

LA RADIACIÓN SOLAR COMO PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA EL TRATAMIENTO Y MEJORA DEL AGUA BACTEREOLÓGICAMENTE CONTAMINADA, SIMBILÁ, PIURA

SOLAR RADIATION AS AN ALTERNATE PROCEDURE FOR THE TREATMENT AND IMPROVEMENT OF BACTEREOLOGICALLY CONTAMINATED WATER, SIMBILÁ, PIURA

Dayron Lugo Denis¹

Marcos John Barboza Mejía²

Nancy de la Caridad García Álvarez³



Fecha de recepción: 09 de marzo 2020

Fecha de aprobación: 23 de junio 2020

DOI: <https://doi.org/10.26495/tzh.v12i3.1326>


Resumen

La investigación que se presenta posee impacto nacional e internacional. Es una de las prioridades mundiales a investigar. Se realiza un estudio sobre el agua y su tratamiento de descontaminación, utilizando soluciones basadas en la naturaleza como: la radicación solar que se presenta como procedimiento alternativo para la descontaminación bacteriológica del agua. Éste permite desinfectar el agua sin ningún producto químico, de manera económica, rápida y efectiva. Este proceso radica en la inhibición, a través de la luz solar, de patógenos causantes de diversas enfermedades de origen hídrico. El agua contaminada, previo análisis bacteriológico de los coliformes totales y fecales, se introduce en botellas de plástico expuestas durante varias horas a la acción de la luz solar, permite gracias a la combinación de dos efectos: la radiación ultravioleta y el incremento de temperatura por radiaciones infrarrojas su destrucción. Se seleccionan comunidades y familias como estudio de caso. Se toman muestras de agua, procedentes de la fuente que los abastece, se colocan en botellas plásticas (PET) transparentes de 2L como máximo, exponiéndolas al sol al menos durante 6 horas. Posterior al tratamiento se analizan nuevamente las muestras para determinar la efectividad del procedimiento. Se realizan acciones de capacitación para concientizar en la población del uso de este método, sencillo y económico, bajo el paradigma de investigación-acción. Se seleccionan en cada familia y comunidad los colaboradores responsabilizados de dar seguimiento a este trabajo.


Palabras clave: Contaminación, Análisis bacteriológico, Radiación solar, Desinfección.

Abstract

The research presented has national and international impact. It is one of the world priorities to investigate. A study is carried out on water and its decontamination treatment, using nature-based solutions such as: solar radiation, which is presented as an alternative procedure for bacteriological decontamination of water. This allows the water to be disinfected without any chemical product, in an economic, fast and effective way. This process lies in the inhibition, through sunlight, of pathogens that cause various diseases of water origin. Contaminated water, after bacteriological analysis of total and fecal coliforms, is introduced into plastic bottles exposed for several hours to the action of sunlight, thanks to the combination of two effects: ultraviolet radiation and the increase in temperature by infrared radiation its destruction. Communities and families are selected as a case study. Water samples are taken from the source that supplies them, placed in transparent plastic bottles (PET) of 2L maximum, exposing them to the sun for at least 6 hours. After treatment, the samples are analyzed again to

¹ Doctor en Ciencias Pedagógicas por la Universidad de Ciego de Ávila, Máximo Gómez Báez, Escuela de Derecho de la Universidad César Vallejo de Piura, Piura, Perú, dlugo@ucv.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0003-4439-2993>

² Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Autónoma de Chota, john12barboza@gmail.com

³ Doctora en Ciencias Agrícolas, Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez, Cuba, nancygarciaalvarez@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0002-4324-0309>

determine the effectiveness of the procedure. Training actions are carried out to raise awareness in the population of the use of this simple and inexpensive method, under the research-action paradigm. Collaborators responsible for monitoring this work are selected in each family and community.

Keyword: Contamination, Bacteriological analysis, Solar radiation, Disinfection.

