



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO VÍA LUZ ULTRAVIOLETA Y CALOR MEDIANTE HORNOS SOLARES, EN ZONAS URBANAS Y/O RURALES DE QUERÉTARO

Lucero Robles Dávila ⁽¹⁾, Felipe Ortiz Arredondo ⁽²⁾ y Lourdes Martínez García ⁽¹⁾

⁽¹⁾CEACA, Facultad de Química y ⁽²⁾Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro, C.U. Cerro de las campanas 76010, Querétaro, Qro. México.

RESUMEN

El promedio de muertes anuales, en el mundo, por enfermedades diarreicas supera los 2 millones de personas (ONU, 2000). En México, se tienen 439 plantas potabilizadoras de agua, sin embargo cerca de 12 millones de personas carecen de este servicio (CNA, 2004). La mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de 5 años es superior a la media nacional en Querétaro, y aunado a ello en este municipio existen 17 localidades que no cuentan con el servicio de agua potable (SSA, 2006). Por ello, es necesaria una tecnología simple, de bajo costo, accesible y ambientalmente sostenible, para desinfección del agua, que minimice las enfermedades transmitidas por ésta. El proceso que cumple con estas características es la desinfección solar (SODIS) que consiste en exponer el agua al sol durante seis horas y al final de este tiempo el agua queda desinfectada. Esta investigación mejoró el proceso SODIS, al usar un horno en donde se llevó a cabo el proceso de desinfección solar, con ello se logró reducir el tiempo de exposición a la radiación solar de seis horas a dos horas y se incrementó la eficiencia de la inactivación de coliformes totales, y se dio el cumplimiento a la normatividad mexicana. Esta investigación es viable para desinfectar el agua pluvial.

Palabras clave: SODIS, desinfección, horno solar.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un vehículo potencial de bacterias, virus, protozoarios y helmintos causantes de enfermedades en hombre y animales (Escartín, 2000). Como consecuencia de ello, de acuerdo con la División de ciencias del agua de la UNESCO, en el mundo mueren cada año 12 millones de personas por enfermedades ligadas a la mala calidad del agua o a la insuficiencia de este líquido (Ruiz, 2002).

En México operan 439 plantas potabilizadoras, las cuales abastecen de agua potable a solamente un 84.6 % de la población (CNA, 2003). Este sector de la población, que no cuenta con agua potable (15.4%), recibe la mayoría de las veces el agua por medio de pipas y la almacena en recipientes que carecen de condiciones higiénicas, lo que llega a ocasionar, la mayoría de las veces, enfermedades gastrointestinales a esta población. Además un estudio realizado por la Comisión Nacional del agua en 309 estaciones de monitorio en realizada en el año 2003, demuestran que sólo el 28.8 % se encuentra en condiciones excelentes de calidad, tomando como parámetro de control la demanda química de oxígeno (DQO)(CNA,2005). Lo que significa que el 71.2 % de las estaciones de monitoreo presenta cierto grado de contaminación, por lo que la población no puede consumir esta agua ya que puede provocarle alguna enfermedad. De aquí la importancia de desinfectar el agua e investigar técnicas económicas para llevar acabo este proceso y minimicen las enfermedades diarreicas en México.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella, (Arboleda ,2000; Metcalf, 1996), para impedir la diseminación de enfermedades hídricas.

Los procesos de desinfección se dividen en químicos y físicos, dentro de los químicos están el uso de los halógenos (Cloro, bromo y yodo), plata coloidal y el ozono y entre los físicos más importantes son el calor (uso de combustible), lámpara de luz ultravioleta y la desinfección solar (SODIS) (Maskew et al, 1987). La desinfección del agua a nivel domestico más utilizado es la cloración porque su costo es muy bajo, pero recientemente se ha encontrado que la cloración de aguas residuales puede formar compuestos clorados dañinos al medio ambiente y a la salud de los consumidores de estas aguas. Otro medio de desinfección, es la ebullición, pero eso requiere de un kilogramo de madera por cada litro de agua y actualmente nuestro país requiere de reforestación y no de talar de árboles. (Laurie et al,2003), finalmente una alternativa muy viable, de desinfección, es la aplicación del método SODIS.

