

Soberanía hídrica y su relación con la salud

Sovereignty water and its relationship to health

Sarith Dayana Amaya Frías ¹

John Harold Estrada Montoya ²

ABSTRACT

Water, essential in the life of all living beings, has limited access and low quality for millions of people on the planet, compromising its sovereignty over these resources directly affects the health and related diseases causing pathogens in it are the lack of effective treatment and intervention appropriate to the community. The aim of this study was to establish the state of the art in the international literature on the relationship between water quality, access sovereignty and its relationship with General Health in the last 15 years. The study design was a narrative review of the literature with a search form in databases with keywords: quality and health standard toilet in MeSH. 58 articles were classified according to the main theme as follows: water quality general health (3) water quality and its relation to enteric diseases and other microorganisms (17), water quality and its relation to the general health population-based studies (13), collective interventions using physical and chemical methods (16) and educational methods (9). Water quality and lack of sovereignty over it mainly affect vulnerable rural communities in rich countries and poor people in developing countries do not have public health policies that ensure access to a secure source of supply and permanent. Tend sovereign access to and use of water resources of all people in the poses becomes an urgent task for public health.

KEYWORDS

Water quality, health, autonomy.

RESUMEN

El agua, esencial en la vida de todos los seres vivos, presenta limitaciones de acceso y baja calidad para millones de personas en el planeta, lo cual compromete su soberanía sobre estos recursos y afecta directamente la salud causando enfermedades ligadas a los microorganismos patógenos que en ella se encuentran por la falta de tratamiento eficaz, adecuado y la intervención con la comunidad. El objetivo de este trabajo fue establecer el estado del arte en la literatura internacional sobre la relación entre la calidad del agua, la soberanía en el acceso y su relación con la Salud General en los últimos 15 años. El diseño del estudio fue una revisión narrativa de la literatura con una búsqueda de artículos en bases de datos con las palabras claves: *water quality and health* normalizadas en MeSH. Se encontraron 58 artículos clasificados según el eje temático de la siguiente manera: calidad del agua con la salud general (3), calidad del agua y su relación con las enfermedades entéricas y otros microorganismos (17), calidad del agua y su relación con la salud general estudios de base poblacional (13), intervenciones colectivas mediante el uso de métodos físicos y químicos (16) y métodos educativos (9). La calidad del agua y la falta de soberanía sobre ella afectan principalmente a las comunidades rurales más vulnerable de los países ricos y a las poblaciones pobres de países en desarrollo que no poseen políticas de salud pública que garanticen el acceso a una fuente de abastecimiento segura y permanente. Propender por el acceso y uso soberano de los recursos hídricos de todas las personas en el plantea se convierte en una tarea inaplazable para la salud pública.

PALABRAS CLAVE

calidad del agua, salud, autonomía.

* Artículo resultado de trabajo de grado para optar el título de Odontóloga. Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 2013.

¹ Odontóloga Universidad Nacional de Colombia. E-mail: sdamayaf@unal.edu.co.

² PhD y MSc en Salud Pública. Profesor asociado Doctorado interfacultades en Salud Pública y Facultad de Odontología Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: jhestradam@unal.edu.co.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye las 2/3 partes de nuestro cuerpo y dado que participa en nuestras funciones vitales, se hace necesario garantizar el consumo de la misma en un estado de potabilidad compatible con la salud. Es por ello que se afirma que el acceso a agua potable es un servicio público, vital y necesario para todas las personas; sin embargo no toda el agua de la que se dispone es apta para el consumo humano, en particular en los países pobres o en las regiones más pobres de los países más ricos, que en ocasiones deben acudir al consumo de agua no potable (1)(2). La presente investigación tuvo como objetivo establecer el estado del arte en la literatura internacional sobre la relación entre la calidad del agua, la soberanía en el acceso y su relación con la Salud General en los últimos 15 años.

El agua contaminada deteriora la calidad de vida por los microorganismos que contiene, los cuales son causantes de enfermedades como el cólera y la diarrea, que pueden ocasionar la muerte, en particular de las personas menos inmunocompetentes como los niños, ancianos y personas con enfermedades debilitantes. La situación contraria, es decir, el del agua potable disponible para toda la población será la que garantice una mejor calidad de vida de las personas que la usen y la consuman (3)(4). Las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua representan aproximadamente el 20% de las enfermedades transmisibles notificadas, enfermedades tales como la diarrea, cólera, poliomielitis, gastroenteritis, hepatitis A y E, infecciones respiratorias.

No es suficiente con lograr que las comunidades puedan abastecerse del preciado líquido sino que el suministro y la calidad del agua sean adecuadas para su consumo, el color, olor, sabor, turbidez, pH y salinidad son características físicas y químicas que le dan también al agua indicadores de potabilidad. Mann y colaboradores en 2007 reportaron una asociación positiva entre la calidad del agua potable y las enfermedades gastrointestinales debido a la turbidez por encima de 2 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) debido a la presencia de materia orgánica en ella relacionada con brotes de enfermedades gastrointestinales (5)(6)(7)(8). Un reto bastante grande para la salud pública es el de crear y mantener de manera constante políticas públicas encaminadas a que todas las personas tengan acceso al servicio de agua potable en cantidad y calidad suficiente, factores que se tornan esenciales para la vida y que actualmente están siendo considerados como un derecho básico fundamental, consagrado incluso en varias constituciones de diferentes estados (9) (10).

DISEÑO METODOLÓGICO

Este es un estudio de tipo Revisión Narrativa de la Literatura. Se realizó una búsqueda bibliográfica amplia en bases de datos y revistas indexadas desde Agosto de 2012 y Mayo de 2013, independientemente del idioma, la región, país de publicación y publicados desde el año 1996 hasta el 2012. Las bases de datos consultadas fueron: Pub-Med, ScienceDirect, Medline; las consultas se realizaron utilizando términos normalizados en MeSH, cruzándose mediante el uso de operadores booleanos como aparece a continuación: *water quality and health*.

Del primer gran número de artículos se realizó un filtro basado en el título, luego se clasificó en 6 grupos temáticos y se observó el número de artículos en cada grupo, si el número era de artículos era insuficiente se realizaba una nueva búsqueda con términos relacionados con el tema. Una vez se obtuvo el número de artículos definitivo se procedió a la lectura de cada uno y elaboración de resúmenes estructurados para luego proceder a la construcción de cada capítulo. Los resultados se presentarán siguiendo la siguiente estructura: Calidad del Agua y su relación con la Salud General, Calidad del Agua y su relación con las enfermedades entéricas y otros microorganismos, Calidad del Agua: Estudios de base poblacional, Intervenciones Colectivas para el mejoramiento de la Calidad del Agua, Intervenciones con métodos físicos y químicos, Intervenciones educativas, Discusión y conclusiones.