1. Introducción

El agua es el principal componente de vida para toda la humanidad, se forma en las mismas reacciones que originan las estrellas. Cuando una estrella explota, libera al espacio toda esa agua en forma de vapor. Esta ha estado siempre en constante relación con la raza humana por ser un componente imprescindible para la vida. Ningún ser humano puede estar sin beberla más de cinco o seis días ya que pone en peligro su existencia. Al nacer se posee un 75% de agua y en la edad adulta una proporción cercana al 60%. De ahí la importancia de consumir diariamente una cantidad suficiente de agua para el correcto funcionamiento de los procesos de asimilación y sobre todo de eliminación de residuos del metabolismo celular, necesiándose unos tres litros de agua al día como mínimo, de los que la mitad se adquieren por los alimentos y el resto ingiriendo directamente el líquido. (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Se puede admitir que la cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa, se ha mantenido constante desde la aparición de la Humanidad. El agua de la Tierra que constituye la hidrósfera se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una circulación continua en el ciclo del agua o ciclo hidrológico. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad. El agua al caer con la lluvia, por enfriamiento de las nubes, arrastra impurezas del aire, mientras que al circular por la superficie o a nivel de capas profundas se le adicionan otros contaminantes químicos, físicos o biológicos, pudiendo existir por este proceso una contaminación natural. Una contaminación muy notable es provocada por la acción humana causada por actividades agrícolas, ganaderas o industriales, entre otras, que disminuye en gran medida la capacidad de autodepuración propia de la naturaleza. (EcoHabitar, 2016).

Al ser un recurso imprescindible para la vida humana y para el desarrollo socioeconómico, industrial y agrícola, una contaminación a partir de cierto nivel cuantitativo o cualitativo, puede derivar en un problema de salud. Por este motivo se han establecido normas, con límites máximos permisibles, para los diferentes componentes que se utilizan para evaluar las aguas destinadas al consumo humano. Estos índices definen los "criterios de potabilidad" y aparecen regulados en las legislaciones de los diferentes países y a nivel mundial. Sólo muy poca agua es utilizada para el consumo del hombre, ya que el 90 % es agua de mar y tiene sal, el 2 % es hielo y está en los polos, y sólo el 1 % de toda el agua del planeta es dulce, encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos. Esta agua para ser utilizada sin riesgo requiere ser tratada con el fin de eliminar las partículas y organismos que pueden ser dañinos a la salud. La contaminación del agua es un problema vital en el planeta y resulta un tema de suma importancia en la agenda de políticos, científicos y de la sociedad en general. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017).

En la actualidad una cuarta parte de la población mundial, que principalmente habitan en los países en desarrollo sufren escasez severa de agua limpia. Se conoce que 2,1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura. Esto ocasiona que en el mundo haya más de diez millones de muertes al año producto de enfermedades causadas directa o indirectamente por el consumo de agua o alimentos contaminados o por organismos portadores de enfermedades que se reproducen en el agua. La carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua como a su mantenimiento inadecuado. (OMS; UNICEF, 2017).

Los que más sufren las consecuencias, que representa la contaminación de las aguas, son los países más pobres a los que les resulta prácticamente imposible poseer plantas de tratamiento por el alto costo de las mismas. Resulta imprescindible entonces, para tratar de minimizar al menos esta situación, introducir métodos alternativos para mejorar la calidad de las aguas que puedan llegar a toda la población con costos mínimos (Torres et al, 2009).

América Latina posee el 15% del territorio y un tercio de los recursos hídricos del mundo, aunque el cambio climático ha variado la disponibilidad de los mismos en los últimos tiempos. Por ejemplo, en México se obtiene el agua que consume la población de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos acuíferos se recargan de forma natural en época de lluvias. La desproporción que existe entre la cantidad de agua que se capta por escurrimiento y las extensiones territoriales que comprenden, aunado a la corta temporada de lluvias, hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor, lo que se agudiza cuando los ríos se comparten en las fronteras, como ocurre con los ríos Usumacinta y Suchiate compartidos con Guatemala (Padilla, 2011) y el Río Bravo compartido con Estados Unidos. Bajo este panorama este país enfrenta graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua.

En los últimos tiempos los países de América Latina y el Caribe han hecho esfuerzos importantes para mejorar la gestión y aumentar la cobertura de sus servicios de agua potable y saneamiento e incluso en algunos de ellos la gestión del agua se ha elevado a un tema de seguridad nacional. A pesar de los innegables y significativos avances durante las últimas décadas, la situación del sector todavía representa una preocupación en la mayoría de estas naciones. Más allá del hecho que la oferta natural del agua geográficamente, no coincide con el lugar de la demanda de agua, los problemas se deben en buena medida a otras causas: el crecimiento demográfico y la urbanización, la falta de infraestructura, y la reducida capacidad de instituciones para atender las demandas y los impactos de los eventos meteorológicos extremos).

