



## Uso de Tecnologías Limpias en la Desinfección del Agua para la Reducción de Diarrea en Niños. Revisión Sistemática

Bartolomé Manzolillo<sup>1</sup>

bartolome.manzolillo@hotmail.com

<sup>1</sup> Unidad de Políticas Públicas, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

**Resumen:** A nivel mundial, 2,2 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas que corresponde al 19 % del total de muertes, donde la mayoría son niños menores de 5 años que se concentran en 15 países en desarrollo según el informe 2015 de OMS (Organización Mundial de la Salud). El agua potable, saneamiento e higiene se consideran los factores de riesgos más importantes causantes de enfermedades diarreicas y que las intervenciones para mejorar la calidad del agua potable en los hogares son eficaces en la reducción de la diarrea. Existen evidencias que demuestran que el uso de tecnologías limpias son soluciones eficientes y de bajo costo para el tratamiento del agua microbiológicamente no adecuada para su consumo en el hogar. El objetivo de esta investigación es evaluar, mediante el desarrollo de una Revisión Sistemática de Estudios (RSE), el uso de las tecnologías limpias como Desinfección Solar (SODIS) y Cloración, y su eficiencia para la purificación de agua microbiológicamente contaminada para consumo humano en el hogar y su efecto en la reducción de la diarrea en niños menores de 5 años en países en desarrollo.

Los resultados de la RSE SODIS fueron consolidados en una Tabla de Excel y se aplicó una metodología de Score, con la que evaluó la relevancia de los resultados de cada investigación, se determinó la efectividad de cada solución y su incidencia en el síndrome diarreico en niños menores de 5 años, y se comparó con los resultados de la RSE Cloración y ambas presentan resultados satisfactorios. Se concluyó que los resultados positivos indican que, el uso de los sistemas SODIS y Cloración en el tratamiento de aguas microbiológicamente contaminadas en el hogar o punto de uso, son efectivos para consumo humano y reducen la incidencia de diarrea en niños menores de 5 años.

**Palabras Clave:** Diarrea; Tratamiento de aguas; Desinfección SODIS; Desinfección del agua, Cloración.

**Abstract:** Worldwide, 2.2 million people die each year from diarrheal diseases corresponding to 19% of total deaths, where the majority are children under 5 years of age, concentrated in 15 developing countries according to the 2015 report of the WHO (World Health Organization). Drinking water, sanitation and hygiene are considered the most important risk factors that cause diarrheal diseases and interventions to improve the quality of drinking water in homes or point of use are effective in reducing diarrhea. There is evidence showing that the use of clean technologies are efficient solutions at low cost, for the treatment of water microbiologically contaminated at home. The objective of this research is to evaluate, through a Systematic Review of Studies SRS, the use of clean technologies such as Solar Disinfection (SODIS) and Chlorination, and its efficiency for the purification of water, microbiologically contaminated for human consumption at home, and its effect on the reduction of diarrhea in children under 5 years, in developing countries.

The results of the RSE SODIS were consolidated in an Excel table and were applied a methodology of Score, which assessed the relevance of the results of every investigation, determined the effectiveness of each solution and its incidence in the diarrheal syndrome in children under 5 years, and compared with the results of the CSR of Chlorination and both presented satisfactory results. The conclusion was that positive results of the use of SODIS and Chlorination systems in the treatment of microbiologically contaminated water at home or point of use, are effective for human consumption and reduce the incidence of diarrhea in children under 5 years.

**Keywords:** Diarrhea; Water treatment; SODIS disinfection; Disinfection of water, Chlorination.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua en suficiente cantidad y buena calidad es esencial para la vida, elementos fundamentales para lograr el desarrollo sostenible de un país, el cual no será posible sin el acceso seguro al agua, la buena higiene personal y la disponibilidad de instalaciones sanitarias adecuadas [1].

Según el informe del 25º aniversario del Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS (Organización Mundial de la Salud) del año 2015, 663 millones de personas no tienen acceso al suministro de agua tratada e indica que en zonas rurales ocho de cada 10 personas aún no tienen acceso a fuentes de agua potable mejorada, por lo que a nivel mundial más de 1.100 millones de personas están en riesgo de infectarse con patógenos relacionados con el agua debido a la falta de acceso a una fuente segura del recurso[2].

El no tener acceso a agua potable de buena calidad, conduce a un alto riesgo de enfermedades transmitidas por el agua como la diarrea, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, disentería amebiana y bacilar y otras enfermedades. Cada año se producen 4.000 millones de casos de diarrea que causan 2,2 millones de muertes, sobre todo entre niños menores de cinco años de edad[3].

Una estimación de la OMS en su informe del 2016 indica que hubo 1,7 millones de casos de diarreas en niños menores de 5 años, con un total de 525 mil muertes atribuibles a esta enfermedad, donde el 73% de estas pérdidas se concentran en 15 países en desarrollo, siendo la diarrea la segunda causa de mortalidad infantil.

