

DESINFECCIÓN SOLAR DE AGUAS EN TAMBO PARIACHI, HUAYCAN, LIMA, PERÚ

Galarza P.⁽¹⁾; Sánchez E.⁽²⁾; Maurtua D.⁽¹⁾; Rodríguez J.^(2,3) jrodriguez@ipen.gob.pe;
Solís J.^(2,3) jsolis@ipen.gob.pe; Estrada W.^(2,3) westrada@ipen.gob.pe

(1) Departamento de Microbiología – Universidad Cayetano Heredia / Lima, Perú

(2) Laboratorio de Películas Delgadas – Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería / Lima, Perú

(3) Dirección General de Promoción y Desarrollo Tecnológico - Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

RESUMEN

Se ha aplicado la tecnología de Desinfección Solar en Unidades Individuales (DSAUI) a aguas del asentamiento humano Tambo Pariachi en Huaycán. Los valores iniciales de contaminación encontrados (coliformes) reflejan que las aguas no son aptas para el consumo humano, pudiendo causar múltiples enfermedades en la población.

El agua contaminada fue expuesta al sol dentro de botellas de plástico PET. Los resultados indican que la descontaminación se debe a una sinergia entre la temperatura dentro de la botella de plástico y la componente ultravioleta de la radiación solar.

Se observó un cambio de las botellas PET debido a un envejecimiento acelerado que produce la luz ultravioleta, que influye directamente sobre la eficiencia de desinfección de las aguas.

El método empleado es sencillo y económico, y podría ser empleado de manera masiva por la población, como una alternativa para obtener agua potable.

1 INTRODUCCIÓN

En ámbitos urbanos de Perú existen altos niveles de contaminación hídrica. Como ejemplo podemos citar al río Rímac, cuyas aguas presentan cuatro veces la concentración de coliformes permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, el mayor problema persiste en las zonas rurales, ya que, a pesar de que la red de desagüe alcanza al 52 % de la población del país, sólo un 12 % de los asentamientos rurales se benefician de ella. Por otro lado, el problema se acentúa por la falta de técnicas bien establecidas para la desinfección y

descontaminación del agua. Para los habitantes por debajo de la línea de pobreza, el tradicional método de hervir el agua puede no ser una solución adecuada para su potabilización, básicamente por falta de recursos económicos. En este contexto, son necesarios procedimientos innovadores para enfrentar esta gran variedad de problemas, que difieren tanto en escala como en complejidad. Por esa razón, en el presente trabajo se evalúa la utilización de la tecnología de descontaminación de agua en unidades independientes (DSAUI) (1-3). Esta tecnología consiste en la irradiación solar de agua contaminada, contenida en botellas de plástico (recipientes de bebidas comerciales), obteniéndose al final del proceso agua apta para consumo humano.

2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la realización de los ensayos, se eligieron aguas del asentamiento humano Tambo Pariachi, en Huaycán, situado en la periferia de Lima (km 15 de la carretera central). Allí, el agua para el consumo diario se extrae de pozos artesianos, tal como se ve en la Fig 1.



Figura 1. Pozo artesiano en el asentamiento humano Tambo Pariachi en Huaycán. Nótese la cercanía del río Rímac.

Se tomaron las muestras en el lugar en botellas esterilizadas de vidrio y fueron llevadas inmediatamente a un ambiente esterilizado. Luego de homogeneizar la muestra, se procedió al llenado de 10 botellas de plástico de polietilentereftalato de 500 mL. En un grupo de botellas, se pintó la mitad exterior de negro mate. Las botellas se colocaron horizontalmente bajo el sol. La radiación solar se midió con un radiómetro artesanal calibrado con un radiómetro Haenni Solar 130. La temperatura se tomó cada 10 minutos con un termómetro de mercurio colocado en una de las muestras. Los experimentos se llevaron a cabo durante cinco horas en botellas como las mostradas en las Figs 2a y 2b.



Figura 2. (a) Detalle de la botella de plástico PET pintada de negro. (b) Detalle de su irradiación solar.

Durante la irradiación, se recogieron dos muestras cada hora. Se midió el número más probable (NMP) de coliformes fecales y totales antes y después del tratamiento, utilizando el procedimiento de tubos múltiples con caldo de sulfato de laurilo para la identificación y con caldo Brila para la cuantificación. La incubación se llevó a cabo por 37 °C durante 48h. La presencia de *E. coli* se determinó incubando durante 48 h en caldo Ec a 44 °C. Luego de la incubación, se procedió a la lectura de los coliformes o *E. coli*, según el caso (4, 5). Se midieron los parámetros fisicoquímicos como la radiación solar, temperatura, turbidez (mediante un sistema portátil Hach) y pH (mediante un pHmetro Orion 520 A), durante el tratamiento. Las medidas de radiación solar en W/m^2 y temperatura (°C) de un experimento típico se muestran en la Fig. 3a.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 3 se observa la irradiación solar (a) y la concentración de coliformes

normalizada (b) con respecto a la concentración inicial, C_0 , durante un experimento típico de descontaminación de agua con radiación solar. Se observa que a las dos horas de irradiación se ha destruido ~90 % del total de coliformes, llegándose a la desinfección total del agua en unas cinco horas de irradiación.