El gran desafío regional es encontrar alternativas de tecnologías económicas que permitan a la población, fundamentalmente rural, satisfacer necesidades básicas, entre ellas ingerir agua con al menos un mínimo de seguridad. Lograr este objetivo implica el uso de ideas y conceptos científicos tal vez más elaborados que los requeridos por las tecnologías convencionales.

Un método viable y económico para cualquier comunidad de este tipo fue puesto en práctica por científicos suizos en la década del 80, consistiendo el mismo en la desinfección del agua mediante la energía solar, este método denominado SODIS (Solar water disinfection) por sus siglas en inglés, utiliza botellas transparentes plásticas donde se trata el agua y ha sido difundido a países de África y América Latina con buenos resultados. (SODIS, 2005).

En Perú el marco que regula los recursos hídricos es Ley de Recursos Hídricos N 29338 cuyos principios son: Valoración del agua y de gestión integrada, prioridad de acceso al agua, participación de la población y cultura, seguridad jurídica, respeto del agua de las comunidades, principio sostenible, descentralización de la gestión pública del agua, carácter precautorio, eficiencia, gestión de cuencas y tutela jurídica. La ley establece la existencia del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, cuyo ente rector es la Autoridad Nacional del Agua. Establece los usos que se le puede dar a los recursos hídricos, los derechos y licencias de uso, la protección del agua, los regímenes económicos, la planificación del uso, la infraestructura hidráulica, normatividad sobre el agua subterránea, las aguas amazónicas, los fenómenos naturales, finalmente, las infracciones y sanciones. El reglamento de la ley se puede encontrar aquí: Reglamento de la Ley 29338 Bajo Decreto Supremo N 002-2008-MINAM se especifican los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

En la zona de Piura las lluvias se concentran entre enero y marzo por lo que presenta un clima seco y cuando es azotada por el fenómeno del Niño ocurren inundaciones y otros eventos. Precisamente esas condiciones de clima conducen a un descenso de las aguas tanto superficiales como subterráneas y por tanto una concentración de las sales disueltas en ellas lo que origina que la calidad de este recurso disminuya.

Según declaraciones de Hildegar (2018) investigadora de Estudios peruanos refiere que Piura es una de las siete regiones con graves problemas en la calidad del agua ya que 1,2 % de las zonas rurales consume agua potable por 15 horas al día, y en la zona urbana es promedio es de 11 horas. Se agrega que esta situación pone en una situación de vulnerabilidad a las personas de extrema pobreza, principalmente los niños que están expuestos a contraer diversas enfermedades, entre ellas la desnutrición crónica infantil.

Se podría entonces resumir la problemática de la forma siguiente: Al no existir un organismo institucional único que gestione el agua y no poseer las condiciones financieras para la construcción de plantas de tratamiento se hace necesario identificar métodos alternativos que si bien no descontaminan totalmente, al menos mitigan estas contaminaciones y hacen que el recurso pueda ser utilizado sin perjuicio para la salud.

De lo antes planteado se justifica la necesidad de utilizar este procedimiento que se basa en las radiaciones ultravioleta (bactericida) e infrarroja (incremento de la temperatura) que se encuentran en los rayos solares. Ambas radiaciones provocan un efecto sinérgico lo que favorece que al atravesar una masa de agua sin sedimentos en recipientes transparentes de no más de 2 Litros por seis horas como mínimo sean eliminados los patógenos presentes. Este procedimiento que se sustenta en las soluciones basadas en la naturaleza, teoría que cada vez cobra más auge en las sociedades contemporáneas.

2. Materiales y métodos

En la presente investigación se ha utilizado una población de estudio que estuvo conformada por 17 familias de la comunidad de Simbila-Piura, que suman un total de 85 personas aproximadamente. La población fue censal, por lo que no se determinó muestra y por consiguiente no se utilizó Técnicas de muestreo debido a que se trabajó con la totalidad de la población. Como técnica de recolección de datos se utilizó la encuesta y como instrumento el cuestionario dirigido a los 85 pobladores antes mencionados.

El análisis de los datos fue procesado a través de tablas y figuras con la ayuda técnica del Software estadístico Excell para Microsoft Office 2018 para cada variable, así como del estadístico SPSS, versión 25. Se utilizó también el Método hermenéutico, que facilitó la interpretación, de las dimensiones e indicadores de estudio. Se evidencia la información recopilada en tablas, las que se analizaron en el orden subjetivo-objetivo y evidenciaron importantes resultados.