RESULTADOS

Bibliometría. Se encontró un total de 58 artículos que se muestran en las siguientes tablas, discriminándolos según la revista publicada, el idioma, el tipo de estudio del artículo, el grupo temático y la relación entre el grupo temático y el diseño del estudio.

TABLA 1 DISCRIMINACIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN LA REVISTA PUBLICADA.

JOURNAL	CANTIDAD
AM J TROP MED HYG	10
BMC PUBLIC HEALTH	5
J HEALTH POPUL NUTR	5
PLoS ONE	4
APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	3
ENVIRONMENTAL HEALTH PERSPECTIVES	2
EPIDEMIOLOG INFECT	2
REV PANAM SALUD PUBLICA	2
TROPICAL MEDICINE AND INTERNATIONAL HEALTH	2
SITIOS WEB	2
AMERICAN JOURNAL EPIDEMIOLOGY	1
ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS	1
ARCH DIS CHILD	1
AUSTRALIAN FAMILY PHYSICIAN	1
BIOMEDIC ENVIRON SCI	1
BULL WORLD HEALTH ORGAN	1
MICROBIOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY REVIEWS	1
PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF ROYAL SOCIETY	1
PUBLIC HEALTH REPORTS	1
REV CHILENA INFECTOL	1

TABLA 1 DISCRIMINACIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN LA REVISTA PUBLICADA.

JOURNAL	CANTIDAD
RURAL AND REMOTE HEALTH	1
THE JOURNAL OF INFECTIOUS DISEASES	1
THE LANCET	1

TABLA 2 DISCRIMINACIÓN DE ARTÍCULOS SEGÚN EL IDIOMA.

IDIOMA	CANTIDAD
INGLES	53
ESPAÑOL	4
PORTUGUES	1

TABLA 3 NÚMERO DE ARTÍCULOS SEGÚN EL DISEÑO.

TIPO DE ESTUDIO	CANTIDAD
EDITORIAL	1
ESTUDIOS DE CAMPO	21
ESTUDIO DE CASOS Y CONTROLES	4
ESTUDIOS DE COHORTE	3
ESTUDIOS DESCRIPTIVOS	10
ESTUDIOSTRANSVERSALES	4
ESTUDIO EXPERIMENTALES	11
REVISION SISTEMÁTICA	4

TABLA 4 CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE ARTÍCULOS.

GRUPO TEMATICO	CANTIDAD
Calidad del Agua y su relación con la Salud General	3
Calidad del Agua y su relación con la Salud General, Estudios de Base Poblacional	13
Calidad del Agua y su relación con las Enfermedades Entéricas	12
Calidad del Agua y su relación con otros microorganismos	5
Intervenciones Colectivas para el mejoramiento de la Calidad del Agua: Intervenciones Educativas	9
Intervenciones Colectivas para el mejoramiento de la Calidad del Agua: Intervenciones con Métodos Físicos	8
Intervenciones Colectivas para el mejoramiento de la Calidad del Agua: Intervenciones con Métodos Químicos	8

TABLA 5. EJES TEMÁTICOS SEGÚN EL DISEÑO DEL ESTUDIO

TIPO DE ESTUDIO \ EJE TEMÁTICO	Calidad del agua y su relación con la salud general	Calidad del agua y su relación con enfermedades entéricas y otros microorganismos	Calidad del agua y su relación con otros microorganismos	Calidad del agua: estudios de base poblacional	Intervenciones colectivas para el manejo del agua: métodos físicos	Intervenciones colectivas para el manejo del agua: métodos químicos	Intervenciones colectivas para el manejo del agua: intervenciones educativas	
EDITORIAL	1							
ESTUDIOS DE CAMPO	4		3	5	3	6		
ESTUDIO DE CASOS Y CONTROLES	1			1	1	1		
ESTUDIOS DE COHORTE	3							
ESTUDIOS DESCRIPTIVOS	2	2		3		2		
ESTUDIOS TRANSVERSALES	3							1
ESTUDIO EXPERIMENTALES		5	2	2	2	1		
REVISIÓN SISTEMÁTICA	1	1				1	1	

CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LA SALUD GENERAL

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades se transmiten por agua contaminada (1)(12) (13). El suministro de agua segura es reconocido universalmente como una necesidad básica humana y en algunos lugares un derecho fundamental. Sin embargo, la recepción del agua no garantiza condiciones de higiene para la mayoría de la población, incluso hay poblaciones que no cuentan con acceso a esta (13) (14). La contaminación del agua debe ser considerada no solo como un riesgo para la salud, sino también como consecuencia de procesos sociales y ambientales, configurando una cadena de eventos relacionados al saneamiento que impiden el desarrollo de este, un ejemplo de esto, es la pobreza, que a consecuencia de bajos ingresos impide que las personas puedan pagar los servicios necesarios para tener una adecuada calidad de vida (1).

La evidencia sugiere que los habitantes pobres de las ciudades de África, por ejemplo, presentan mayor morbilidad ya que tienen poco acceso a agua de calidad y por ende a servicios de salud. Los asentamientos informales aumentan el hacinamiento en las ciudades donde la mayoría de la población no tiene acceso a aguas seguras, volviendo así aún más difícil la distribución de estas. Las malas políticas públicas, los malos manejos del dinero por parte de los gobiernos, el acceso a servicios públicos de calidad repercuten directamente sobre la

salud de las poblaciones (13). En las zonas rurales los habitantes deben de buscar soluciones para abastecerse del preciado recurso utilizado en sus actividades diarias, las fuentes de agua más utilizadas son las que están a su alcance, lagos, ríos y pozos entre otros, que en la mayoría de los casos brindan agua que ha sido contaminada por los mismos habitantes puesto que en ocasiones las personas no tienen conciencia del cuidado del agua y lo importante que es esta para la salud.

La importancia del agua contaminada no solo radica en cómo afecta la calidad de vida de las personas debilitando el organismo y siendo causa de mortalidad, sino que también se convierte en una carga económica para el tratamiento y manejo de la enfermedad que trasmite debido a la ausencia de políticas públicas que garanticen la cobertura y la calidad del agua potable para todas las personas sin excepción alguna (13).

CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON ENFERMEDADES ENTÉRICAS Y OTROS MICROORGANISMOS

Según la OMS anualmente se presentan dos mil millones de casos de diarrea en todo el mundo, y en el 2004 fue la tercera mayor causa de muerte en países de bajo ingreso donde ocasionaron el 6,9% de los fallecimientos, es la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, después la neumonía. De los 1,5 millones de niños que fallecieron por enfermedades diarreicas en 2004, el 80% tenían menos de dos años; en países en desarrollo, los niños menores de tres años sufren en promedio, tres episodios de diarrea al año (13).

En África se ha estimado como causa del 85% de la carga de morbilidad evitable al suministro de agua, causante de enfermedades feco-orales principalmente diarreicas y que afectan en gran medida a la población infantil. Estas enfermedades entéricas, principalmente la diarrea se presentan en poblaciones de países en desarrollo y en condiciones de pobreza, poblaciones que recurren a pozos cercanos, lagos y ríos para el abastecimiento del agua. Estudios realizados, en países como Ecuador, reportan que el 68% de las personas refieren que los ríos son su fuente primaria para el abastecimiento del agua en sus hogares y que el 60% de la población la consume sin tratarla (15)(16).

Las fuentes de agua cercanas a las comunidades (pozos, lagos, manantiales, agua de lluvia, etc.) tienen altas concentraciones de microorganismos que transmiten enfermedades debilitantes y mortales, varios autores relacionan la diarrea e infecciones intestinales con el consumo y uso de agua contaminada (2)(5)(17)(15). La principal fuente de contaminación relacionada con las enfermedades entéricas son microorganismos procedentes de las heces humanas y animales; la bacteria aislada de estas aguas contaminadas ha sido la *Escherichia coli*, una enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales y por ende en las aguas negras. La *E.coli* puede causar infecciones intestinales y extra intestinales de alta gravedad. La transmisión de estos puede ser por vía directa, ingestión de agua, o indirecta, alimentos o bebidas contaminadas con esta agua, también puede darse de manera accidental y producirse durante actividades recreativas como el nadar dentro de un pozo o lago (4)(18). Otras enfermedades transmitidas por contacto con agua contaminada o por escasez de esta son las cutáneas (tiña e impétigo), cuando se realiza o no la higiene y el aseo personal, enfermedades que no son totalmente debilitantes pero afectan a la población si a este le sumamos las condiciones climáticas como sol, brisa, la poca atención de las personas, ya que son más importantes aquellas que impidan hacer esfuerzo físico o trabajar (13).

La contaminación microbiana o química del agua potable como resultado de un tratamiento inadecuado de la planta o el mal control del sistema de distribución de la misma se relaciona con enfermedad gastrointestinal. Mann y colaboradores en 2007 reportaron que la contaminación microbiana o con materia orgánica aumenta la turbidez del agua, aunque no hay estudios que estimen la proporción de enfermedad gastrointestinal con este parámetro, existen asociaciones positivas que podrían sugerir que si la medición de turbidez sobrepasa los límites el agua está contaminada y representa un riesgo para la salud (8).

Ley y colaboradores en 2012 realizaron un estudio en la Costa Norte de Ecuador concluyendo que los factores geográficos como en la zonas tropicales donde la enfermedad diarreica es la mayor carga de salud, los microorganismos que evalúan la contaminación fecal como los Coliformes Totales y Fecales, E.Coli, enterococos; tienen el potencial de crecer en este medio ambiente, siendo un problema ya que las intervenciones realizadas al agua no serán suficientes, y requeriría una intervención a la comunidad para el manejo del medio ambiente (16).

La calidad del agua no solo se mide por la cantidad de bacterias presentes sino también, por la detección de virus entéricos relacionados con gastroenteritis humana, que se trasmite por alimentos, agua y contacto entre humanos, esto representa un problema de salud pública; Haary y colaboradores concluyeron que el riesgo de infección cuando el virus se consume en el agua es de 10 a 10.000 veces mayor que la contaminación con bacterias patógenas a exposiciones similares, sin embargo los indicadores microbianos para la calidad del agua no siempre reflejan el riesgo a varios patógenos (6).

En un estudio realizado por Fong y Lipp en 2005, se describe cómo los virus patógenos, por ejemplo enterovirus se han relacionado en un 70% de las infecciones en humanos y que los adenovirus son el segundo microorganismo patógeno causante de gastroenteritis infantil. Los adenovirus indican contaminación de origen humano en las aguas siendo más persistentes junto con los enterovirus, los cuales se han aislados a partir de varios tipos de agua incluidas las subterráneas, aguas residuales tratadas, aguas marinas, ríos y aguas potables (6)(19).

Los riesgos para la salud asociados con el agua no solo son las enfermedades infecciosas causadas por materia fecal humana y animal, y los agentes patógenos que se encuentren en el agua potable que estén asociados a otras enfermedades, también incluye la mala calidad del agua, un saneamiento inadecuado o una higiene inadecuada puede causar de igual forma enfermedad gastrointestinal, aproximadamente 3,5 millones de episodios de diarrea y 1.87 millones de muertes infantiles al año; muchos países en desarrollo carecen de agua potable, factor que empeora la calidad de vida de los habitantes (19).

Las comunidades rurales presentan mayor probabilidad de padecer enfermedades entéricas, debido a que no tienen en muchas ocasiones acceso a fuentes de agua potable, poca infraestructura de saneamiento por limitación en recursos financieros, desnutrición, factores ambientales clima, poca percepción y comprensión de las prácticas de higiene. Debido a esto en países como Ghana, las enfermedades entéricas son una de las causas principales de morbilidad y mortalidad entre los niños, el 13% de los niños menores de 5 años padecen enfermedades diarreicas (4) (19).



Los coliformes totales no son los únicos patógenos aislados en el agua y causantes de la contaminación del agua y que producen enfermedades en los seres humanos. Odjadjare y colaboradores en 2010 evaluaron la calidad de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas en Sudáfrica, evaluando también la prevalencia de *Listeria* y de la calidad fisicoquímica del agua residual tratada con el fin de determinar los potenciales de riesgos para la salud y el ambiente. La *Listeria* es una bacteria patógena asociada a infecciones transmitidas por alimentos produciendo enfermedades en los humanos, en situaciones en las que los alimentos son lavados esta bacteria pasa a las aguas residuales, sin embargo la *Listeria* puede sobrevivir a los procesos de las plantas de tratamiento de aguas. Las aguas residuales tratadas son usadas para beber u otros fines, teniendo una seria implicancia en la salud pública. En Sudáfrica por ejemplo no existen normas específicas para los patógenos de la *Listeria*, se evalúan más los coliformes fecales en el agua para el uso doméstico, este estudio sugiere una prevalencia del 100% de las especies de *Listeria* en los sistemas de aguas de muestreo (21).