El método *SODIS* consiste en la neutralización, a través de la luz solar, de los patógenos causantes de diarreas. El agua contaminada se introduce en botellas de plástico y se expone durante seis horas a la acción de la luz solar. La luz solar desinfecta el agua y mata a los agentes causantes de la diarrea gracias a la combinación de dos efectos: la radiación ultravioleta y el incremento de temperatura del agua. Para que el método funcione eficazmente es necesaria una exposición de seis horas bajo una radiación solar de al menos 500 Wh/m². Esto se consigue en latitudes medias con seis horas de exposición en verano. El efecto conjunto de la temperatura y la radiación se produce cuando el agua supera los 50°C, momento a partir del cual el proceso de desinfección requiere un tercio de la radiación. El agua es apta para el consumo tras una hora de exposición a más de 50°C (Fernández, 1998).

Los factores que mejoran la inactivación de microorganismos del agua por SODIS son: La baja turbiedad, la mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua, el uso de reflectores de luz que incrementen la incidencia solar hacia el agua tal como papel aluminio (Kehoe et al, 2001). Existen varias investigaciones que demuestran que el SODIS es un proceso de desinfección efectivo y de bajo costo (McGuigan et al, 1998) y después de 20 años de investigaciones y proyectos pilotos, SODIS ha ganado un reconocimiento importante, como su promoción por la Organización Mundial de la Salud (OMS) durante el día Mundial del Agua 2001 (WHO, 2001).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración del horno solar

El horno solar fue elaborado a base de triplay, láminas galvanizadas y vidrio. El modelo del horno fue extraído del libro *Das Solarkocher Buch* (Alt, 1995). Su fabricación no es complicada y su elaboración es de bajo costo por el tipo de material del que está hecho. Sin embargo independientemente de su costo, éste es de gran utilidad para la desinfección del agua y además es útil para preparar algunos alimentos. Con esto se evita la tala de árboles y la contaminación atmosférica.

Toma y análisis de las muestras

Las muestras se tomaron a diferentes intervalos de tiempo durante un período de 12 meses, de una comunidad de la ciudad de Querétaro, Cumbres del Conin, localizada a 20° 34' 46'' de latitud norte y 100° 19' 24'' de longitud oeste y a una altura de 2,042 metros sobre el nivel del mar. A cada muestra se le determinó inicialmente: pH, temperatura, y coliformes totales. Todos los análisis físicos, químicos y biológicos se realizaron de acuerdo a los métodos de prueba de las normas mexicanas.

Determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales

Cada muestra de agua fue colocada dentro de botellas de PET (Tereftalato de polietileno) con capacidades en un rango de: 1500, 2000 y 2500 ml. Antes de colocarse dentro del horno, cada muestra embotellada fue agitada durante un minuto, para incrementar el oxígeno disuelto en el agua y favorecer la desinfección; además se introdujo un termómetro en la botella de prueba y otro en el horno para determinar el comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo. Posteriormente, por separado, cada botella de prueba fue introducida al horno solar y expuesta al sol durante 150 minutos (Iniciando aproximadamente a las 9:00 de la mañana). Durante el tiempo de exposición solar, se consideraron 5 periodos: 30, 60, 90, 120 y 150 minutos. Al término de cada período, a la muestra se le determinó la temperatura y los coliformes totales.

Determinación del tiempo de caducidad del agua desinfectada.

Una vez desinfectada el agua, se colocaron las botellas en un lugar fresco. Posteriormente se determinó, a diferentes intervalos de tiempo y sin exposición solar, el posible crecimiento de coliformes totales, con la finalidad de determinar tiempo recomendado para consumir el agua después de desinfectarla. El periodo considerado fue de siete días.