3. Resultados

Luego de aplicar las técnicas correspondientes se pudo constatar que:

El estudio incluyó a 17 familias del distrito de Simbilá distrito de Catacaos, Perú, que son las que proporcionan información sobre las vías de acceso al agua potable y sus conocimientos sobre la calidad de ésta para su consumo y si conocen algún método de tratamiento para mejorar la calidad. Los resultados de la encuesta se resumen a continuación.

Tabla 1

Aspectos relacionados al consumo de agua en la población

Aspectos	Si		No	
	Nº	%	Nº	%
El agua que consume procede de Red pública dentro de la vivienda	17	100,0	0	0,0
¿Su vivienda cuenta con servicios de agua durante todo el día?	0	0,0	17	100,0
¿Pagan por el servicio de agua?	17	100,0	0	0,0

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

El estudio revela que todos los pobladores investigados tienen agua de red pública dentro de la vivienda y pagan por dicho servicio, aunque ninguno cuenta con dicho servicio durante todo el día.

Tabla 2
¿A quienes pagan por dicho servicio?

Entidad	Nº	%
Empresa prestadora de servicios de agua	16	94,1
Municipalidad	1	5,9
Total	17	100,0

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

Casi la totalidad de ellos lo hace a la empresa prestadora de servicios de agua, mientras que un solo poblador indica que le paga a la Municipalidad.

Tabla 3
Aspectos relacionados al consumo de energía eléctrica y a la calidad del agua

Aspectos	Si		No	
	Nº	%	Nº	%
Su hogar cuenta con energía eléctrica	10	58,8	7	41,2
Conoce si el agua de su vivienda es apta para el consumo directo (sin hervirla o tratarla con cloro)?	10	58,8	7	41,2
¿Conoce algún tratamiento para mejorar la calidad del agua?	6	35,3	11	64,7
¿Sabe que el agua se puede desinfectar utilizando la radiación solar?	0	0,0	17	100,
En su comunidad existen fuentes naturales de donde se puedan abastecer de agua	0	0,0	17	100,

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

Los resultados muestran asimismo que la mayoría de pobladores, 58.8%, cuenta con energía eléctrica, aunque hay una cifra importante, 41.7%, que indica que no tiene dicho servicio.

El estudio muestra asimismo que el 58.8% de los pobladores conoce que el agua de su vivienda es apta para el consumo directo, a diferencia del 41.2%, que no cuenta con dicho conocimiento. Los hallazgos indican asimismo que la mayoría de pobladores, 64.7%, no tiene conocimiento de algún tratamiento para mejorar la calidad del agua; solo el 35.3%, refiere que si cuenta con dicho conocimiento.

Los resultados muestran asimismo que ninguno de los pobladores investigados sabe que el agua se puede desinfectar utilizando radiación solar. Los investigados, refieren asimismo que en su comunidad no existen fuentes naturales de donde se puedan abastecer de agua.

Tabla 4
Aspectos relacionados a la capacitación sobre la descontaminación del agua

Aspectos	Si		No	
	Nº	%	Nº	%
¿Estaría dispuesto a participar en un proyecto para utilizar un método basado en la radiación solar, para descontaminar el agua proveniente de las fuentes naturales?	17	100,0	0	0,0

¿Una vez capacitado para aprender el método, estaría dispuesto a capacitar a otros pobladores para que también aprendan a descontaminar el agua de sus localidades?	14	82,4	3	17,6
¿Considera que con la capacitación Ud. está preparado para descontaminar el agua que consume?	17	100,0	0	0,0

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

El estudio muestra asimismo que a todos los investigados les gustaría participar en un proyecto para utilizar un método basado en la radiación solar, para descontaminar el agua proveniente de las fuentes naturales, aunque solo el 82.4%, estaría dispuesto a capacitar a otros pobladores a descontaminar el agua, una vez capacitados. Los resultados muestran asimismo que todos los pobladores consideran que una vez capacitados, estarían preparados para descontaminar el agua que consumen.

Tabla 5

¿Cómo calificaría a la capacitación que se le ha brindado sobre la descontaminación del agua?

Respuesta	N°	%
Buena	16	94,1
Regular	1	5,9
Total	17	100,0

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

De acuerdo a los resultados, la mayoría de los pobladores encuestados, 91.7%, califican como buena la capacitación que se les ha brindado sobre la descontaminación del agua; uno solo, lo califica como regular.

