

DESINFECCIÓN DE AGUA POR VÍA SOLAR PARA PRODUCCIONES MEDIANAS (INFORME DE AVANCE)¹

Judith Franco², Humberto Barcena, Carlos Cadena³
INENCO - Instituto UNSa-CONICET
Teresa Lagarde de Courtade
Facultad de Ingeniería-UNSa
Calle Buenos Aires 177 -4400 Safta, Argentina
Tel.: 54 87 255424 - Fax: 54 87 255489
Email: francoj@ciunsa.unsa.edu.ar

RESUMEN: *Se presentan los trabajos realizados para purificación de agua con contaminaciones altas y producciones mayores a los 40 lt. Se trabajó con dos sistemas: uno con bolsas de polietileno que contienen 40 lt de agua cada una y se exponen a la radiación solar, el otro con un equipo de lámparas UV para una producción de 400 lt/día. Se describen las experiencias realizadas y los resultados obtenidos.*

INTRODUCCIÓN:

Existen distintos métodos para mejorar la calidad del agua de consumo, el que se usa comúnmente en los centros urbanos es la cloración de las aguas. En las áreas rurales donde no hay acceso a las técnicas de purificación los pobladores consumen el agua directamente de los ríos o represas naturales, con un alto contenido de contaminación bacteriológica. Esta es una de las principales causas de enfermedades, en especial en la población infantil.

La Organización Mundial de la Salud, aconseja que el agua para consumo humano debe cumplir con ciertas normas bacteriológicas. Cada país tiene sus propias normas, por ejemplo Argentina se rige por el Código Alimentario Nacional de donde se transcribe el Art. 982 (Res. 1547, 17/9/85)

Características Microbiológicas:

No contendrá gérmenes patógenos y/o toxicogénicos, esta exigencia se dará por no cumplida si presenta:

- a) Recuento aerobio mesófilo a 37 °C (placa PCA): mayor de 100 unidades formadoras de colonias/ml (10.000 col/ 100ml)
- b) Coliformes totales: más de 3/100 ml (NMP a 37 °C Caldo Mac Conkey o Verde Brillante)
- c) Escherichia coli: presencia en 100 ml
- d) Pseudomonas aeruginosas: Presencia en 50 ml

Normas Bacteriológicas:

	NMP/ 100 ml de bacterias coliformes
I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.	0 - 50
II. Exige métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección)	50 - 5000
III. Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos.	5000 - 50000
IV. Contaminación muy intensa, inaceptable	más de 50.000

La Organización Panamericana de Salud (OPS) ha establecido las características deseables de los equipos de desinfección destinados a poblaciones pequeñas y zonas rurales latinoamericanas. Estas características son: sencillez de operación y mantenimiento y en lo posible, libres de la necesidad de efectuar cálculos químicos y matemáticos; equipo resistente y durable, fácil de reparar; empleo de sustancias químicas primarias al alcance o de fácil obtención y uso de un desinfectante fiable, eficaz e inocuo, capaz de actuar en diversas condiciones fisicoquímicas y con actividad residual suficiente. Se hace necesario entonces buscar técnicas sencillas y económicas para purificar el agua y hacerla aceptable para el consumo humano.

En trabajos anteriores se presentaron dos métodos para purificación de agua en zonas rurales aisladas con la utilización de la energía solar (1), (2). Estos métodos se pueden diferenciar de la siguiente manera:

Directo: utiliza la radiación solar de forma directa para la desinfección o inactivación de gérmenes. Consiste en la exposición a la radiación solar del agua contaminada contenida en bolsas de polietileno transparente durante un periodo de un día.

Indirecto: en este caso, la radiación solar se utiliza para abastecer un sistema fotovoltaico, al que se le conecta un equipo de purificación con lámparas de UV, el agua circula a través de las lámparas de forma continua y se recolecta en un tanque.

