

DESINFECCIÓN SOLAR PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO HUMANO A NIVEL DOMICILIARIO

Solano de la Sala Monteros, C.; Espinoza, J.; Campuzano, F.; Oyola, J.

Universidad Técnica de Machala

csolano@utmachala.edu.ec

RESUMEN

La investigación que se ha realizado tuvo como objetivo mejorar la calidad del agua para consumo humano, haciendo uso de del método de desinfección solar (SODIS), para mejorar la calidad y por consiguiente la salud de los habitantes del Sector de la Pereira, del cantón Santa Rosa de la provincia de El Oro. Este trabajo propone la aplicación del método SODIS (Solar Disinfection) como una alternativa económica y eficaz para tratamiento de agua para consumo humano en sectores que no cuentan con sistema de potabilización. Para este estudio se analizó el agua de la que se abastecen en la comunidad La Pereira cuyos análisis microbiológicos muestran que tanto en la captación y viviendas hay presencia de coliformes fecales, como consecuencia de las actividades agrícolas y ganaderas de los alrededores del lugar de captación. El método SODIS trabaja con agua de turbiedad menor a 30 NTU y requiere de utilización de botellas de tereftalato de polietileno PET con capacidad máxima de 3 litros, las cuales se llenan 75% y se las oxigena agitándolas por 20 segundos, seguidamente se procede a llenarlas completamente y colocarlas encima de una superficie reflectora ya sea en los techos o en soportes preparados exclusivamente para el método. Pruebas realizadas al agua tratada muestran el 100% de eficacia en la eliminación de coliformes fecales, tanto en días soleados como en días nublados, este método no altera la composición química del agua.

Palabras clave: Botellas PET, desinfección solar, coliformes fecales, radiación solar, turbiedad, tratamiento de agua.

ABSTRACT

The research carried out was aimed at improving the quality of water for human consumption, using the method of solar disinfection (SODIS), to improve the quality and consequently the health of the inhabitants of the Sector of the Pereira, Canton Santa Rosa of the province of El Oro. This work proposes the application of the SODIS (Solar Disinfection) method as an economical and efficient alternative for the treatment of water for human consumption in sectors that do not have a potabilization system. For this study we analyzed the water that is supplied in the community La Pereira whose microbiological analyzes show that both in the collection and housing there is presence of fecal coliforms, as a consequence of agricultural and livestock activities around the site of catchment. The SODIS Method works with water turbidity less than 30 NTU and requires the use of polyethylene terephthalate PET bottles with a maximum capacity of 3 liters, which are filled 75% and are oxygenated by shaking

them for 20 seconds, then proceed to fill them completely and place them on a reflecting surface either on ceilings or on supports prepared exclusively for the method. Tests performed on treated water show 100% efficacy in the elimination of fecal coliforms, both on sunny and cloudy days, this method does not alter the chemical composition of the water.

Keywords: Construction systems, micro-concrete, poly styrene expanded, hygrothermal comfort.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la investigación actual es desinfectar el agua que actualmente captan para el consumo los habitantes del sector de la Pereira, haciendo uso de la radiación solar que se produce en este sector. Este tipo de problema no es único en su tipo y ya se ha dado en diferentes partes del mundo, por lo que primero se buscara información relevante referente a esta problemática, tomado ya sea de artículos científicos, libros, revistas y tesis.

La calidad del agua está ligada directamente con la salud de las personas, la mayoría de las personas que son de escasos recursos consumen el agua directamente de los abastecimiento sin medir los riesgos que traen consigo, mundialmente mueren miles de personas en su gran parte niños, por el consumo del agua de mala calidad, provocando brotes de enfermedades como el cólera, diarrea, infecciones intestinales, entre otras, que se transmiten por el consumo de agua no tratada, algunos países por no tener infraestructuras sanitarias y de tratamiento de agua adecuados, se enfrentan a brotes de Cólera y para poder mitigarlos se utilizan terapias de rehidratación oral y antibióticos.