Adicional a la alta mortalidad del niño, la diarrea los afecta en su desarrollo físico y emocional. Una diarrea frecuente es una de las causas de desnutrición más importante en los niños, por lo que aumenta el riesgo de muerte por una enfermedad infecciosa o respiratoria aguda [4].

Investigaciones recientes concluyeron que las intervenciones para mejorar la calidad microbiana del agua potable en los hogares son eficaces en la reducción de la diarrea, que es una fuente principal de morbilidad y mortalidad entre los niños en países en desarrollo [5]. Esto nos conlleva a un análisis de beneficios que indica que, una cobertura completa en el hogar con agua e infraestructura de saneamiento podría conducir a una reducción total de 2,2 millones de muertes al año en el mundo en desarrollo, con un costo promedio de vida salvado por año que podría oscilar entre el 65 y 80 por ciento del producto interno bruto anual de estos países [3].

Esto conduce a investigar el desarrollo de iniciativas que apunten a la búsqueda de fuentes de agua seguras y a bajo costo, en especial en países en desarrollo, donde una gran parte de la población no tiene acceso

confiable al agua potable. Los pobladores de bajos recursos y regiones deprimidas consumen agua de pozos, de bombas de mano o agua procedente de fuentes distantes, que a veces requieren muchas horas de traslado y algunas fuentes tienen importantes niveles de contaminación microbiana [1].

Existen diversas tecnologías disponibles para el tratamiento del agua doméstica, donde las intervenciones de almacenamiento seguro, prueban ser muy eficientes para mejorar la calidad del agua y reducir la incidencia de enfermedades diarreicas en los países en desarrollo. Entre las tecnologías limpias más probadas y ampliamente utilizadas en estos países para la desinfección del agua se encuentran la Cloración, los Filtros Cerámicos, el Filtrado por Floculación y la Desinfección Solar que dependen principalmente del agua existente y las condiciones de saneamiento, calidad del agua, aceptabilidad cultural, viabilidad de aplicación, disponibilidad de las tecnologías y otras condiciones locales [6].

La presente investigación selecciona la Desinfección Solar y la Cloración por ser tecnologías de bajo costo y disponibilidad local en el punto de uso y así poder analizar su efectividad mediante revisiones sistemáticas que evaluaron el empleo de estas soluciones, aplicadas en diferentes países en desarrollo para la reducción de diarreas en niños menores de 5 años [12].

La Desinfección Solar SODIS (del acrónimo en inglés SOLarDISinfection) se desarrolló en la década de 1980 para desinfectar a un bajo costo, el agua que sería utilizada en la preparación de las soluciones de rehidratación oral para tratar la diarrea. En 1991, la Swiss Federal Institute de Ciencia Tecnología y Ambiente, con la participación de varios equipos multidisciplinarios compuestos por ingenieros sanitarios, químicos, bacteriólogos y virólogos entre otros, comenzaron a realizar investigaciones y pruebas en laboratorio y campo, para evaluar el potencial de SODIS y desarrollar un método de tratamiento de agua eficaz, sostenible y de bajo costo, como una opción para prevenir la diarrea en los países en desarrollo [3].

La tecnología SODIS es una solución simple, ambientalmente sostenible y rentable para el tratamiento del agua potable en los hogares que consumen agua de fuente microbio-lógicamente contaminada. SODIS utiliza energía solar para destruir o inactivar microorganismos patógenos que producen enfermedades transmitidas por el agua como la diarrea y así mejorar la calidad del agua potable [7]. Los microorganismos patógenos son vulnerables a los dos efectos de la luz solar: la radiación en el espectro de luz UV-A (longitud de onda 320-400nm) y el calor (por aumento de la temperatura del agua) [8].

Las radiaciones UV-A reaccionan con el oxígeno disuelto en el agua y genera la formación de radicales libres de oxígeno y peróxido de hidrógeno, que esterilizan el agua [4]. Una sinergia de estos dos efectos combinados se produce siendo mucho mayor que la

suma de los efectos individuales. Esto significa que la mortalidad de los microorganismos como los coliformes fecales aumenta cuando se exponen a temperatura y rayos UV-A de la luz solar al mismo tiempo [9]. Las regiones más favorables para la implementación de SODIS son los países que se encuentran entre la latitud 15 ° N a 35 ° S, donde las regiones semiáridas se caracterizan por alta radiación solar con limitadas nubes y precipitación [3].

SODIS es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua de baja turbiedad. El agua contaminada es llenada en botellas de plástico transparente de PET (Polietileno Tereftalato) que son expuestas a plena luz del sol durante seis horas. Durante la exposición al sol, los patógenos son destruidos o inactivados. Si la nubosidad es superior al 50%, las botellas de plástico deben exponerse durante 2 días consecutivos para producir agua segura para el consumo. Sin embargo, si la temperatura del agua supera los 50° C, una hora de exposición es suficiente para obtener agua potable segura. Días nublados y lluviosos reducen importantemente el efecto de inactivación de los microorganismos [9].