¹ Este trabajo se realiza en el marco del Proyecto N° 481 del CIUNSA

² Investigador Asistente del CONICET

³ Profesional Adjunto CONICET

Comunicación

Este trabajo muestra los resultados obtenidos con bolsas grandes y contaminación intensa, que permite aumentar la producción de agua potable con el método directo, y los ensayos realizados con contaminación intensa con el método indirecto.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS

Se determina la letalidad en función del recuento en placas de cultivo de gérmenes mesófilos totales (TGE) y de coliformes totales (ENDO). Se utilizó el método de filtración por membranas de acetato de celulosa con diámetro de poros de 0,45 mm de 100 ml de la muestra o sus diluciones. Este tamaño de poros impide el pasaje de microorganismos de mayor volumen (bacterias). Las membranas se retiran del equipo de filtración por succión y se colocan sobre el medio de cultivo en cajas de Petri. Para recuento aerobio mesófilo se usa T.G.E. y para coliformes totales Endo como medios de cultivos líquidos soportados sobre un medio poroso (pad). En ambas pruebas se incuban a 37 °C durante 24 - 48 horas y se cuenta el número total de colonias.

Esta técnica de análisis requiere la realización de suficientes diluciones para determinar el número de colonias, si la muestra está muy contaminada. Si la dilución es baja, se obtiene como resultado un número de colonias incontables, o grandes manchas que se interpretan como varias colonias juntas sin poder determinarse el número. El agua del río de donde se tomaron las muestras tienen una contaminación variable debido a que se encuentra en una zona semiurbana por lo que no se puede presuponer qué contaminación tienen las muestras. Esto provoca algunas dificultades para determinar los parámetros de diseño ya que hay que tener una idea previa de la contaminación del agua. Para realizar los ensayos se optó por recoger el agua a tratar, realizar un primer análisis para determinar la contaminación inicial, mantener el agua refrigerada hasta obtener los resultados del análisis (48 hs) y recién proceder con los ensayos.

EXPERIENCIAS CON BOLSAS DE AGUA (MÉTODO DIRECTO)

El sistema consiste en una caja de 80 cm x 120 cm x 4 cm con aislación en la base y de color negro, donde se coloca una bolsa de polietileno transparente sin tratamiento térmico, con el agua a purificar. En este caso se utilizó agua del río "La Caldera" que corre cercano a la Universidad y tiene agua todo el año. Se cargan las bolsas a la mañana temprano y se deja a la exposición de la radiación solar hasta la tarde.

Se tomaron muestras de agua a distintos intervalos de tiempo y se realizaron los análisis bacteriológicos para la determinación de gérmenes aerobio mesófilo totales y coliformes totales. Se midió la radiación solar recibida y la temperatura del agua. Se realizaron las experiencias con contaminación tipo II y III. Los resultados obtenidos en dos ensayos se muestran en las tablas 1 y 2 con sus respectivas figuras 1 y 2.

Tabla 1: Experiencias con bolsas, valores medidos de temperatura, energía recibida y N° de colonias para contaminación tipo II

Día 16/4 Hora	Temperatura °C	Energía global recibida (J/m ²)	Gérmenes total (n° col/100 ml)	Coliformes (n° col/100 ml)
10 hs	18,4	0	90000	3300
12 hs	37,8	3,3 x 10 ⁶	48000	300
13 hs	45	5,3 x 10 ⁶	300	50
14 hs	54,7	7,5 x 10 ⁶	140	0
15 hs	57,5	9,5 x 10 ⁶	100	0
16 hs	56,7	1,1 x 10 ⁷	90	0