Todos estos procesos demandan gastos muy elevados teniendo limitaciones para algunas poblaciones, aquí interviene la implementación del SODIS como método alternativo de desinfección del agua, teniendo éxito en la mitigación de todos los riesgos asociados con la presencia de patógenos en el agua con la ayuda de la radiación solar (Ssemakalu, Ubomba-Jaswa, Motaung, & Pillay, 2014). La hepatitis A y los enterovirus (virus que atacan al tubo digestivo) se contagian por materia fecal encontrada en el agua y se la asocia por la falta de higiene personal, falta de agua potable y saneamiento (Heaselgrave & Kilvington, 2012)

Cabe destacar que la UNICEF y la OMS, en su informe de abastecimiento y saneamiento de agua del año 2000 estimaron que un billón de personas no tiene acceso a ningún tipo de abastecimiento de agua y que dos billones de personas no tienen acceso al agua potable. El informe expresa que 2.2 millones de personas en su mayoría niños mueren cada año en países subdesarrollados por enfermedades asociadas a la contaminación y carencia de agua potable. (Garrido, Ivonne; Fernández Da Silva, Rafael; Storaci, 2013).

Estas situaciones se pueden mejorar con sistemas eficaces de tratamiento del agua en los hogares que no afecten las situaciones económicas y saludables de las personas (Berney et al., 2006), como hervir el agua, la utilización de filtros lentos de arena, uso de pastillas de cloro, que son los más comunes en estos sectores rurales donde no existen estudio y proyecciones a mediano o largo plazo de contar con un sistema de potabilización del agua que consumen.

El método tradicional de desinfección tanto en las zonas urbanas y rurales es el de hervir el agua, lo que siempre ha representado un gasto económico importante, debido al consumo del combustible utilizado, otro método utilizado en zonas rurales es el uso de filtros lentos el cual representa un rubro económico importante debido al proceso de construcción, uso y mantenimiento de forma periódica, lo que hace que la aplicación del método SODIS sea el más conveniente en este sector por las condiciones físicas y químicas del agua, así como las condiciones climatológicas del sector.

El método SODIS tiene la ventaja de ser económico y fácilmente aplicable en cualquier localidad que lo necesite; solo requiere de energía solar, apartándose de los métodos convencionales de purificación de agua como la cloración, hervido de agua, entre otros, cuyo costo es tal vez inaccesible para poblaciones que viven en condiciones precarias (Ae & Ae, n.d.).

El sistema de desinfección solar del agua es el método más sencillo que hay y muy económico, porque usa la energía solar ultravioleta y el calor para inactivar patógenos que se encuentran en el agua causante de enfermedades como la diarrea, el sistema hace uso de botellas de refrescos de plásticos PET comúnmente disponible (Twain, n.d.). El método SODIS utiliza dos componentes juntos por los efectos que le producen al agua, la radiación UV-A que tiene efecto germicida, y la radiación infrarroja es la que eleva la temperatura del agua, el uso combinado de estos dos producen un efecto de sinergia incrementando la eficacia del proceso de desinfección.

Los rayos UV-A son altamente letales con los patógenos que se encuentran en el agua para consumo humano, ya que estos microorganismos no se adaptan a las condiciones ambientales agresivas del exterior, puesto que las condiciones de vida favorables son del tracto gastrointestinal humano con temperaturas de 35°C a 37°C, por lo tanto, son más sensibles a la luz solar que los organismos que abundan en el ambiente.

Tabla 1. Temperaturas para eliminación de microorganismos

Microorganismos	Temperatura para una desinfección al 100%		
	1 Min	6 Min	60 Min
Enterovirus			62 °C
Rotavirus			63 °C por 30 min
Coliformes fecales			a 80 °C desinfección completa
Salmonella		62 °C	58 °C
Shigella		61 °C	54 °C
Vibrio cholerae			45 °C
Quistes de entamoeba histolytica	57 °C	54 °C	50 °C
Quistes de Giardia	57 °C	54 °C	50 °C
Huevos y larvas de gusano ganchudo		62 °C	51 °C
Huevos de Ascaris	68 °C	62 °C	57 °C
Huevos de Esquistosoma	60 °C	55 °C	50 °C
Huevos de Tenia	65 °C	57 °C	51 °C

Fuente: Sandec (2003).

En el cuadro se muestran las temperaturas y los tiempos de exposición óptimos para la eliminación de microorganismos. Se puede notar que el agua no necesariamente debe hervir para matar el 99.9% de los microorganismos, por lo tanto, el calentamiento del agua a 50-60°C durante una hora tiene el mismo efecto desinfectante. SODIS destruirá eficazmente estos patógenos si el agua en las botellas expuestas a la luz solar alcanza la temperatura de 57°C durante 1 minuto o si el agua contaminada mantiene una temperatura de 50°C durante 1 hora (Sandec & Eawag, 2003).