Tabla 6

Sugerencias que hacen los encuestados para que el proyecto beneficie a la mayor cantidad de familias

Sugerencias	N°	%
Ninguna	3	17,6
Difusión radial	6	35,3
Que se beneficie a todo el caserío	3	17,6
Visita casa por casa	3	17,6
Charlas a la comunidad	1	5,9
Formar junta vecinal	1	5,9
Total	17	100,0

Fuente: cuestionario aplicado a los pobladores

Los pobladores indican asimismo que para beneficiar a una mayor cantidad de familias se debe difundir el proyecto a través de la radio local; otros señalan que se debe ampliar la propuesta a todo el caserío, visitando casa por casa, brindando charlas a la comunidad y formando juntas vecinales.

4. Discusión

El agua que consume la población contiene muchos microorganismos que pueden afectar la salud de la población, sobre todo aquella que proviene del subsuelo o de lugares estancados; el consumo de este tipo de agua afecta más a los niños produciéndoles diversas enfermedades, como diarreas, problemas cognitivos entre otras. Existen diversas formas de descontaminar el agua, como el uso de cloro u ozono, que resultan costosos, a diferencia de la energía solar, que no implica mayores costos; en

los últimos años ha surgido una alternativa exitosa la energía solar, la que se puede usar como un mecanismo de defensa, que la propia naturaleza utiliza para auto descontaminarse.

La importancia del problema de contaminación ha motivado la presente investigación, cuyo objetivo es aplicar la Estrategia de radiación solar como fuente alternativa de energía para la descontaminación bacteriológica del agua en pequeñas comunidades peruanas, específicamente Simbilá-Perú, 2019. Este objetivo, se ha desagregado en objetivos específicos, que se discuten a continuación. El estudio incluye una muestra de 17 familias, que estuvieron dispuestas a participar en la investigación y que fueron las que brindaron información sobre las características del agua que consumen.

Los resultados (tabla 1) indican que todos los pobladores investigados consumen agua que procede de la red pública dentro de la vivienda, cuyo servicio es pagado; no obstante, ningún poblador tiene agua durante todo el día. El servicio de dicho elemento, lo reciben de la empresa prestadora de agua.

El estudio da cuenta que la mayoría de los pobladores investigados también cuentan con energía eléctrica. Los resultados muestran asimismo que solo un poco más de la mitad de los pobladores, conoce si el agua es apta para consumo directo, es decir, sin recibir ningún tratamiento adicional (hervirla o tratarla con cloro). También se encontró que son muy pocos los que conocen algún tratamiento para mejorar la calidad del agua, pero ninguno sabe que el agua se puede desinfectar utilizando la radiación solar. Los resultados muestran además que en la comunidad de Simbilá, no existen fuentes naturales de donde se puedan abastecer de agua.

Al plantearles la posibilidad de implementar un proyecto para descontaminar el agua, utilizando un método basado en la radiación solar, todos los investigados muestran su disposición de participar, y la mayoría indica que una vez capacitados, estarían dispuestos a capacitar a otros pobladores para que también aprendan a descontaminar el agua en sus localidades.

Dicha capacidad, calificada como buena, ha despertado el interés de la población en el uso de la energía solar para descontaminar el agua, al punto que todos los investigados se sienten preparados para realizar el tratamiento para descontaminar el agua que consumen. Este grupo considera además que para que el proyecto beneficie a la mayor cantidad de familias, se debería difundir por la radio de manera que beneficie a todo el caserío; también señalan que se debería realizar visitas casa por casa.

La introducción de métodos alternativos para el tratamiento del agua, con un bajo costo, se contraponen a los métodos que utilizan las plantas de tratamiento, que resultan costosos para las poblaciones de bajos recursos, como lo señala Torres et. al. (2009). El método planteado utilizando energía solar evidencia resultados exitosos en todos los lugares donde se han implementado; fue puesto en práctica en la década del 80 por científicos suizos, utilizando botellas plásticas transparentes y fue implementado en África y América Latina, con buenos resultados.

En Piura es imperativo el tratamiento del agua, y más aún cuando esta región es considerada como una de las siete regiones con graves problemas de calidad de agua, según lo declarado por Hildegard de Valero (Investigadora de Estudios Peruanos) en el 2018.