La eficiencia del tratamiento puede mejorar si las botellas de plástico son expuestas a la luz del sol sobre superficies reflectoras de tejas de aluminio o láminas de hierro corrugado [9].

Otro método ampliamente utilizado de purificación del agua microbiológicamente contaminada es la cloración, mediante el uso de soluciones de cloro a base de hipoclorito de sodio o de calcio que se agrega al agua a ser tratada [11].

Es un método muy económico, simple de usar, fácil de producir y distribuir, y muy efectivo para eliminar la mayoría de bacterias y patógenos virales.

La solución de cloro se añade en bidones de almacenamiento cubiertos, para minimizar la volatilización de la solución y extender su efecto [19].

## II. OBJETIVOS

La finalidad de esta investigación fue de evaluar la efectividad de las tecnologías limpias como el sistema de Desinfección Solar SODIS y Cloración en el tratamiento de agua microbiológicamente contaminada en el hogar o punto de uso, y su incidencia en diarrea en niños menores de 5 años y su impacto en la morbilidad de la afección.

Con este fin, se desarrolló una revisión sistemática con la utilización de la metodología de Campbell Collaboration, para evaluar la solución SODIS donde se analizó una serie de estudios individuales aislados de implementación de estas tecnologías los cuales se desarrollaron en distintas comunidades de países en desarrollo.

En el caso del método de Cloración, se utilizó una revisión sistemática publicada por Arnold B.

F.yColfordJ.M. (2007) [19], con alcance y desarrollo similares a la efectuada con SODIS.

## III. MÉTODOS

En este trabajo fueron revisados estudios que hayan investigado el efecto del uso del agua, el saneamiento e higiene y su influencia sobre las enfermedades diarreicas en cuanto a la morbilidad en niños menores de cinco años en países en desarrollo, utilizando la desinfección solar y la cloración del agua.

### A. Criterios de Inclusión de los estudios en la revisión sistemática SODIS desarrollada para este estudio.

En la selección de los estudios fueron incluidos aquellos que están disponibles de libre acceso en las base de datos consultadas y algunos informes, encontrados a través de búsquedas dirigidas en los diferentes portales de salud con acceso abierto, que han estudiado el uso de estas tecnologías en el tratamiento de agua de uso doméstico y su incidencia en la reducción de enfermedades diarreicas en niños menores de 5 años.

La dinámica de la búsqueda en las bases de datos fue mediante el uso de palabras claves y descriptores combinados y la selección se efectuó manualmente según la significación del estudio que se identificó en el título, contenido, resumen o antecedentes del mismo, así como en la síntesis de los resultados obtenidos.

Fueron incluidos aquellos estudios promovidos en países en vía de desarrollo y localizados geográficamente en los diferentes continentes. Adicionalmente las fechas de publicación de las investigaciones fueron posteriores al año 2000 por ser el período de mayor número de investigaciones publicadas.

Los estudios excluidos fueron aquellos cuyo idioma era diferente al inglés, español, o portugués.

Finalmente, la búsqueda de estos estudios logró identificar 20 que fueron utilizados para la revisión bibliográfica y 9 de ellos fueron finalmente seleccionados por contener un análisis estadístico de los resultados [4][5][10][13][14][15][16][17] [18].

### B. Estrategia de Búsqueda

Se seleccionaron de forma manual y aleatoria, ensayos publicados en las siguientes bases de datos:

- Campbell Collaboration
- Ebscohost
- PubMed
- World Bank Group

Mediante la búsqueda de las palabras claves, Diarrea, Tratamiento de aguas, Desinfección SODIS, Desinfección del agua, donde se identificaron 650 artículos.

No se utilizaron referencias de literatura gris o de referencias cruzadas. Se hizo énfasis en las

experiencias y estudios en países en desarrollo, en especial en las regiones con mayor incidencia de enfermedades diarreicas como lo es la India, países del continente Africano, incluyendo experiencias de países en desarrollo de Latinoamérica, que todas estas investigaciones se hayan desarrollado durante los últimos 17 años, y presentasen datos con las variables de análisis y resultados estadísticos.

#### C. Descripción de la Búsqueda Primaria

Por la limitación de recursos, se identificaron 20 (Revisar) ensayos representativos a ser seleccionados para la revisión bibliográfica, de los cuales 9 ensayos contienen análisis estadístico de resultados y que presentaron una metodología similar en el proceso de medición de la investigación, con un análisis cuantitativo del impacto de la intervención del tratamiento del agua mediante energía solar, con los resultados en la reducción de diarreas en niños menores de 5 años.