La eficiencia del Método SODIS depende de la disponibilidad de la luz solar, pero hay que tener en cuenta que la radiación solar se distribuye irregularmente y su intensidad varía dependiendo de la ubicación geográfica, la estación climática y las horas de exposición al día. Es importante señalar que la mayoría de países en desarrollo están ubicados entre la latitud 35°N y 35°S.

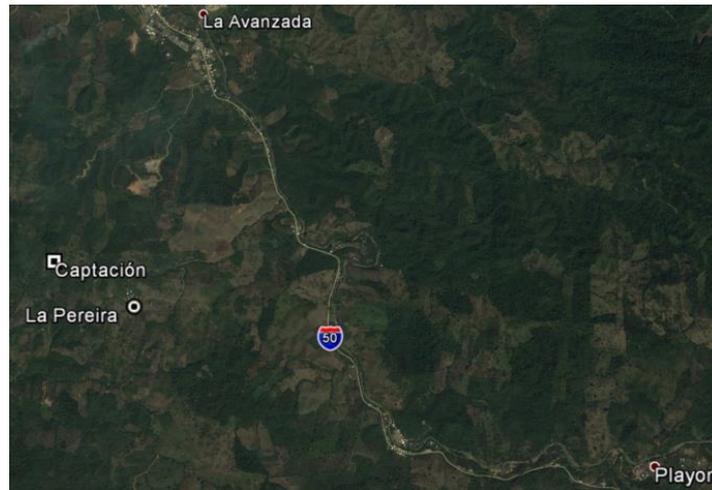
La desinfección solar o método SODIS nació de la idea de potabilizar el agua a un bajo costo y con gran eficacia, este método consiste en utilizar botellas PET (tereftalato de polietileno) para almacenar agua para luego ser expuesta en un lapso de tiempo de 6 horas a la mayor fuente de energía disponible en el mundo y a la vez gratuita que es la radiación solar, utilizando los rayos ultravioleta y el calor para elevar la temperatura dentro de los envases y de esta manera eliminar los microorganismos causantes de enfermedades ya que son muy sensibles a los cambios de temperatura.

En las aguas contaminadas lo más frecuentes es encontrar coliformes fecales, que se deben a la contaminación de las vertientes por actividades ganaderas y agrícolas de la misma zona, en los laboratorios mundiales se considera a los coliformes fecales como los principales indicadores de contaminación microbiológica del agua. Se tomaron muestras con gran cantidad de coliformes fecales y se les aplicó el método sodis, se llevaron dichas muestras después de ser tratadas a un laboratorio de control de calidad del agua para realizar los análisis correspondientes, los resultados fueron favorables eliminando el 100% la presencia de coliformes fecales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se encuentra en el sector de la Pereira perteneciente a la parroquia la Avanzada del cantón Santa Rosa de la provincia de El Oro. El sitio de captación se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas: 614353 N y 9606124.

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio



Se visitó el lugar de la captación con ayuda del Dr. Fernando Ortega Romero, Jefe de la planta de control de calidad EMAPA-SR, donde se tomaron muestras de agua en recipientes esterilizados y en una vivienda para tener como referencia los lugares de muestreo. Bajo las circunstancias actuales del sector, se realizaron pruebas de calidad de agua con la ayuda de los laboratorios de la Empresa Municipal de Agua Potable de Santa Rosa EMAPA-SR y los resultados obtenidos muestran que el agua que se embalsa en la captación así como la que llega a las viviendas presenta contaminación por coliformes fecales y algunos contaminantes químicos.

Figura 2. Análisis del agua en la captación

EMPRESA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTÓN SANTA ROSA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. "LOS JARDINES"

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

FÍSICO-QUÍMICO - MICROBIOLÓGICO

GERENCIA GENERAL

06 DE AGOSTO DE 2015

06 DE AGOSTO DE 2015

06 DE AGOSTO DE 2015

Agua de Vertiente y Agua Domiciliaria "La Pereira"

1 - 2

TIPO DE ANÁLISIS : FÍSICO-QUÍMICO - MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : GERENCIA GENERAL

FECHA DE MUESTREO : 06 DE AGOSTO DE 2015

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 06 DE AGOSTO DE 2015

FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS : 06 DE AGOSTO DE 2015

NATURALEZA DE LA MUESTRA : Agua de Vertiente y Agua Domiciliaria "La Pereira"

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : 1 - 2

METODO DE ENSAYO :