5. Conclusiones

- El agua que provee al caserío de Simbilá y específicamente a la comunidad de alfareros del mismo; es apta para beber de manera directa ya que no presenta una alta concentración de Coliformes Fecales causantes de infecciones gastrointestinales; sin embargo el problema radica en la forma de almacenamiento de la misma la cual da pie a la proliferación de diversas bacterias alcanzando estas cantidades alarmantes, por lo que se recomienda indiscutiblemente la desinfección por cualquier método conocido, siempre y cuando éste sea eficaz, fácil de reproducir

por los habitantes y económicamente accesible; en tal sentido el tratamiento del agua en base a radiación solar es altamente viable en esta comunidad.”

- La encuesta realizada dentro del proyecto, no muestra cual es el consumo en litros de cada alternativa empleada por los habitantes para el acceso al agua para beber, por lo cual no se puede estimar el gasto que representa cada forma de acceso tanto en dinero como en energía; suponiendo que en una familia de cinco integrantes se consume 10 litros de agua para beber cada días; y sabiendo que dos litros de agua que necesita cada persona al día; por las pocas horas de servicio de agua con las que cuentan en el caserío de Simbila nace el descuido por el uso y abuso del agua en esta comunidad; complementándose con los malos hábitos transmitidos de generación en generación.
- De la implementación podemos concluir que, debido a que el resultado mostrado es producto del monitoreo de tan solo un mes, no se puede afirmar que los beneficiarios han adoptado la tecnología. Pero con este primer acercamiento a la desinfección solar de agua en el caserío de Simbila, y con los resultados obtenidos, sí se puede proyectar que con un seguimiento adecuado la aceptación de este tipo de dispositivos será una realidad a mediano plazo.
- La tecnología debe estar al servicio de la comunidad de Simbila para ayudar a mejorar su calidad de vida. Esto hace parte de la responsabilidad social de la ciencia y la tecnología.
- Los sistemas de potabilización de agua con energía solar permiten a poblaciones alejadas de las redes convencionales de agua obtener agua tratada potable con un consumo energético bajo (electricidad); lo que le sería de gran ayuda al caserío de Simbila, donde las enfermedades por el inadecuado consumo del agua y sus enfermedades derivadas es el pan de cada día en esta comunidad.

6. Referencias

- Arcos, M. P., Avila, S. L., Estupiñán, S. M. y Gómez, A. C. (2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Publicación en Ciencias Biomédicas*. Universidad Colegio Mayor en Cundinamarca. Vol. 3 (4).
- Congreso de la República del Perú, Ley de Recursos Hídricos. Ley No. 29338 (30 marzo 2009). El Peruano. Normas Legales. 2009; XXVI (10562):393473-86.
- Congreso de la República del Perú. Ley N° 30588 (21 junio 2017). Ley de reforma constitucional que reconoce el derecho de acceso al agua como derecho constitucional, El Peruano. Normas Legales. 2017; XXXIV (14117):4.
- EcoHabitar (2016). *Agua potable. Una reflexión sobre su estado actual*. Recuperado de <https://ecohabitar.org/agua-potable-una-reflexion-sobre-su-estado-actual/>
- González, D. (2015). *La radiación solar como método alternativo para la desinfección del agua de consumo en comunidades que no tienen acceso al agua potable en la provincia de Ciego de Ávila*. (Tesis de Ingeniería Hidráulica). Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). *Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar nacional y regional*. Lima. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1433/index.html
- Organización Mundial de la Salud. (2014). *Cambio climático y salud*. Ginebra: OMS; 2014. Nota Descriptiva, 266. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/>

LUGO, D., BARBOZA, M. J. y GARCIA, N. C. La radiación solar como procedimiento alternativo para el tratamiento y mejora del agua bacteriológicamente contaminada, Simbilá, Piura. Rev. Tzhoeoen. Julio - septiembre 2020. Vol. 12 / N° 3, pp. 289-297 - ISSN: 1997-8731

Padilla, T. y García N. (2012). *Hidroquímica del agua superficial, de la subcuenca del río Quiscab*, Guatemala. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 20 p.17-20. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93225180003>

SODIS (2005). *Desinfección Solar del Agua. Guía de aplicación. Aspectos técnicos, aplicación en campo y metodología*. (Segunda edición). Recuperado de https://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf

Torres, P., Cruz, C. H. y Patiño, P. J. (2009). Indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Vol. 8, No. 15 p. 79-94. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Unicef, Perú (2017). *10.5 Millones de Motivos para Seguir Trabajando*. Recuperado de https://www.unicef.org/peru/spanish/10.5_millones_de_motivos_para_seguir_trabajando_-_Web.pdf