#### D. Procedimientos estadísticos y convenciones

##### 1. Tipos de Intervenciones:

Las evaluaciones de los estudios seleccionados se desarrollaron en dos grupos de familias con niños menores de cinco años, donde se midieron los resultados a través de encuestas familiares, del impacto del uso del agua tratada mediante energía solar y su efecto sobre la reducción de diarrea en los niños.

Los grupos fueron:

- El grupo de Intervención: los hogares participantes se les suministró regularmente botellas limpias y recicladas de PET para ser sometidas al proceso SODIS y evaluar la incidencia en la diarrea en los niños.
- El grupo de Control: se le suministró agua de la misma fuente sin tratamiento SODIS

##### 2. Software e Índices Estadísticos a utilizar:

Los datos fueron tabulados en Hojas de Excel y analizados mediante índices estadísticos que miden la efectividad de los resultados como la media aritmética y desviación estándar.

Los resultados se analizaron de manera independiente para evaluar la relevancia del estudio y luego de ser tabulados, se hicieron los análisis comparativos para medir el grado de heterogeneidad y así identificar el nivel de consistencia y de los mismos y que puedan ser comparables.

#### E. Plan de desarrollo de la Revisión Sistemática

La revisión se desarrolló en un período de 6 semanas entre el 14 de mayo 2017 y finalizó el 18 de junio 2017, donde se aplicaron los elementos claves de la metodología de Revisiones Sistemáticas de Campbell Collaboration y que describen los autores Mark Petticrew y Helen Roberts en la guía práctica "Revisiones Sistemáticas en las Ciencias Sociales".

El Plan de Trabajo para la Revisión Sistemática fue como sigue:

- Lectura detallada de cada trabajo de investigación y registro los datos, que incluyó principalmente: Centro de investigación, lugar donde se desarrolló el estudio, fecha de la investigación, variables de la investigación y los resultados relevantes tanto cuantitativos como cualitativos.
- Análisis de cada uno de los datos obtenidos con lo que se desarrolló un mecanismo de relevancia a través de una ponderación según la Tabla III de Matriz de Análisis y Score para asignar los pesos correspondientes de cada resultado obtenido.
- Luego de construida la Tabla de resultados y aplicadas las ponderaciones, se midió el grado de eficacia del estudio y así se desarrollaron las secciones de resultados, discusiones y conclusiones.

#### F. Resultados de la Búsqueda

La identificación de los artículos de investigación se realizó en mayo 2017 y solamente se incluyeron aquellos estudios efectuados en países en desarrollo y con fecha de publicación posterior al año 2000 y se excluyeron los estudios que no fuesen efectuados con niños menores de 5 años, los que combinaban otros métodos de purificación y aquellos estudios similares.

En total, se eligieron 31 trabajos que sólo investigan el tema central de esta revisión sistemática, que es el tratamiento de aguas microbiológicamente contaminadas y se aplicó el filtro de las que utilizan la tecnología limpia de Desinfección Solar SODIS, y que adicionalmente fueron desarrollados en el idioma inglés, español y portugués, y que tuviesen libre acceso en internet.

Adicionalmente, mediante el proceso de inclusión y exclusión, y por la limitación de tiempo y recursos se eligieron 20 estudios de mayor relevancia usados para la revisión bibliográfica, de los cuales sólo 9 presentaban resultados con un análisis de datos estadístico.

El detalle del procedimiento utilizado para la búsqueda de publicaciones en esta revisión sistemática se resume en el siguiente esquema "Figura 2".

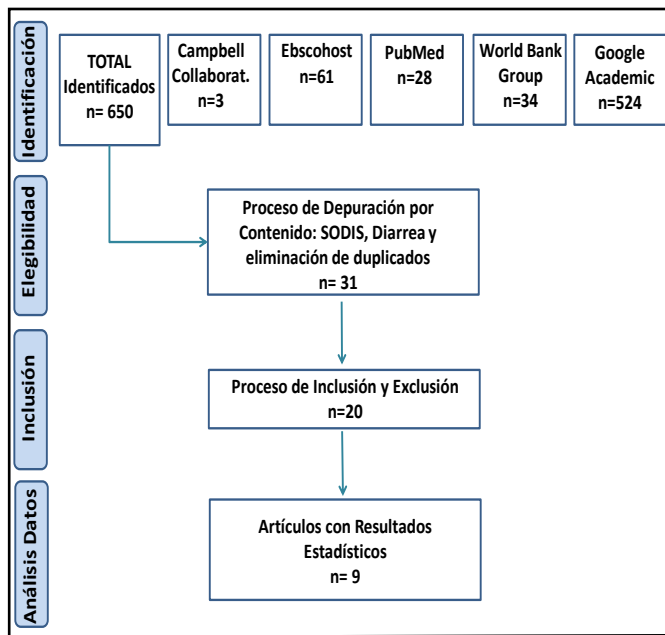


Figura 2: Esquema de Búsqueda. Elaboración Propia

G. Análisis de los trabajos seleccionados

Los 9 trabajos de investigación seleccionados fueron desarrollados entre el 2001 al 2011 y presentaron análisis de resultados similar en cuanto al uso de las variables principales. Sin embargo se hizo una evaluación de relevancia o calidad de cada estudio en cuanto a la profundidad que desarrollaron la investigación y presentaron los resultados. De esta manera fueron categorizados 6 estudios como de Relevancia Alta, y el resto son de Relevancia Baja.

