA/CNA. *Desinfección del agua por radiación solar: proyecto IMTA/CNA*. Cuernavaca, Morelos, Cuernavaca, Morelos, Chihuahua: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

- McGUIAN, M.-H. J.-H.-M. 2006. Bach Solar disinfection (SODIS) inactivates oocysts of *Cryptosporidium parvum* and cysts of *Giardia muris* in drinking water. . *J. Appl. Microbiol.* No.1.
- MÉNDEZ-HERMIDA, F. A.-M. 2007. Disinfection of *Cryptosporidium parvum* oocysts in drinking water using natural sunlight and the photocatalyst TiO<sub>2</sub>. . *J Photochem Photobiol B.*, 105-111.
- MESSNER, M. Y. 2003. *Cryptosporidium* and *Giardia* occurrence in ICR drinking water sources: statistical analysis of ICR data . *Information Collection Rule Data Analysis* (pp. 463-481). Denver CO: AWWA.
- MORITA, S, N. H. 2002. Efficacy of UV irradiation in inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Appl Environ Microbiol.* Vol.68 No.11, 5387-93.
- NÚÑEZ-FERNÁNDEZ, F. 2004. Estudio de factores asociados con la reinfección por *Giardia lamblia* en niños de círculos infantiles [Doctoral]. *Estudio de factores asociados con la reinfección por Giardia lamblia en niños de círculos infantiles [Doctoral]*. La Habana: Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri., Cuba.
- RODGERS, M. F. 1995. Identification of algae which interfere with the detection of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts and a method for alleviating. *Appl. Environ. Microbiol.* 3759-3763.
- SOLSONA, F. Y. 1983. *Radiación Ultravioleta*. Washington: OPS/CEPIS.
- THOMPSON, R. 2000. *Giardiasis as a re-emerging infectious disease and its zoonotic potential. International Journal for Parasitology. Vol. 30 No. 12-13, 1259-1267.*
- TORRES-OLAVE, M. E. 2008. Asociación Geográfica entre la mortalidad por Criptosporidiosis y Deficiencias en la nutrición en el Estado de Chihuahua (México). *Revista en Salud Pública y Nutrición.*
- USEPA. 1996. *Ultraviolet light disinfection technology in drinking water application an overview*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water. 

---

Este artículo es citado así:

Torres-Olave, M. E., L. H. Sanín-Aguirre, y M. T. Alarcón-Herrera. 2014. Inactivación de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia lamblia* sp. en agua mediante luz UV de bajo voltaje con un concentrador solar casero. *TECNOCENCIA Chihuahua* 8(3): 183-189.

## Resumen curricular del autor y coautores

**MARÍA ELENA TORRES OLAVE.** Bióloga de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Pastizales de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Doctora en Ciencia y Tecnología Ambiental del Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados (CIMAV). Posdoctorado en distribución de especies. PTC titular "C" de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el Programa educativo de Geoinformática. Lideresa del Cuerpo Académico 094-Geoinformática aplicada a procesos geoambientales. Se dedica a la investigación y a la docencia. Áreas de interés: distribución de flora y fauna, manejo de fauna silvestre, geografía médica y cambio climático.

**LUZ HELENA SANÍN.** Médico cirujano de la Universidad Nacional de Colombia. Maestro en Salud Pública de la Escuela de Salud Pública de México. Diplomado en Salud en el Trabajo de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Doctor en Ciencias en Salud Pública con área de concentración en Epidemiología Ambiental del Instituto Nacional de Salud Pública de México. Postdoctorado en ambiente y reproducción de la Universidad de Toronto. Académico titular C de la Universidad Autónoma de Chihuahua e Investigador Honorario del INSP en el área de Salud Ambiental. Investigador nacional del SNI. Responsable del cuerpo académico UACH-28 Salud, Trabajo y Ambiente. Desde hace más de 30 años se dedica a la investigación y la docencia. Áreas de interés: métodos, epidemiológico y estadístico. Epidemiología ambiental y ocupacional, con especial interés en plomo, mercurio y otros metales. Evaluación de riesgo ambiental. Ambiente y nutrición. Varias publicaciones en estas áreas.

**MARÍA TERESA ALARCÓN-HERRERA.** Ingeniera ambiental, profesora y botánica mexicana del Centro de Investigaciones de Materiales Avanzados, Centro Público CONACYT. Desarrolla actividades académicas en el Laboratorio de Energías Renovables y Protección del Ambiente. Realizó la licenciatura en Ingeniería Química en el Instituto Tecnológico de Durango. Obtuvo su maestría en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México y en 1994, el doctorado en Ingeniería Ambiental por la Universidad de Windsor, Canadá. En 1979, realizó una especialización en tratamiento de agua en el Instituto de Ciencias Aplicadas de Toulouse, Francia; y en la Universidad de Hannover, Alemania, en 1985. Investigadora Nacional Nivel 2 del SNI. Amplia experiencia en el tema de agua.