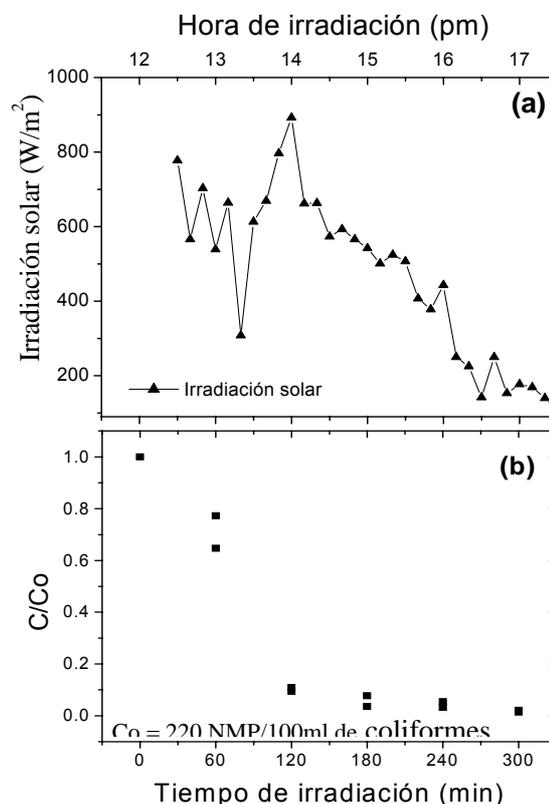


Figura 3. (a) Irradiación solar y (b) Concentración de coliformes normalizada para un experimento típico de desinfección.

En la Tabla 1, se muestran las medidas de pH y turbidez del agua del experimento de desinfección reportado en la Figura 3. Al inicio del experimento, las aguas eran neutras, pero el pH se incrementó durante la irradiación solar, debido posiblemente a la destrucción de ácidos nucleicos y proteínas, que basifican ligeramente la solución (6). En la Tabla 1 se observa un ligero decrecimiento en la turbidez a medida que el tiempo de irradiación aumenta, debido a que se produce una decantación.

Durante los experimentos realizados, se observó en el agua estudiada una variación en la concentración de coliformes de 2400 a 220 NMP/(100 mL). Esta fluctuación es asociada a variaciones estacionales en el grado de contaminación del río Rímac, que está cercano a los pozos artesianos estudiados. Esta concentración de contaminantes es alta,

por lo que el agua no es apta para el consumo humano. Sin embargo, esto es ignorado por las personas de estos lugares, las cuales incluso la llegan a beber directamente luego de ser extraída de los pozos.

Tabla 1. Medidas de pH y turbidez del agua durante la aplicación del método de desinfección.

Tiempo de irradiación (minutos)	0	60	120	360
PH	7.47	7.50	7.70	7.78
Turbidez	13.7	13.15	13.5	13.15

3.1 Influencia de la temperatura

De acuerdo a las pruebas efectuadas, se observó una relación directa entre la radiación solar y el grado de contaminación remanente, obteniéndose mejores resultados en los días más soleados. Con el objetivo de analizar la influencia de la temperatura en el proceso, se procedió a calentar una muestra a las temperaturas alcanzadas durante el experimento; en este caso, se obtuvo un decrecimiento de los coliformes de aproximadamente 30 %. Considerando este hecho, se pintó externamente la mitad inferior de las botellas con pintura negro mate, y se realizó el experimento como en el caso anterior, con las botellas colocadas horizontalmente sobre el sistema reflectante. Los resultados de *E. coli* se observan en la Figura 4.

En la Figura 4a se presenta la variación de la irradiación solar durante el tratamiento, y en la Figura 4b se puede ver la influencia positiva del pintado externo de la mitad inferior de la botella con pintura negra, que provoca un aumento de la temperatura de ~5 °C respecto de la temperatura de la botella sin pintar. Por otro lado, en la Figura 4c se observa un aumento en la eficiencia de la destrucción de *E. coli* del orden de 20 % en las botellas pintadas respecto de las botellas sin pintar.