Standard Method: Espectrofotómetro DR 2010 -

Servicio 378 y Membrana Filtrante

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA NTE NEN 1105	RESULTADOS	
			CAPTACIÓN LA PEREIRA	DOMICILIO JESUS OABOGA
Temperatura	°C	-	20.2	20.4
pH	-	8.5 - 8.5	7.927	7.238
Color	Pt.Co	15	0.0	0.0
Turbiedad	NTU	5	0.5	0.5
Conductividad *	µS/cm	600	824	857
Sólidos Totales Disueltos *	mg/l	1000	493	419
Salinidad *	S‰	0.5	0.4	0.4
Cobre	Cu	2.0	0.006	0.010
Fluoruro	F-	1.5	0.46	0.31
Cromo Hexavalente	Cr 6+	0.05	0.00	0.00
CIANUROS	CN	0.007	0.001	0.001
Hierro Total	Fe ⁺⁺	0.3	0.02	0.03
Nitratos	NO ₃	0.2	0.010	0.014
Nitritos	NO ₂	.50	0.9	1.4
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200	66	66
Cloro Libre Residual	Cl ₂	0.3 - 1.5	-	-
COLIFORMES FECALES	ufc/100ml	**<1	137	85

** < 1 significa que no se observan colonias

NOTA: Estos resultados pueden ser sujetos de comparación siempre y cuando se utilice la misma metodología usada en este Laboratorio.

Dr. Fernando Ortega Romero
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

En los análisis físicos y químicos a simple vista están dentro de los rangos permisibles pero los análisis microbiológico realizado in situ a través del método Coliscam, nos genera información a considerar, ya que en estas aguas se observa presencia de coliformes fecales, información que se debe tomar en cuenta considerando que el sistema de la Pereira no cuenta con ningún tipo de tratamiento, además por tratarse de un sistema de agua subterránea y que la captación se encuentra al interior de una plantación de cacao, expuesta a ser contaminada por el uso de agroquímicos usados en la producción, se debería realizar estudios complementarios del agua. Después de obtener los resultados de los análisis de agua, realizamos una encuesta a todos los moradores del sector de la Pereira para tener referencias de la calidad de agua de la zona.

Los resultados de las encuestas mostraron que las familias del sitio la Pereira consideran en su mayoría 90% es decir 18 familias que el agua que reciben en sus domicilios es de mala calidad, tiene un sabor salobre, en invierno el agua se torna de un color café. Mensualmente realizan un limpiado a la captación, sin embargo no se realiza un mantenimiento constante a las redes de distribución. Un 60%, 12 familias compran bidones con agua para beber, de estas 6 familias adquieren 1 semanalmente, 4 utilizan dos a la semana, 2 familias adquieren 3 a la semana y 8 no utilizan bidones de agua, dando un promedio de 2.9 bidones semanales.

Seguidamente ponemos en práctica la alternativa optada que es el Método SODIS en el domicilio del Señor Gonzalo Riofrío que a su vez es el presidente de la Junta de Agua de la Pereira. El proceso inicia con el almacenamiento de agua en botellas plásticas tipo PET las cuales se las expone al sol durante un mínimo de 5 a 6 horas al día y en días nublados se la expone por 2 días, la luz solar y el calor harán efecto sobre los microorganismos presentes en el agua de tal manera que destruya todo tipo

de patógenos que se encuentra en la misma. El método funciona con casi cualquier tipo de agua que no supere las 30 unidades de turbiedad. Se deben seguir algunas instrucciones previas para el uso del SODIS:

Colocar las botellas en superficies reflectoras como hojas de zinc que ayude a elevar la temperatura de las botellas. Lavar muy bien las botellas antes de ser usadas. Si todas estas instrucciones se cumplen con la debida responsabilidad la eficacia del método será mayor. Los pasos para aplicación del método SODIS fueron: a) llenar $\frac{3}{4}$ de la botella con agua, b) agitar la botella durante 20 segundos para la oxigenación del agua, c) llenar completamente la botella y cerrar con su respectiva tapa, d) colocar la botella sobre un soporte o sobre los techos de zinc, e) exponer las botellas en un lapso de 6 horas, f) consumir en vasos o directamente de la botella para evitar que se contamine.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Todo el proceso del Método SODIS durante el tiempo de muestreo que fue en las fechas del 07/09/2015 al 05/10/2015 fue realizado con una exposición de radiación solar promediada de 852,25 W/m² según los datos obtenidos en el sitio. Seguidamente se llevó el control de calidad donde se tomaron botellas ya tratadas y se le realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua. Los resultados de los análisis se los anotaron en los formatos dados por el laboratorio de EMAPA-SR quienes certifican la valides de los mismos.