H. Revisión Sistemática Cloración

Se utilizaron los resultados de la revisión sistemática de estudios RSE desarrollada por Arnold B. F. y Colford J.M. (2007) [19] en la que su estructura y metodología es comparable a la revisión sistemática SODIS desarrollada para este estudio y que evalúa el efecto de la cloración en el hogar o punto de uso, de agua microbiológicamente contaminada y su incidencia en la diarrea en niños menores de 5 años en países en desarrollo.

La RSE identificó 10 estudios de 856 revisados, efectuados en diferentes países en desarrollo y distribuidos geográficamente en 3 continentes.

IV. RESULTADOS

A. Revisión sistemática SODIS:

Se evaluaron resultados de 9 estudios que analizaron el efecto que tiene el uso de la tecnología limpia de desinfección solar en el tratamiento de agua microbiológicamente contaminada.

En la Tabla I se detallan las variables seleccionadas del total de los estudios evaluados donde se miden:

Tabla I: Variables Seleccionadas Sistema SODIS

| Variables   | Totales | Promedio |
|---|---------|----------|
| Semanas de Intervención                             | 244     | 27       |
| Número de Hogares de Intervención                   | 1508    | 167      |
| Número de Hogares de Control                        | 1311    | 145      |
| Número de Niños < 5 años en hogares de Intervención | 2145    | 238      |
| Resultado del Score Card Puntos Satisfactorios      | 17      | 7        |

En la Tabla II se consolida toda la información de cada estudio y el resultado obtenido se informa como Satisfactorio=S y No Satisfactorio=NS donde se definió Satisfactorio aquellas investigaciones que presentaron una evidente disminución en la incidencia de diarrea en niños menores de 5 años, mostrada estadísticamente en cada estudio [4][5][10][13][14][15][16][17][18]. Del total de trabajos evaluados, 5 estudios, que representan el 56%, obtuvieron resultados individuales de Satisfactorios en la disminución de la diarrea entre los grupos de intervención en comparación al grupo de control.

A continuación se aplicó un análisis comparativo de los estudios, asignando un peso a cada uno de estas variables para obtener una relevancia en el resultado obtenido de Satisfactorio y No Satisfactorio, calculándose así la desviación estándar por cada variable de la media obtenida.

Para la variable Semanas de Intervención, el promedio obtenido fue de 27 y en los estudios que las sobrepasan este valor se asignó un score o puntuación de 10. A los que son inferiores se le asignó 5. El mismo criterio se estableció con todas las variables y se totalizó por estudio en Total Valor Variable, TVV. Dependiendo del resultado S o NS de cada estudio y la relevancia de este, se colocó en Score la diferencia al TVV. El resumen de esos resultados se presenta en la Tabla II y luego de consolidar estos valores se obtuvo un resultado positivo satisfactorio de 17.

B. Revisión Sistemática Cloración:

En la revisión sistemática desarrollada por Arnold B.F. y Colford J.M. (2007) [19], en cuanto a los resultados del efecto de la utilización de la cloración en el punto de uso, muestra que, 9 de 10 estudios identificados, reducen la diarrea en niños menores de 5 años, de los cuales 5 presentaron resultados estadísticamente significativos.

Esta investigación se desarrolló en 2802 hogares y en un total de 414,5 semanas, con un promedio de duración de 41,4 semanas por estudio, lo que muestra una relevancia de los resultados.