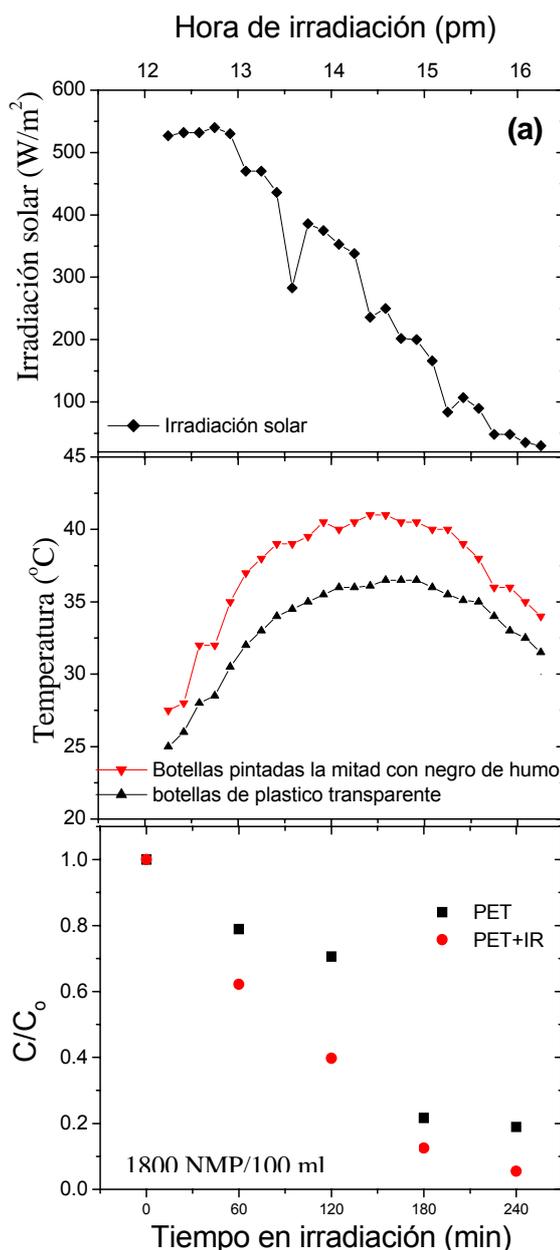


Figura 4. (a) Variación en irradiación solar, (b) variación en temperatura medida en botellas transparentes (\blacktriangle) y en botellas pintadas externamente en su mitad inferior de negro (\blacktriangledown), (c) concentración de *E. coli* normalizada, C/C_0 , en botellas transparentes (\blacksquare) y botellas pintadas de negro en la mitad inferior (\bullet) durante un experimento típico de descontaminación de agua. C_0 es la concentración inicial de *E. coli*.

3.2 Envejecimiento de las botellas PET

Para la elección de las botellas de plástico comerciales con mejor transmitancia de luz y mejor estabilidad frente a la irradiación ultravioleta, se escogieron diferentes botellas de refrescos de cola de marcas conocidas, embotellados en el Perú. Las denominaremos botellas A, B y C. La Figura 5 muestra los

espectros UV-visible de muestras de plástico de las tres botellas, obtenidos con espectrofotómetro Optometrics RS-350. Todas las muestras presentaron una transmitancia espectral aproximada de 0,85 entre 300 y 800 nm. Las muestras fueron sometidas luego a un proceso de envejecimiento acelerado por irradiación con una lámpara de mercurio de alta presión de 250 W, colocada a 12 cm de distancia.

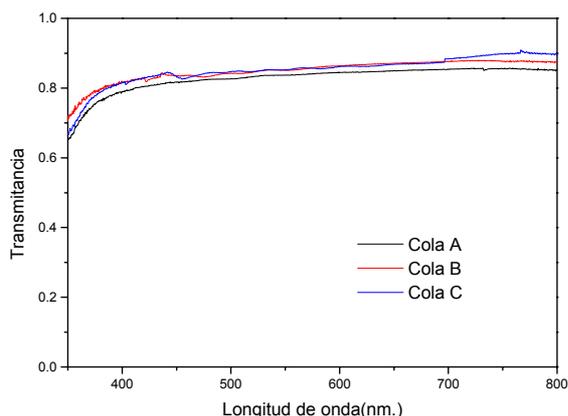


Figura 5. Espectro de transmitancia en el rango UV-visible de las diferentes botellas de plástico de bebidas comerciales.