Es importante el conocimiento de la fuente de contaminación para de esta manera poder tomar medidas frente al agua contaminada, y de esta manera llevar a cabo la evaluación de riesgos, ya que ciertos tipos de contaminación fecal procedente de los animales se consideran de alto riesgo debido a los patógenos que se encuentran en las heces (22).

Otra enfermedad producida por agua contaminada es la Hepatitis A causada por el Virus de la Hepatitis A; un estudio realizado en el Estado de Espirito Santo, Brasil, donde Silva y colaboradores en el año 2009 asociaron la aparición de casos de Hepatitis A en tres barrios con brote de dicha enfermedad con sus fuentes de agua, donde se aislaron coliformes totales (23).

No solo microorganismos pueden causar enfermedades, los compuestos orgánicos volátiles son compuestos químicos orgánicos que tienen alta presión de vapor respecto a su solubilidad en el agua, permitiendo que se muevan en la atmósfera, el suelo, las aguas superficiales y subterráneas; compuestos que se encuentran en muchos productos que se utilizan en todos los hogares como disolventes, pinturas adhesivos, desodorantes, refrigerantes,

combustibles y fumigantes. La Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA) reporta que la presencia de estos compuestos orgánicos volátiles en el agua pueden ser un riesgo para la salud humana, ya que algunos son cancerígenos y pueden afectar negativamente el hígado, los riñones, el bazo y el estómago así como afectar el sistema nervioso, circulatorio, reproductivo, inmunológico, cardiovascular y respiratorio (24).

Rowe y colaboradores en 2007 realizaron un estudio en Estados Unidos en el que evaluaron 55 compuestos orgánicos volátiles en 2041 pozos, 42 fueron detectados. Los seis compuestos más detectados en los pozos fueron: dibromocloropropano (DBCP), 1,2-dicloropropano, dibromuro de etileno (fumigantes); PCE y ECT (disolventes), y 1,1-dicloroetano (compuesto síntesis orgánica); cinco de los cuales son regulados en el agua potable por ser cancerígenos y la mayoría pueden afectar negativamente el hígado. Los autores destacan que es importante la protección y la gestión de la calidad del agua potable suministrada en los pozos domésticos, esta debe ser una responsabilidad compartida entre los dueños de los pozos, las agencias gubernamentales, organizaciones de investigación e instituciones académicas (24).

CALIDAD DEL AGUA: ESTUDIOS DE BASE POBLACIONAL

El acceso a agua potable de calidad es esencial para la vida humana y el bienestar, y es un tema clave para la salud pública. La falta de saneamiento e higiene representa casi el 10% de la carga total de enfermedad en el mundo, cada año 1,6 millones de personas mueren por diarrea debido al consumo de agua contaminada; los niños menores de 5 años son los más vulnerables, afectando el consumo normal de alimentos, la absorción de los nutrientes, la diarrea causante de desnutrición, y de reducir la resistencia a la infección y potenciar trastornos gastrointestinales a largo plazo (7) (9) (10)(12) (13) (25).

Chen y colaboradores en 2012 reportó que el agua contaminada no solo transmite enfermedades diarreicas sino que también es un importante contribuyente de enfermedades transmitidas a través del agua incluyendo la Hepatitis A y E, el cólera, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Las comunidades rurales son las más afectadas por carecer de suministros de agua potable seguros y de calidad debido a factores ambientales y socioeconómicos en torno a ellas (10).

El objetivo fundamental de la gestión y el saneamiento debe ser la protección integral de todas las personas, sin embargo en Australia, por ejemplo hay muchas poblaciones en riesgo de enfermedad por que no pueden acceder a suministros de agua potable, más de 1/3 de Tasmania no tienen un suministro de agua potable, y en las poblaciones centrales el agua es suministrada por las autoridades. Whelan y Willis en el 2007 realizaron un estudio en una zona rural de Tasmania cuyo objetivo fue identificar las barreras de la prestación y gestión del agua potable, haciendo entrevistas a representantes del gobierno, encontrando que para estos funcionarios la zona rural era un obstáculo para proporcionar el agua potable, los sistemas de distribución del agua eran inadecuados, y carecían de adecuada infraestructura y de recursos. El no tratamiento del agua es incapaz de garantizar la eliminación de los contaminantes microbiológicos perjudiciales para la salud causando la aparición a corto y largo plazo de condiciones como la diarrea, vómitos, náuseas y enfermedades gastrointestinales; este estudio da una visión de la responsabilidad de las autoridades de garantizar suministros de agua potable para toda la comunidad ya sea rural o urbana (9).

Rosa y Clasen en 2010, reportaron que 884 millones de personas en el mundo carecen de acceso a abastecimiento de agua, por lo que la obtienen para consumo de lagos, ríos, pozos y manantiales no protegidos y altamente contaminados, la mayoría de estas personas residen en zonas rurales, para estas personas que tiene acceso a cantidades suficientes de agua pero es de mala calidad microbiológica, una alternativa es tratar el agua en la vivienda, estos tratamientos reducen el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y de la recontaminación durante la recolección, el transporte y el uso de esta. La evidencia muestra que el tratamiento del agua en el hogar es eficaz en la mejora de la calidad microbiológica del agua potable y en la prevención de enfermedades diarreicas, cabe destacar que este tratamiento no mejora el acceso al suministro ni aumenta la cantidad de agua que se utiliza, dos factores que son necesarios para la óptima salud, higiene doméstica, beneficios económicos, entre otros (7).