Tabla II: Consolidación de los Estudios

| # | Ref. Bib. | Primer Autor       | Año de publicación | País donde se realizó el estudio | Semanas de la Intervención | Número de Hogares Intervención | Número de Hogares Control | Número de Niños < 5 años Intervención | Principales resultados  | Tipo de Resultado S Satisfactorio NS No Satisfactorio |
|---|-----------|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|---|
| 1 | 4         | BB Rai Ranabir Pal | 2010               | India                            | 32                         | 52                             | 50                        | 65                                    | Se observó que la prevalencia de la diarrea disminuyó significativamente fue practicada después desinfección solar de agua por los cuidadores mantener agua potable en botellas de PET en el grupo de intervención.   | S   |
| 2 | 5         | Daniel Matsezahl   | 2009               | Bolivia                          | 8                          | 262                            | 222                       | 441                                   | No se detectó ninguna evidencia fuerte para una significativa reducción de la IR de diarrea en niños < 5 y en familias con SODIS  | NS  |
| 3 | 10        | Andri Christen     | 2011               | Bolivia                          | 42                         | 216                            | 216                       | 216                                   | La mayoría de las características observadas del hogar mostraron un potencial limitado para predecir el cumplimiento de la intervención por SODIS   | NS  |
| 4 | 13        | Rochelle C. Rainey | 2005               | Nepal                            | 24                         | 34                             | 6                         | 34                                    | Se encontró una adopción bajo en el que sólo tres familias (9%) adoptaron SODIS continuamente durante el período de estudio.  | NS  |
| 5 | 14        | R M Conroy         | 2001               | Kenia                            | 12                         | 67                             | 61                        | 155                                   | Resultados confirman la utilidad de la desinfección solar SODIS para reducir el riesgo de agua transmitidas por enfermedad en niños.  | S   |
| 6 | 15        | Jürg Graf          | 2008               | Kenia                            | 4                          | 35                             | 51                        | 50                                    | No puede afirmar que le proyecto SODIS y la higiene condujeron a un mejor resultado de eventos de diarrea   | NS  |
| 7 | 16        | Martella du Preez  | 2011               | Kenia                            | 78                         | 404                            | 361                       | 555                                   | SODIS se asoció con una reducción de 44% en la incidencia de días disentería y una reducción del 30% en días de diarrea no disentería.  | S   |
| 8 | 17        | Michael Halperin   | 2011               | Perú                             | 4                          | 69                             | 42                        | 39                                    | Los resultados fueron favorables. Después de siete años, 42% de las familias que estaban usando SODIS indican que podría ser sostenible, importante, y herramienta práctica para reducir la mortalidad infantil asociada con enfermedad diarreica.                                | S   |
| 9 | 18        | Jürg Graf          | 2010               | Camertín                         | 40                         | 369                            | 302                       | 590                                   | Usuarios regulares de SODIS tenían significativamente menos ocurrencia de diarrea entre los niños más pequeños que aquellos en los hogares del grupo control. De hecho, los usuarios regulares de SODIS tenían un 2.07 veces menos posibilidades de contraer la diarrea infantil. | S   |

Fuente: Elaboración propia

Tabla II: Matriz de Análisis y Score

| # | TRABAJOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA |                            |                                |                           |                                       |   | SCORE CARD           |                                |                           |                                       |           |       |            |       |
|---|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|----------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------|-------|------------|-------|
|   | Relevancia del Estudio Alta/Baja    | Semanas de la Intervención | Número de Hogares Intervención | Número de Hogares Control | Número de Niños < 5 años Intervención | Tipo de Resultado S Satisfactorio NS No Satisfactorio | Semanas Intervención | Número de Hogares Intervención | Número de Hogares Control | Número de Niños < 5 años Intervención | Resultado | Total | Relevancia | Score |
| 1 | Baja                                | 42                         | 216                            | 216                       | 216                                   | NS  | 10                   | 10                             | 10                        | 5                                     | NS        | 35    | Baja       | 0     |
| 2 | Alta                                | 8                          | 262                            | 222                       | 441                                   | NS  | 5                    | 10                             | 10                        | 10                                    | NS        | 35    | Alta       | -7    |
| 3 | Baja                                | 24                         | 34                             | 6                         | 34                                    | NS  | 5                    | 5                              | 5                         | 5                                     | NS        | 20    | Baja       | 0     |
| 4 | Baja                                | 32                         | 52                             | 50                        | 65                                    | S   | 10                   | 5                              | 5                         | 5                                     | S         | 25    | Baja       | 0     |
| 5 | Alta                                | 12                         | 67                             | 61                        | 155                                   | S   | 5                    | 5                              | 5                         | 5                                     | S         | 20    | Alta       | 0     |
| 6 | Alta                                | 4                          | 35                             | 51                        | 50                                    | NS  | 5                    | 5                              | 5                         | 5                                     | NS        | 20    | Alta       | 0     |
| 7 | Alta                                | 78                         | 404                            | 361                       | 555                                   | S   | 10                   | 10                             | 10                        | 10                                    | S         | 40    | Alta       | 12    |
| 8 | Alta                                | 4                          | 69                             | 42                        | 39                                    | S   | 5                    | 5                              | 5                         | 5                                     | S         | 20    | Alta       | 0     |
| 9 | Alta                                | 40                         | 369                            | 302                       | 590                                   | S   | 10                   | 10                             | 10                        | 10                                    | S         | 40    | Alta       | 12    |
|   | TVV                                 | 244                        | 1508                           | 1311                      | 2145                                  | 4 NS  |                      |                                |                           |                                       |           |       |            | 17    |
|   | Promedio                            | 27                         | 168                            | 146                       | 238                                   | 5 S   |                      |                                |                           |                                       |           |       |            |       |

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

De los 9 estudios seleccionados que presentaron resultados con sus respectivos análisis estadísticos, 5 estudios presentaron resultados satisfactorios en que el Sistema SODIS sí es efectivo para la reducción de Diarrea en niños menores de 5 años.