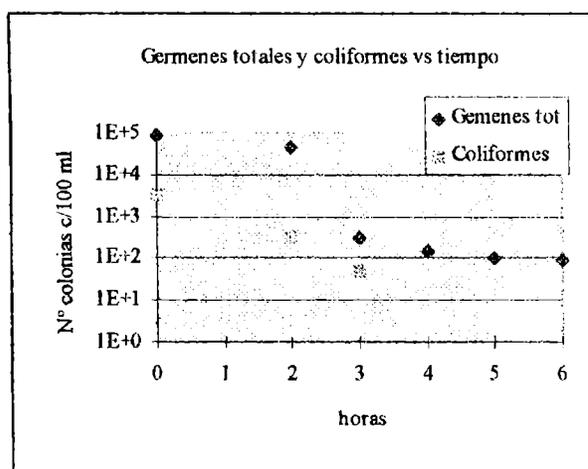


Fig. 1 a

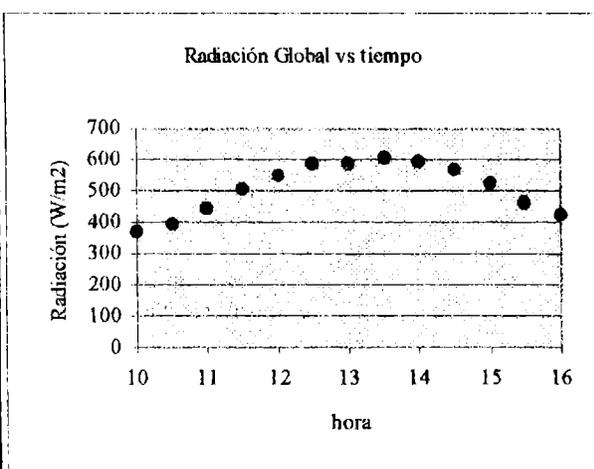


Fig. 1 b.

Tabla : Experiencias con bolsas, valores medidos de temperatura, energía recibida y N° de colonias para contaminación tipo III

Día 6 /5 Hora	Temperatura °C	Energía global recibida (J/m ²)	Gérmenes total (n° col/100 ml)	Coliformes (n° col/100 ml)
10 hs	17,9	0	4260000	20000
12 hs	36,1	4,3 x 10 ⁶	70000	5400
13 hs	42,3	6,9 x 10 ⁶	900	500
14 hs	51,1	9,6x10 ⁶	710	24
15 hs	51,3	1,2 x 10 ⁷	500	24
16 hs	48,5	1,4 x 10 ⁷	350	2

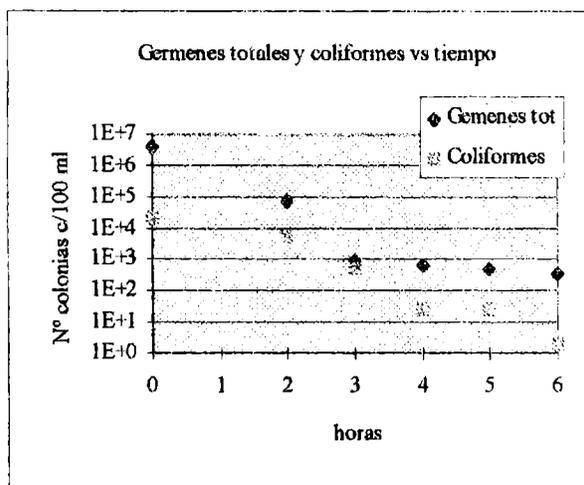


Fig. 2 a

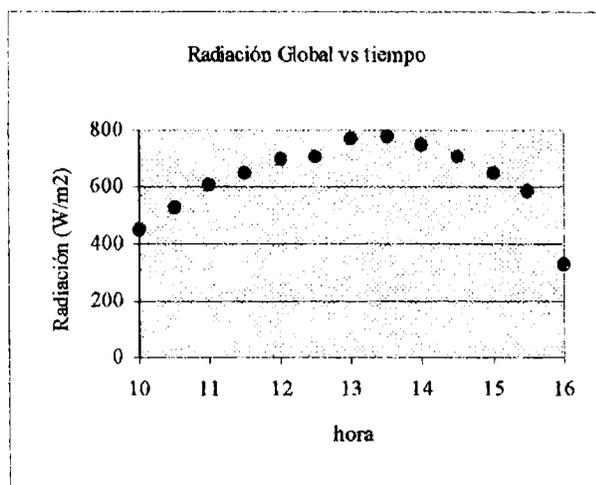


Fig. 2 b

Como se puede observar de los resultados experimentales la técnica es efectiva aún para contaminaciones medias y altas. La producción de agua para días claros es de 40 lt por bolsa. Para mayores producciones se pueden colocar varias bolsas para consumo diario. En los ensayos realizados en la época de invierno cuando la radiación es menor, se obtienen resultados similares. Para días nublados la contaminación se reduce tres o cuatro órdenes de magnitud pero sin llegar a los niveles que se consideran aptos para el consumo. Esto se debe a que la componente UV de la radiación solar en días nublados disminuye en menor proporción que la radiación total, siendo esta componente considerada como uno de los parámetros importantes para la inactivación de las bacterias.