Rosa y Clasen extrajeron los datos sobre las prácticas de tratamiento de agua doméstica de 67 encuestas nacionales e informes sobre estas prácticas, estas encuestas se llevan a cabo en más de 70 países y se repiten cada 5 años. Los países que participan son: África, con 22 países, América Latina y el Caribe, con 13 países, Mediterráneo Occidental, con 7 países, Europa Central y Oriental, con 14 países, Sudeste de Asia, con 6 países y del Pacífico Occidental, con 3 países. Los datos fueron extraídos de la encuesta comprendida entre el 2005-2009 obteniendo los siguientes datos: el 33,0% de los hogares tratan el agua para hacerla más segura para beber, 36,6% pertenecen a zonas urbanas y el 30,1 a zonas rurales, el método predominante del tratamiento del agua doméstica es la ebullición en un 21,0%, el uso del cloro se reporta en un 5,6%, la filtración 4,3%, la desinfección solar en un 0,2%. El uso del cloro es más frecuente en América Latina, mayoritariamente en las zonas rurales que en las urbanas y la filtración en el Sudeste de Asia. Los autores concluyen que un análisis más detallado de estos datos puede ayudar a orientar y mejorar la cobertura eficaz y sostenible de los métodos de tratamiento del agua en el hogar entre las poblaciones con mayor riesgo de enfermedades relacionadas con el agua (7).

Bain y colaboradores en 2012 realizaron un estudio con el objetivo de determinar la cantidad de datos sobre la calidad del suministro de agua que afectan las evaluaciones del progreso hacia el Objetivo del Desarrollo del Milenio de 2015 en el acceso al agua potable segura. Se tomaron los datos de 5 países para saber si las fuentes de agua potable habían cumplido con las directrices de calidad de la Organización Mundial de la Salud sobre la contaminación del agua con bacterias coliformes termotolerantes, se obtuvieron arsénico, flúor y nitratos, entre el 2004 y 2005. Estos datos son de gran utilidad para ajustar las estimaciones de la proporción de la población con acceso a agua potable segura en la referencia de los Objetivos del Desarrollo del Milenio en 1990 y en 2008. Los 5 países fueron Etiopía, Jordania, Nicaragua, Nigeria y Tayikistán. Las fuentes del agua de los 5 países eran inseguras debido a la contaminación microbiana. La evaluación de la calidad del agua aumentará la presión sobre los sistemas de vigilancia nacionales e internacionales (26).

La pobreza aumenta los índices de morbilidad por enfermedades transmitidas por el agua ya que se tiene poco acceso a servicios de salud. En Kenia la rápida urbanización ha conducido a una mayor proporción de personas que viven en la pobreza absoluta por la proliferación de asentamientos informales en las zonas urbanas, que no reciben servicios públicos, la falta de condiciones ambientales predisponen a sus habitantes a la mala salud (4). Un estudio realizado en Kenia en 2007, evidenció el grado de contaminación de las principales fuentes

domésticas, la mayoría de los miembros de la comunidad utilizan letrinas y al mismo tiempo pozos cercanos como fuente principal de agua para uso doméstico, este estudio transversal encuestó a 192 personas de un barrio pobre en Langas y tomando muestras de agua de los pozos. El 100% de las muestras dieron positivas para coliformes totales. Los habitantes no tenían la percepción de que la cercanía de los pozos a las letrinas fuera una posible fuente de contaminación. Esto evidencia que las políticas públicas deberían incluir un cambio conductual en las prácticas de higiene de las personas y un tratamiento del agua en el hogar (4).

Niguendo en 2010 diseñó un estudio con el objetivo de evaluar los riesgos de la salud por el uso del agua potable contaminada y su relación con la prevalencia de enfermedad diarreica en Yaoundé, Camerún; el estudio transversal incluyó 3034 hogares con niños menores de 5 años, este es un país con constante crecimiento poblacional, el acceso al agua a través de grifos es un lujo que sólo unos pocos habitantes pueden permitirse. Con el crecimiento de la población se requiere de una amplia red de abastecimiento de agua, y muchos habitantes de las ciudades recurren a diversas fuentes de agua de mala calidad. En Camerún, la diarrea es la enfermedad transmitida por el agua más frecuente entre los niños menores de cinco años, en Yaoundé, por ejemplo, la prevalencia de la diarrea es cada vez mayor. Un equipo realizó la recopilación de datos mediante observación, una encuesta elaborada y la evaluación de la calidad microbiológica del agua potable para determinar hasta que punto esta agua era segura para el consumo. El 80,2% de los habitantes de Yaoundé no tiene acceso al agua potable suministrada por el municipio, por esto la población recurre a aguas subterráneas como principal abastecimiento, seguido de pozos y manantiales que están contaminados con patógenos, la calidad de esta agua se ve afectada por las prácticas de recolección pues usan tuberías que rara vez se limpian, recipientes sin tapas para transportar el agua contaminándola con el aire libre, para el almacenamiento en el hogar si usan tapas haciendo que el crecimiento de patógenos sea menor. El estudio sugiere prestar atención a los métodos de tratamiento del agua mediante la sensibilización hogares sobre los comportamientos saludables en términos de la recolección y las condiciones de almacenamiento del agua, así como incluir pruebas microbiológicas de la calidad del agua (2).

En Lesotho, un país del sur de África en donde el 85% de la población vive en las zonas rurales; utilizan fuentes de agua potable tradicionales como depósitos abiertos, manantiales y pozos, que rara vez cumplen con estándares de calidad. La literatura apunta a que la población rural con acceso a suministro de agua potable es de un 62%, el 38% restante, depende de fuentes de agua tradicionales siendo más vulnerables a enfermedades. El estudio realizado en Lesotho por Gwimbi P en 2011 determinó que hay poca información acerca de la calidad de estas fuentes de agua, estas presentan riesgos que aumentan su vulnerabilidad a la contaminación como las heces de los ganados, animales dentro de las fuentes, lavado de ropa en las fuentes, letrinas cercanas a los pozos e incluso cementerios próximos. Al tomar muestras de estas fuentes se detectó presencia de coliformes lo que supone un riesgo potencial para la salud de las personas que consumen estas aguas (27).

En el Sur de Asia, por ejemplo, es común que el agua potable esté contaminada con organismos provenientes de las heces humanas tanto en el abastecimiento de las zonas urbanas como en las rurales, causando mortalidad infantil y episodios de diarrea en los menores de 5 años. El problema de la calidad del agua no se determina con la contaminación microbiológica. Las aguas subterráneas poco profundas en muchos sitios del sur de Asia están contaminadas con altos niveles de Arsénico, reduciendo la supervivencia de los niños, conduciendo

al deterioro cognitivo, enfermedades cardiovasculares y cáncer. La contaminación industrial debido a las expansiones de las grandes empresas hace que la contaminación también aumente, sin embargo para estas empresas el pago adicional para reducir la contaminación reduciría sus ganancias (12).