Adicionalmente, 6 de estos ensayos mostraron una relevancia alta de sus resultados por el análisis estadístico y conclusiones que presentaron y el resto se clasificó de relevancia baja por desarrollar un análisis de datos básico.

En el lapso de publicación de estos estudios entre los años 2001 al 2011 no se identificó prevalencia alguna de resultados satisfactorios al final del período, por lo que no se puede inferir que los resultados satisfactorios fueron consecuencia de una depuración o mejora del procedimiento de aplicación de la intervención o aplicación de lecciones aprendidas.

Se desarrolló un análisis de heterogeneidad de forma manual de cada variable de estudio, donde se aplicó una regla de desviación estándar y se midió, que tan importante es la magnitud de la variable en comparación a la media y se clasifica la Heterogeneidad según el siguiente criterio:

- Entre 0 a 20% Baja
- 20 a 40% Media
- 40% Alta.

Esta medición arrojó que para las variables Hogares de Intervención y Niños < 5 Años fueron de Heterogeneidad Media y las de Semana de Intervención y Número de Hogares de Control fueron de Heterogeneidad Alta.

En cuanto a la revisión sistemática de Cloración, se puede resaltar que a pesar de la heterogeneidad geográfica y la aplicabilidad de las intervenciones, el uso de la cloración del agua microbiológicamente contaminada es efectiva en 9 de los de estudios revisados, de los cuales 5 muestran una efectividad estadísticamente relevante reduciendo el riesgo de diarrea en 29%.

Un elemento importante que se destaca del uso de la cloración, es que a medida que la duración de la intervención es mayor, los resultados son menos favorables en la reducción de la diarrea en niños, posiblemente ocasionado por la falta gradual de interés de los participantes en los grupos de control.

Estas soluciones se ven impactadas por elementos externos como la higiene en el entorno doméstico, almacenamiento y uso del agua tratada. Por otro lado la efectividad del uso de la solución SODIS disminuye en días lluviosos o pocos soleados.

## VI. CONCLUSIONES

Los hallazgos de los usos de tecnologías limpias como la desinfección solar y la cloración, para la mejora de la calidad del agua en el punto de uso o en los hogares, muestran ser soluciones efectivas en la reducción de la incidencia de la diarrea en niños menores de 5 años, lo que promueve una importante mejora en la calidad de vida y salud en general a una gran parte de la población mundial, que carece de acceso a sistemas centralizados de distribución de agua potable.

Ambas tecnologías limpias presentan ser altamente costo-efectivas, elemento crítico en poblaciones económicamente desfavorables. Sin embargo existe una diferencia en la solución SODIS, ya que no requiere de ninguna inversión inicial o recurrente, por el uso de botellas de PET recicladas, en cambio el sistema de cloración necesita de un insumo de consumo recurrente que es la solución de cloro, por lo que accesibilidad se ve afectada.

Esto confirma que el uso de estas tecnologías limpias pueden ser utilizada en los planes de políticas públicas de países en desarrollo, como buena práctica en la disminución de la morbilidad de diarrea en niños menores de 5 años, por su bajo costo de inversión y eficacia en el tratamiento de aguas para consumo humano, y que se pueden aplicar de manera descentralizada en los hogares o puntos de uso, principalmente en regiones distantes de los sistemas de acueductos de centros urbanos y en familias económicamente desfavorecidas.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

De los 9 estudios seleccionados en la revisión sistemática SODIS, sólo 3 declaraban explícitamente que no hubo conflicto de interés en la investigación. En cuanto a la revisión sistemática desarrollada por Arnold B. F. y Colford J.M. (2007), no indica haber algún conflicto de interés en los estudios revisados. En la presente revisión sistemática no hubo ningún conflicto de interés.

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Prof. Marino González por su apoyo en promover la importancia de la rigurosidad y sistematización de los trabajos de investigación, la apropiada ejecución de una revisión sistemática y su aplicación en las propuestas de políticas públicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Hussain, S. Haydar, A. Jabbar, A. Aziz, M. Anis, and Z. Asif, *Evaluation of Plastic Household Biosand Filter (BSF) in Combination with Solar Disinfection (SODIS) for Water Treatment*, Journal – Chemical Society of Pakistan, vol. 37, no. 02, April 2015.