EXPERIENCIAS CON LÁMPARAS DE UV (MÉTODO INDIRECTO)

Se utilizó el equipo descrito en (2) que consiste en una cámara cilíndrica de acero inoxidable ubicada en posición vertical, dentro de la cual se coloca la lámpara de UV. El agua entra por el extremo inferior de la cámara, circula a través de la misma y alrededor de la lámpara y sale por el otro extremo en pocos segundos. La potencia sobre las paredes es 35 W/m² de la línea de UV-C, dependiendo la fluencia (energía total recibida durante el tiempo de residencia) del caudal con el cual se está trabajando.

Para realizar los ensayos se llena un tanque de 100 lt con agua contaminada, esta se hace circular a través de la cámara con la lámpara durante una hora, tomándose muestras del agua de salida a los 20, 40 y 60 min.; esto se realiza para determinar si la letalidad es constante en el tiempo. Se recoge el agua de salida en otro recipiente tomándose una muestra de la mezcla. Luego se analizan las muestras de agua determinándose el N° de colonias cada 100 ml.

Se realizaron ensayos con agua de río con contaminación tipo II, para un caudal de 1 lt/min, se observó una alta contaminación del agua producida, dando como resultado en las distintas diluciones un N° de colonias incontables. Se decidió entonces disminuir el caudal de circulación a 0,5 lt/min. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Letalidad observada con el equipo de lámpara UV con un caudal de 0,5 lt/min

Caudal 0,5 lt / min	Gérmenes totales (N° de colonias c/100 ml)	Coliformes totales (N° de colonias c/100 ml)
Inicial	33000000	2000
Mezcla (producto)	21000	45
40 min	10000	40

Las muestras tomadas a los 20 y 60 min arrojaron los mismos resultados que la de 40 min. El equipo se utilizó sin el filtro previo propuesto en el trabajo anterior, a partir del recuento del número de colonias después del tratamiento, se observa que el agua no tiene los niveles para considerarla apta para el consumo humano según las normas.

Como en las zonas rurales no se pueden realizar los análisis para determinar la contaminación inicial y así regular el caudal del equipo existen dos alternativas a seguir:

- a) Aumentar el número de lámparas a usar, que implica un aumento en la potencia eléctrica del sistema, elevando los costos del equipo.
- b) Colocar un filtro de arena. Estos filtros son sencillos de fabricar y pueden reducir la contaminación inicial en 2 o 3 órdenes de magnitud (3), esto permitiría que el agua a purificar tenga una menor contaminación inicial y en ese caso el equipo puede resultar efectivo sin tener la necesidad de aumentar la potencia de las lámparas.

CONCLUSIONES

La decontaminación del agua para volúmenes más grandes que los habitualmente usados en el caso del método directo es efectiva en días claros. En días nublados se observa una disminución de la contaminación inicial del agua sin llegar a los niveles óptimos.

La utilización del método indirecto requiere un filtrado previo para reducir la contaminación inicial o un aumento en la potencia del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Blesa, O. et al, "Evaluación De Parámetros Asociados Al Proceso De Desinfección Solar De Agua", ASADES, 1995.
- 2.- Cadena, C. Et al "Fabricación Y Testeo De Un Sistema De Desinfección De Agua Con Lámparas UV Empleando Paneles Fotovoltaicos Como Fuente De Energía", ASADES, 1996.
- 3.- Comunicación personal, Arq. Ma. Emilia Castel del INTN, Asunción, Paraguay.