Existen factores que influyen en el consumo del agua. Un estudio transversal realizado en Shanghái en 2012 evaluó la influencia de los siguientes factores: género, edad, educación, ingreso anual, condiciones de la vivienda, percepción de riesgo del agua (color, olor, turbidez, sabor, gusano visible, entre otros) y creencias personales con respecto al tratamiento del agua, encontrando que los factores que influyen en la elección del agua doméstica son la edad, los ingresos, la educación, las condiciones de vivienda, el gusto, el gusano y las diferencias de creencias. Los encuestados con educación superior y buenos ingresos se inclinan a elegir alternativas de agua potable en lugar del agua del grifo. De 400 personas encuestadas el 58,25% bebían el agua del grifo luego de hervirla, el uso del agua filtrada fue de 16%, el consumo del agua embotellada fue del 25,75%. Las razones de estos factores influyentes



tienen sus raíces en la cultura tradicional china, la estructura social especial y etapa de desarrollo económico. Todos los tipos de agua podrían inducir diarrea, la falta de comprensión de la higiene del agua influye directamente en el riesgo de producir o no enfermedad. Las políticas públicas deben proporcionar educación para la salud relacionados con el conocimiento y las medidas efectivas para el manejo de agua potable (10).

Bellido y colaboradores en 2010, en su estudio hecho en Brasil con el objetivo de determinar y evaluar las asociaciones entre las variables que reflejan las condiciones del agua y el saneamiento ambiental y la mortalidad en niños menores de 5 años por un grupo de enfermedades de transmisión hídrica reportaron que el riesgo de mortalidad infantil no solo se atribuye al saneamiento inapropiado, también encontraron una relación inversa entre el nivel de escolaridad y la mortalidad de los menores, asociando principalmente los estudios secundarios con la reducción de estas tasas, los bajos niveles de educación se asocian a condiciones económicas humildes, pero no indican que corran mayor riesgo de enfermarse sino que están expuestas a mayores riesgos (1).

Las zonas costeras también se ven afectadas por la contaminación del agua, por problemas sociales y ambientales que han surgido en todo el mundo debido al rápido desarrollo urbano, industrial, puerto comercial, agricultura, acuicultura, pesca y actividades turísticas. Estas actividades necesitan esfuerzos para conservar y recuperar la productividad de los recursos y la calidad del agua, así como para mejorar la salud de las comunidades costeras. Pereira y colaboradores en 2010 realizaron un estudio en Bragança, un municipio brasileño del Estado de Pará, con el objetivo de caracterizar la calidad del agua y los efectos de las prácticas de urbanización. Los investigadores reportaron que los estuarios son más contaminados durante las épocas de lluvia, aumentando los contaminantes orgánicos e inorgánicos que afectan la calidad del medio ambiente y la salud de las personas, no existe un manejo adecuado de las aguas residuales en el área estudiada. Los autores concluyen que es necesaria una participación activa de las autoridades gubernamentales que mejoren la construcción de un sistema de aguas residuales, un sistema de recolección de basuras ofreciendo una limpieza eficiente; no solo el consumo de agua contaminada afecta la salud, el medio ambiente afecta también la calidad de vida de las personas (28).



Las áreas agropecuarias representan una gran parte del volumen total de los desechos generados por actividades lecheras y ganaderas. En Chile, 40% del agua de consumo corresponde al agua subterránea, donde los pozos profundos son la única fuente de agua para el consumo humano y animal en un 80% de la población rural. La calidad de esta agua puede variar durante las épocas de lluvias, aumentando su contaminación. La norma chilena de la calidad del agua establece que el agua destinada para el consumo humano debe estar exenta de *Escherichia coli*. La contaminación también se debe a la estructura del suelo, los flujos del agua y la sobrevivencia de las bacterias en la superficie del suelo. Valenzuela y colaboradores en el 2012 realizaron un estudio con el objetivo de estudiar la calidad microbiológica del agua de las tierras agrícolas para la producción ganadera en la provincia de Valdivia, Chile y su impacto potencial en la salud humana. Se recolectaron muestras de 5 puntos de muestreo para su análisis microbiológico, análisis físico-químico, determinación del fósforo total y del nitrato; estas fuentes de agua no tenían ningún tratamiento. Los resultados arrojaron una contaminación que sobrepasa la norma chilena sobre la calidad del agua para el consumo humano, tanto la concentración de coliformes totales como de *E.coli*, presentó un exceso en los

nitratos, los cuales reaccionan con los microorganismos del estómago y forman nitrosamidas y nitrosaminas compuestos potencialmente cancerígenos. Estos resultados demuestran que el agua de Valdivia no es apta para el consumo y que se necesita una regulación del impacto ambiental, de las actividades agrícola-ganadera y que estas aguas deben ser monitoreadas constantemente para que cumplan con los parámetros mínimos de calidad (29) (30).

La contaminación del agua puede ocurrir en diferentes etapas desde que se recolecta el agua en la fuente de suministro hasta que es consumida. Un estudio de campo realizado en Bolivia en 2010 detectó que la contaminación fecal fue baja en la fuente de agua pero se fue deteriorando cada vez más durante el almacenamiento y el tratamiento en los hogares. Aunque el tratamiento en los hogares es eficaz como lo demuestra el estudio de Rosa y colaboradores en 2010, la calidad con frecuencia empeora cuando se usan vasos para consumir el agua o durante el almacenamiento y el transporte en tanques abiertos o con una limpieza inadecuada, produciendo una recontaminación antes de beber el agua. Una posible explicación para que esto suceda es la presencia de biofilms en las superficies internas de estos recipientes. El estudio en Bolivia determinó que esta recontaminación ocurría en un 35 % de 81 hogares que fueron objeto de estudio (7) (25).