Figura 3. Análisis del agua por el tiempo de muestreo

EMAPA-SR
EMPRESA PÚBLICA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
DEL CANTÓN SANTA ROSA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AA.PP. "LOS JARDINES"
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

TIPO DE ANALISIS : Agua de Planta del Sitio "LA PEREIRA"
FÍSICO-QUÍMICO
SOLICITANTE : GERENCIA GENERAL
FECHA DE MUESTREO : 07-sep-15
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 17-sep-15
FECHA DE SALIDA DE RESULTADOS : 08-sep-15
NATURALEZA DE LA MUESTRA : Agua de Filtro Desinfección Solar
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 1-2
MUESTRA REFRIGERADA : NO

MÉTODO DE ENSAYO :
Norma Métrica: Espectrofotómetro DR 2010 -
Benedict 375 y Mostirera Filtrante

PARAMETROS	UNIDADES	NORMA NEM 1105	RESULTADOS	
			1 FILTRO LA MUESTRA	2 DESINF. SOLAR LA PEREIRA
Temperatura	°C		26.8	26.8
pH		6.5 - 8.5	7.305	7.307
Color	PCU	10	3.6	0.0
Turbiedad	NTU	5	1.3	0.5
Conductividad *	µS/cm	800	858	844
Solidez Total	mg/l	1000	418	413
Solidez *	mg/l	0.5	0.4	0.4
Cobre	Cu	2.0	-	-
Florescencia	F	5.6	-	-
Cromo Hexavalente	Cr 6+	0.05	-	-
Dureza Total	CaCO ₃	300	-	-
Mercurio Total	Hg ²⁺	0.3	0.02	0.04
Ársenic	As ₃	0.2	-	-
Nitratos	NO ₃	50	-	-
Sulfatos	SO ₄	200	-	-
Fosfatos *	PO ₄	0.1	0.31	0.20
Cloro Libre Residual	Cl ₂	0.3 - 1.5	-	-
Manganato	Mn	1.4	0.2	0.2

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Coliformes Fecales	ufc/100ml	** < 1	0	0
* No Aplica ** < 1 significa que no se observan colonias				

NOTA: Estos resultados pertenecen al sistema de comparación interno y cuando se utilice la misma metodología usada en este laboratorio.

De Fernando Ortega Rosales
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

CONCLUSIONES

- El método de Desinfección Solar podrá ser utilizado por las personas de bajos recursos económicos y que no cuenten con el acceso al agua potable, por su eficacia inactivando microorganismos causantes de enfermedades.
- Los análisis del agua que abastece al sector de la Pereira mostraron una gran cantidad de coliformes fecales, por tal motivo no cumplieron con los requisitos microbiológicos establecidos en las Normas de Agua Potable NTE INEN 1108.
- Considerando las condiciones climáticas y la ubicación geográfica del sector de la Pereira se puede implementar el Método SODIS como alternativa de desinfección del agua, mejorando la calidad de vida de las personas.
- Los resultados de las pruebas microbiológicas del agua presentaron mejoras a tal punto que eliminaron por completo la presencia de coliformes fecales después de haber aplicado el método SODIS.
- El Método SODIS tuvo gran acogida por parte de los moradores del sector al comprobar mediante análisis en laboratorios su eficiencia, cumpliendo las Normas INEN 1108, y los objetivos de este proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ae, P. O. E. a, & Ae, a S. O. P. (n.d.). Desinfección Solar de Aguas en Comunidades Rurales de América Latina.

Berney, M. et al. (2006). Specific Growth Rate Determines the Sensitivity of *Escherichia coli* to Thermal. *UVA and Solar Disinfection*, 72(4), 2586–2593.

Garrido, I. et al. (2013). Evaluación del método SODIS en la desinfección del agua para abastecimiento en La Guadalupe, municipio Bejuma. *Ingeniería Uc*, 20, 29–38.

Heaselgrave, W. & Kilvington, S. (2012). The efficacy of simulated solar disinfection (SODIS) against coxsackievirus, poliovirus and hepatitis A virus. *Journal of Water and Health*, 10(4), 531–538.

Sandec & Eawag (2003). Desinfección Solar del Agua Guía de aplicación.

Ssemakalu, C. et al. (2014). Influence of solar water disinfection on immunity against cholera – a review. *Journal of Water and Health*, 12(3), 393–398.

Twain, M. (n.d.). And what is a man without energy? Nothing – nothing at all. *Solar Energy*, 307–314.