III. RESULTADOS

A continuación se exponen primeramente los resultados obtenidos de la determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales y posteriormente los resultados de la determinación del tiempo de caducidad del agua desinfectada.

Resultados de la determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales.

En la figura 1 se observa que la temperatura mínima promedio que tuvo el agua cuando se muestreó fue de **19.17 °C** y la temperatura máxima promedio del agua dentro del horno después de 150 minutos de exposición al sol fue de **76.17°C**.

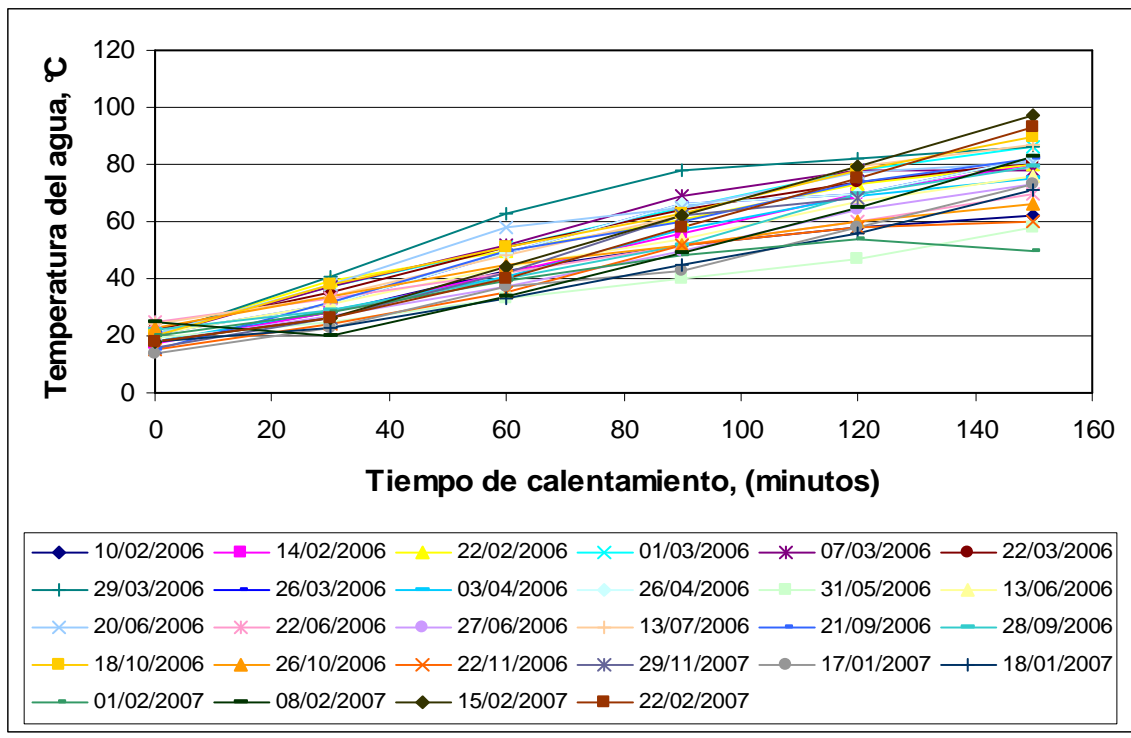


Figura .1 Comportamiento de la temperatura del agua dentro de la botella con respecto al tiempo.

El calentamiento del horno durante el periodo de nuestra investigación, se puede observar que después de 60 minutos de exposición al sol el horno ya tenía temperaturas por arriba de los 60°C. La temperatura máxima alcanzada después de 150 minutos de exposición al sol, por el horno fue de 122 °C, esta temperatura se tuvo durante el mes de febrero y la temperatura máxima promedio alcanzada por el horno fue de 99°C.