- [2] A. Dessie, E. Alemayehu, S. Mekonen, W. Legesse, H. Kloos, and A. Ambelu, *Solar disinfection: an approach for Low Cost Household Water Treatment Technology in Southwestern Ethiopia*, Journal of Environmental Health Sciences & Engineering, 12:25, January 2014.
- [3] R. Meierhofer and M. Wegelin, *Solar Water Disinfection A Guide For the Application of SODIS*, Swiss Federal Institute of Environmental Science and Technology (EAWAG), Department of Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC), Duebendorf, Switzerland, January 2002.
- [4] B. Rai, R. Pal, and S. Kar, *Solar Disinfection Improves Drinking Water Quality to Prevent Diarrhea in Under-Five Children in Sikkim, India*, Journal of Global Infectious Diseases, vol 2, issue 3, September 2010.
- [5] D. Mausezahl, A. Christen, G. Duran, F. Tellez, M Iriarte et al, *Solar Drinking Water Disinfection (SODIS) to Reduce Childhood Diarrhoea in Rural Bolivia: A Cluster-Randomized, Controlled Trial*, PLoS Medicine 6(8), August 2009.
- [6] S. Saroshe, A. Puranik, S. Dixit, S. Sirohi, B. Waskel, and H. Harish Shukla, *An Educational Intervention to Study the Awareness of Solar Disinfection of Drinking Water among Residents of an Urban Slum of a City in Central India*, International Journal of Public Health 4:125-9, January 2014.
- [7] H. Gómez-Couso, M. Fontán-Sainz, C. Sichel, P. Fernández, E. Ares-Maza, *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, vol. 14 no 6 pp 620–627, June 2009.
- [8] J. Sara, R. Klees, J. Godinho, *Water, Sanitation & Hygiene*, World Bank Health-Nutrition-Population, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/wb-water.pdf>, March 2002.
- [9] M. Muñoz, L. Viviana, D. Muñoz, C. Lozano, D. Guzman, et al, *Efecto Microbicida de la Radiación Solar (SODIS) Combinado con Artemisia Annu*, DYNA 81 (184), pp. 71-76, November 2013
- [10] A. Christen, G. Pacheco, J. Hattendorf, B. Arnold, M. Cevallos, et al, *Factors Associated with Compliance Among Users of Solar Water Disinfection in Rural Bolivia*, BioMed Central Public Health, 11:210, April 2011.
- [11] T. Clasen, K. Alexander, D. Sinclair, S. Boisson, R. Peletz, et al, *Interventions to Improve Water Quality for Preventing Diarrhoea*, Cochrane Database of Systematic Reviews, issue 10. art. No.: CD004794, October 2010.
- [12] M. Arbage, D. Bento de Lima, C. Nobre, W. Almeida, N. Barreto, *Avaliação Econômica de Tecnologias Sociais Aplicadas à Promoção de Saúde: Abastecimento de Água por Sistema Sódico em Comunidades Ribeirinhas da Amazônia*, Ciência & Saúde Coletiva, vol.18, n.7, pp.2119-2127, March 2013.
- [13] R. Rainey and A. Harding, *Acceptability of Solar Disinfection of Drinking Water Treatment in Kathmandu Valley, Nepal*, International Journal of Environmental Health Research, 15(5): 361 – 372, October 2005
- [14] R. Conroy, M. Meegan, T. Joyce, K. McGuigan, J. Barnes, *Solar Disinfection of Drinking Water Protects Against Cholera in Children Under 6 Years of Age*, Archives of Disease in Childhood 85:293–295, October 2001.
- [15] J. Graf, R. Meierhofer, M. Wegelin, H. Mosler, *Water Disinfection and Hygiene Behavior in an Urban Slum in Kenya: Impact on Childhood Diarrhoea and Influence of Beliefs*, International Journal of Environmental Health Research, vol. 18, no.5, 335–355, October 2008.
- [16] M. Du Preez, Conroy, S. Ligondo, J. Hennessy, M. Elmore, et al, *Randomized Intervention Study of Solar Disinfection of Drinking Water in the Prevention of Dysentery in Kenyan Children Aged under 5 Years*, Environmental Science & Technology, American Chemical Society. 45, 9315–9323, November 2011.
- [17] M. Halperin, V. Paz-Soldán, V. Quispe, A. Paxton, and R. Gilman, *Sustainability of Solar Disinfection to Provide Safe Drinking Water in Rural Peru*, Public Health Reports, volume 126, September-October 2011.
- [18] J. Graf, S. Zebaze, N. Kemka, D. Niyitegeka, R. Meierhofer, et al, *Health Gains From Solar Water Disinfection (SODIS): Evaluation of a Water Quality Intervention in Yaoundé, Cameroon*, Journal Of Water And Health, 8(4):779-96, December 2010.
- [19] B.F. Arnold, J.M. Colford, *Treating Water with Chlorine at Point-Of-Use to Improve Water Quality and Reduce Child Diarrhea in Developing Countries: A Systematic Review And Meta-Analysis*, American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 76(2), 2007, pp. 354–364