Colombia es un país que también posee deficiencias en el acceso al agua potable, algunas poblaciones principalmente las indígenas recurren a fuentes de abastecimiento hechas por la naturaleza como los pozos que se llenan de agua de lluvia en las comunidades indígenas wayuu en la Guajira llamados jagüeyes en su lengua nativa. Un estudio realizado por Doria y colaboradores en 2008 tuvo el objetivo de caracterizar la calidad de agua de estos con base en la normativa colombiana, para el caso de agua para el consumo humano e identificar las fuentes de contaminación. El estudio se realizó en el municipio de Barrancas al sur de la Guajira, se tomaron muestras de agua de 14 jagüeyes teniendo en cuenta la época de invierno se analizaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos. El agua de los jagüeyes se encuentra embalsada y se considera aguas superficiales. Los resultados de los análisis arrojaron que la turbidez esta aumentada indicando que el agua no es apta para el consumo humano, los compuestos de nitrógeno están considerablemente aumentados mostrando una contaminación por materia fecal tanto de animales domésticos como de humanos, la concentración

de amonios indican la existencia de putrefacción del agua debido a la descomposición bacteriana, la dureza del agua influye en el sabor de la misma y está relacionada con enfermedades cardiovasculares y enfermedades isquémicas, el agua de los jagüeyes contiene sustancias que permiten el desarrollo de diferentes microorganismos, el grupo de coliformes totales y fecales se encuentran considerablemente aumentados. Estas aguas son utilizadas por los habitantes de la comunidad para actividades de aseo y a las orillas del sistema, la entrada de animales, las deposiciones de excretas tanto de humanos como de animales, y las actividades de lavado de utensilios del hogar y la ropa influyen en la distribución de materia orgánica dentro del pozo (30).

La mejora de la calidad del agua potable es difícil y para lograrlo se necesita identificar cuáles son las intervenciones en materia de calidad de agua para mejorar la salud y cómo se pueden implementar a gran escala. La promoción de agua potable en comunidades rurales de los países en desarrollo debe ir encaminada a la disminución de los altos niveles de morbilidad y mortalidad relacionadas con ella (12)(27).



La gestión del agua potable, su suministro y su soberanía debe ser objetivo de la salud pública internacional. Estudios como el realizado en Australia en 2007 y en Lesotho en 2011 demuestran que no hay estrategias de protección para las fuentes de agua ni políticas públicas para las comunidades rurales donde el tratamiento del agua no está disponible, no hay conciencia pública con respecto a la protección de los recursos hídricos, así como de controlar la calidad y los efectos de esta sobre la salud (9)(27).

Una vez presentado este panorama general sobre la relación de la calidad del agua con la salud general, se procederá a describir las principales intervenciones colectivas con métodos físicos, químicos y educativos encaminadas a la mejora de la calidad del agua.

INTERVENCIONES COLECTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Intervenciones Físicas y Químicas. El agua apta para el consumo humano evita las enfermedades, sobretodo en niños de los países en desarrollo, por los patógenos que en ella se encuentran, virus, bacterias y protozoos. El consumo de agua contaminada contribuye a enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, paratifoidea, hepatitis, poliomielitis y gastroenteritis. Las poblaciones de bajo ingreso están en riesgo de enfermedades debido a la falta de disponibilidad del agua potable y saneamiento (31)(32).

Las intervenciones para mantener la calidad microbiológica del agua en los hogares son una alternativa prometedora para aquellos que no tienen acceso a una fuente confiable y segura del agua potable. El tratamiento del agua potable doméstica en zonas rurales y urbanas ha demostrado ser más efectivas y altamente rentables en la reducción de la diarrea, en comparación con los tratamientos convencionales en la fuente o puntos de distribución (31)(32).

Incluso el agua en los puntos de distribución es segura pero con frecuencia se contamina durante la recolección, el transporte y el almacenamiento dentro de la casa debido a las condiciones y prácticas de higiene deficiente. Estos tratamientos del agua en el hogar son más asequibles, sostenibles y ofrecen una mejora en la capacidad del servicio (32)(33).

Entre las intervenciones de los tratamientos de agua doméstica se encuentran los filtros, los cuales han demostrado ser protectores contra la enfermedad diarreica. Clasen y colaboradores, y Boisson y colaboradores en 2009 y 2010 respectivamente, evaluaron la eficacia microbiológica, la velocidad del flujo y la longevidad de una nueva unidad de tratamiento "LifeStrawFamily®" (31)(32).

LifeStrawFamily® es un dispositivo integrado por filtros de gravedad por ultrafiltración que emplea fibras huecas para eliminar patógenos transmitidos en el agua, contiene una tableta de cloro que previene la formación de biopelículas, fue diseñado para funcionar sin electricidad y sin un suministro de agua corriente, pensando en las poblaciones de bajos recursos más vulnerables y también para tratar el agua de calidad microbiológica desconocida (31)(32).

Clasen y colaboradores realizaron su estimación de la unidad del tratamiento a través de pruebas en el laboratorio, evaluando los siguientes parámetros: pH y el nivel de carbono orgánico para rectificar la tasa de flujo y longevidad del dispositivo. Se evaluó el componente microbiológico simulando la gama de patógenos transmitidos por el agua sin tratar, representados por la bacteria *Escherichiacoli*, el grupo viral fue representado por colifagos MS2 y el grupo protozoario fue representado por *Cryptosporidiumparvum*. Se realizaron las pruebas en tres unidades LifeStrawFamily® y los resultados mostraron disminución de los indicadores microbianos en la calidad del agua. Sin embargo este estudio presento varias limitaciones ya que se realizó en condiciones controladas en el laboratorio, no en el campo y no como las unidades pueden ser utilizadas por las cabezas de familia. Adicionalmente, los investigadores observaron que la unidad de tratamiento no tiene desinfección residual lo que hace que el agua tratada sea más susceptible a recontaminación (31).

Boisson y colaboradores en 2010 realizaron un ensayo aleatorizado controlado con placebo en la República Democrática del Congo, con un tamaño de muestra de 240 hogares, 120

recibieron el filtro LifeStrawFamily® y 120 el placebo que tenía la misma apariencia, configuración y componentes externos que el filtro excepto por la tableta de cloro, las membranas de filtración fueron reemplazadas para reducir la retención de los microbios que se adhieren a los sólidos en suspensión. El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño en el campo, el uso y la eficacia del dispositivo de filtración en la prevención de la diarrea, los hogares fueron seguidos mensualmente durante 12 meses. Los filtros lograron una reducción de los niveles de coliformes termotolerantes y por ende una disminución en la prevalencia de diarrea. Los investigadores concluyeron que el filtro LifeStrawFamily® es eficaz en la eliminación de las bacterias fecales del agua siendo protectores contra la diarrea (32).