Después de colocar la muestra del agua al sol, durante diferentes intervalos de tiempo, se determinaron coliformes totales para cada intervalo. En la figura 2 se puede observar cómo fueron disminuyendo los coliformes totales a través del tiempo. Como era de esperarse, considerando las temperaturas alcanzadas por el horno y por la misma agua dentro de la botella, los coliformes totales disminuyeron a concentraciones por debajo de 3 NMP/100 ml y con ello se da cumplimiento a la normatividad mexicana: NOM-127-SSA1-1994. Cabe destacar que sin importar el mes del año y el tamaño de la botella, después de 120 minutos de exposición al sol, el agua dentro de la botella queda totalmente desinfectada.

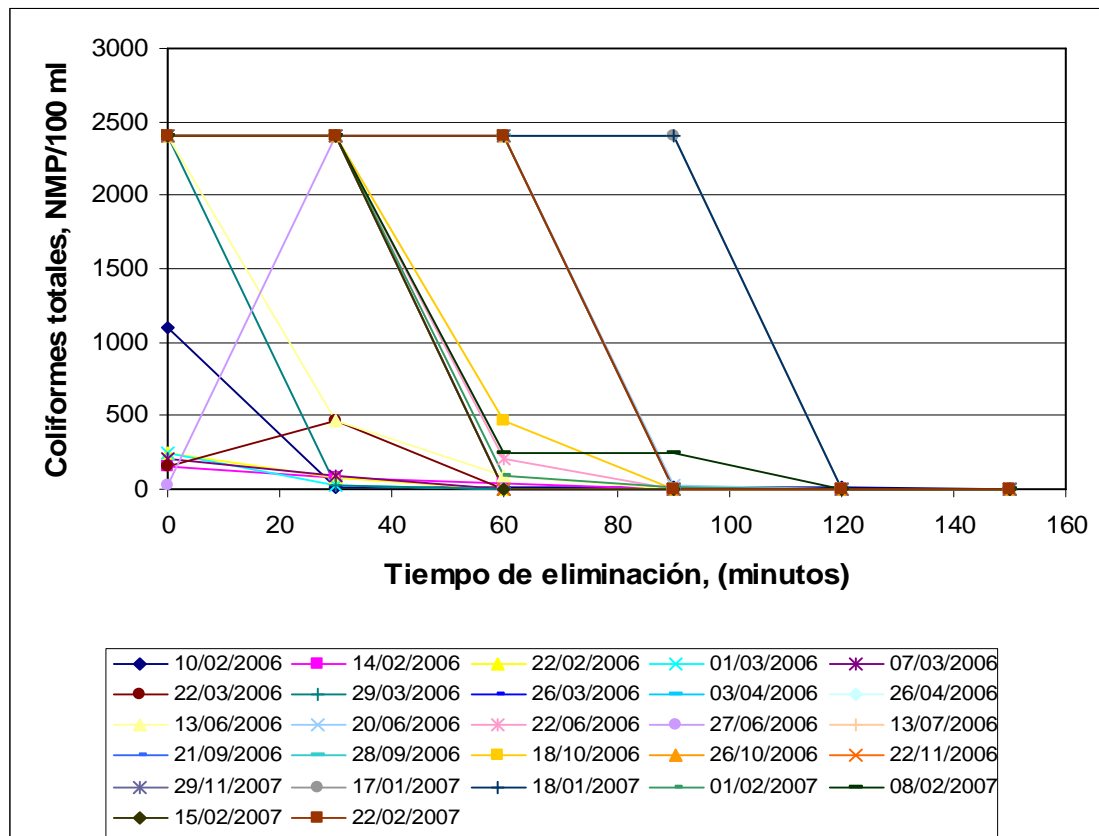


Figura 2. Disminución de los coliformes totales en el agua contenida en la botella después de diferentes tiempos de exposición al sol

Resultados de la caducidad del agua después de su desinfección

Después de siete días de encontrarse a una temperatura ambiente, la muestra se mantuvo desinfectada, lo que indica que el agua puede ser consumida sin riesgo a contraer alguna enfermedad hídrica en este periodo.