El efecto de la radiación se muestra en la Figura 6, donde se observa que, aunque todas las muestras presentan una transmitancia inicial similar, la muestra de la botella C fue Santa Ana la que mejor se comportó frente a la irradiación ultravioleta. Después de 91 horas de irradiación, la transmitancia a 500 nm disminuyó de 0,85 a 0,52, de 0,82 a 0,40 y de 0,84 a 0,22, para las botellas de C, A y B Santa Ana Coca Cola e Inka Cola respectivamente. En el rango UV (370 nm), la transmitancia de las botellas C, A y B, disminuye de 0,76 a 0,25, de 0,74 a 0,20 y de 0,78 a 0,08, respectivamente. Este efecto de envejecimiento producido por la luz ultravioleta puede reducir la eficiencia de las botellas para la desinfección, que puede producirse al cabo de cierto tiempo de irradiación con luz solar.

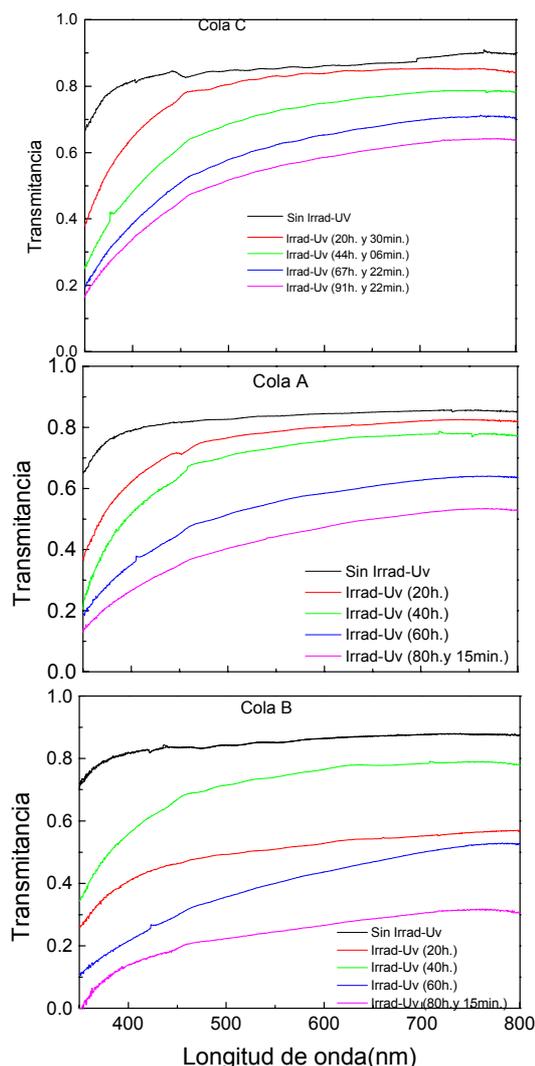


Figura 6. Transmitancia UV-visible de diferentes botellas de plástico PET de bebidas gaseosas comerciales (a) Cola C, (b) Cola A, (c) Cola B, después de haber sido sometidas a envejecimiento ultravioleta a diferentes tiempos de irradiación.

4 CONCLUSIONES

Se han irradiado con luz solar botellas de PET conteniendo agua de la zona de Huaycán, contaminada con coliformes. Los valores de contaminación encontrados reflejan que las aguas antes del tratamiento no son aptas para el consumo humano, pudiendo causar múltiples enfermedades en la población. Los resultados obtenidos luego de los ensayos indican que se ha llegado a un buen grado de descontaminación y que el efecto se debe a una sinergia entre la temperatura dentro de la botella de plástico y la componente ultravioleta de la radiación solar.

Se evaluó el comportamiento de las botellas comerciales frente a un envejecimiento acelerado producido por la irradiación con luz ultravioleta. Se ensayaron muestras de botellas de plástico de tres populares marcas de refrescos de cola envasados en Perú, encontrándose una disminución de la transmitancia al cabo de la irradiación en las tres muestras, con diferencias entre las mismas. La disminución de la transmitancia puede influir negativamente sobre la eficiencia de desinfección.

El método empleado es sencillo y económico, y podría ser empleado de manera masiva por la población, como alternativa para obtener agua potable.

5 REFERENCIAS

[1] Acra A, Raffoul Z, Karahagopian Y. Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions, UNICEF, S.A.L, Beirut, Lebanon; 1984.

[2] Arafa S, Cotis MC. Solar disinfection for rural communities. Taller en Brace Research Institute, 15-27 de Agosto, Quebec, Canadá; 1988.

[3] Sommer B. Solar water disinfection: impact on vibrio cholerae and faecal coliforms. Taller CINARA, Universidad del Valle, Cali, Colombia; EAWAG/SANDEC, Duebendorf, Switzerland; 1995.

[4] EAWAG-SANDEC. Water & sanitation in developing countries. En: <http://www.sodis.ch>.

[5] Wegelin M. EAWAG News. 2000; 48: 11-12.

[6] Hug S. EAWAG News. 2000; 49: 18-20.