IV. CONCLUSIONES

Esta investigación coadyuvó a mejorar el proceso de desinfección solar (SODIS) del agua para consumo humano a nivel doméstico, como una alternativa de solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible.

La desinfección solar comparada con otros métodos tradicionales de desinfección, presenta grandes ventajas dentro de las cuales están:

- No depende de energía convencional, cuyo costo se incrementa con la creciente demanda.

- Evitan el uso de sustancias químicas tóxicas.
- Requieren equipo relativamente sencillo y de bajo costo, que se recupera rápidamente y proporciona agua potable durante muchos años.
- Su uso no deteriora el ambiente

La desinfección solar solamente presenta la desventaja de que no puede ser usado en días nublados y lluviosos, pero considerando que el Estado de Querétaro es una región semidesértica y en base a los resultados obtenidos en esta investigación, durante todos los meses del año hay días soleados que favorecieron al incremento de la temperatura del agua dentro del horno por arriba de los 50°C, lo que asegura después de una hora de exposición al sol una desinfección total del agua.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico brindado por el Centro de Estudio Académico de Contaminación Ambiental (CEACA) de la Universidad Autónoma de Querétaro, para la compra de reactivos utilizados en esta investigación y por el uso de las instalaciones y equipo requerido para realizar este proyecto. Además se agradece a la estudiante Rodríguez Milán Karla, por su apoyo y colaboración en esta investigación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Alt F. (1995). *Das solarkocher Buch*. Solarkocher Baugruppe. Energiewende concret. Pág. 67.

Arboleda V. J. (2000). *Teoría y practica de la Purificación del Agua*. Colombia. Editorial Mc Graw Hill. Tercera edición. Pág. 633-697.

Comisión Nacional del Agua. (2003). *Inventario Nacional de plantas potabilizadoras Municipales*. SGIHU. México.

Comisión Nacional del Agua. (2005). *Estadísticas del agua en México*. México 2005. Primera edición. Pág. 63 y 64.

Escartín F. E. (2000). *Microbiología e inocuidad de los alimentos*. México. Editado por la Universidad Autónoma de Querétaro. Pág. 491.

Fernández J. (1998). *Nueva forma de potabilizar el agua*. Colombia. Agencia UAPEC.

Kehoe S.C., T.M. Joyce, P. Ibrahim, J.B. Gillespie, R.A. Shahar and K.G. Mcguigan. (2001). *Effects of agitation turbidity, Aluminium Foil Reflector and Container Volume on the Inactivation Efficiency of Batch-Process Solar Disinfectors*, Pergamon; 35:1061-1065.

Laurie F. Caslake, Daniel J. Connolly, Vilas Menon, Catriona M. Duncanson, Ricardo rojas, and Javad Tavakoli (2003). *of contaminated water by Using Solar Irradiation*. Applied and Environmental Microbiology;70:1145-1150.

Maskew G. F. , John C.G., Daniel A.O. (1987). *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales*. México, Grupo Noriega editores, volumen 4, pág. 403-467.

Mcguigan G.K., T.M. Joyce, R.. Conroy, J.B. Gillespie, M.Elmore-Meegan (1998). *Solar disinfection of drinking water container in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process*, Journal of Applied Microbiology, 84; 1138-1148.

Organización de las naciones unidas (ONU), (2000), Reporte completo de la declaración del milenio, capítulo 5, Un futuro sostenible, declaración 278, 279 y 281.

Ruiz S. (2002). Reforma, suplemento especial "Agua", *Cuando beber es un riesgo*. México. Pág. 12.

Secretaria de Salubridad del Estado de Querétaro. (2006). Información proporcionada por la Secretaria de Salud del estado de Querétaro.

WHO (2001), Water for Health taking charge World Water Day Report, Cap. 4, Pág 22-23