Otro estudio realizado por Clasen y colaboradores en 2006, evaluaron en el laboratorio el comportamiento microbiológico de una unidad de filtración, el sistema Pureit®, el cual combina filtración con desinfección. Evaluaron los mismos parámetros que con el filtro LifeStrawFamily® en tres sistemas de filtro, las muestras no fueron simuladas en el laboratorio, fueron recogidas en zonas urbanas, rurales y subrurales de altos y bajos ingresos. El estudio concluyó afirmando que el sistema funciona en la eliminación o desactivación de una serie de indicadores microbianos, reduciendo la cantidad de colifagos, de E.coli y protozoarios; enfatiza que con el tratamiento del agua no solo se mejora la calidad del agua sino también la salud humana (33).

Otro método físico por el cual se pueden realizar el tratamiento del agua doméstica es la ebullición, siendo el más común. Se estima que el 21.6% de la población de países de medianos y bajos ingresos hierven el agua en el hogar antes de beberla, cuatro veces más de los que usan la cloración y la filtración para tratar el agua. Sin embargo luego de hervir el agua esta se vuelve vulnerable a la recontaminación si no se tiene un almacenamiento seguro (34).

Rosa y colaboradores en 2010 realizaron un estudio en Guatemala, país donde el 43% de la población reporta hervir el agua, en un pueblo remoto al norte, donde el 91% del municipio se clasifica como pobre y el 41% de esta población se considera en extrema pobreza. El 90% de la población del municipio son indígenas mayas. El estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la inactivación microbiológica del agua hervida y las características de ciertas prácticas relacionadas con la ebullición. Tuvo una duración de 5 semanas en el que se seleccionaron 45 hogares con 289 personas, los investigadores recogieron información por medio de encuestas, los resultados fueron los siguientes: el 91% de los hogares eran casas de cemento con aproximadamente 4.2 habitaciones por casa; con respecto a las instalaciones sanitarias, el 20% de los hogares tenían letrinas y el 80% restante inodoros conectados al alcantarillado; 44.4% de los hogares obtenían el agua a través de grifos dentro del hogar (agua sin tratar) y el 53.3% de grifos al aire libre; el almacenamiento del agua luego de hervida es principalmente en ollas de aluminio en un 77.85% y el 97.8% usa tapa para cubrirla; dos tercios de la muestra introducen una taza o un vaso para sacar el agua y el otro tercio vierte el agua en un recipiente. Con respecto a las prácticas de higiene se realizó una campaña de promoción que se evaluó a los 6 meses teniendo los siguientes resultados: el 95,6% de la población se lavaba las manos luego de la defecación, antes de preparar la comida el 100% de los hogares se lavaban las manos. Todos los hogares que reportaron hervir el agua informaron que la motivación para hacerlo era por la madre del hogar 35,6%, gobierno o la radio un 28,9% y el 17,8% un amigo o vecino. El combustible más utilizado es la madera en un 98% de los casos. El proceso de la ebullición era llevado a cabo en un 66,7% por la jefa del hogar. El agua era hervida 2 veces diarias en cada hogar (34).

El concepto de hervir era reportado como hervir la superficie del agua por más de la mitad de los hogares, el 22,2% informaron que hervir era la formación de las burbujas en la base de la olla o cuando el vapor empieza a elevarse y un 24.4% definió ebullición como un pequeño calentamiento. Los hogares reportaron que dejaban la olla todo el día en la estufa en un 50%, el 24% 3,6 horas aproximadamente. Con respecto a la calidad microbiológica, el 71,4% de las muestras del agua hervida estaban libres de Coliformes totales termotolerantes. Los investigadores concluyeron que la ebullición mejora la calidad microbiológica pero no elimina totalmente el riesgo de patógenos, sin embargo la recontaminación es un problema común ya que no deja un residuo de desinfectante y no se cuenta con recipientes adecuados para el almacenamiento (34).

Otros estudios reportan la desinfección solar del agua como una estrategia para reducir la carga de la diarrea mediante la mejora de la calidad microbiológica, es uno de los métodos más sencillos y baratos. El método se basa en botellas plásticas traslucidas y desechables de 1,2 litros en el que el agua se purifica debido a los efectos de la radiación y la calefacción que inactivan a los patógenos reduciendo el contenido bacteriano del agua. La radiación solar se ha usado para purificar el agua durante siglos en la India desde el año 2.000 a.C., el



agua se filtraba a través de carbón vegetal y luego era expuesta al sol. En 1987 Downes y Blunt establecieron el efecto bactericida de la luz solar; otros estudios expusieron el efecto bactericida sobre la E.coli debido a la luz ultravioleta de onda larga de la luz solar, las botellas de plásticos transparentes permiten el paso de la luz y la delgadez favorecen una mayor absorción de la luz (35)(36)(37).

Conroy y colaboradores en 1996 realizaron un estudio controlado para evaluar la desinfección solar sobre la enfermedad diarreica en niños de Maasai de 5 a 16 años en la provincia Kajiado en Kenia. El tamaño de la muestra fue de 206 niños en total, a los cuales se les asignó un método de desinfección, grupo solar (108 niños) exposición a la luz solar y el grupo control (98 niños) ninguna exposición. Los niños recibieron 2 botellas de plástico de 1,5 litros para el tratamiento del agua, los niños control debían mantener su botella dentro de la casa mientras los grupo del tratamiento solar debían mantener la botella en el techo del hogar

durante todo el día a pleno sol, el agua provenía de tres fuentes principales, dos pozos de agua abiertos y un tanque alimentado desde una fuente corriente, todas las fuentes fueron positivas para las pruebas de bacterias coliforme fecales. En el grupo del tratamiento solar se presentaron 439 episodios de diarrea a partir de la segunda semana de las 12 semanas que duro el ensayo, en el grupo control los episodios de diarrea de los niños fue de 444. Los investigadores concluyeron que el control de la contaminación del agua en zonas como Maa-sai es difícil porque sus fuentes no se adaptan a la cloración o a otras formas de tratamiento químico, debido a que el agua es turbia la filtración es difícil y por ende requerirá recursos que la población no posee. El combustible para el tratamiento con ebullición es escaso, y la desinfección solar ofrece economía, asequibilidad, es de fácil uso y reduce la diarrea en niños de 5 a 16 años (36).

Rose y colaboradores en 2006 realizaron un estudio en el sur de la India con el objetivo de evaluar la eficacia y aceptabilidad de la radiación solar en la prevención de la morbilidad por enfermedad diarreica en niños menores de 5 años que viven en un barrio urbano en Vellore, Tamil Nadu. Una población que presenta deficiencias en su saneamiento, no tienen acueducto en muchos de los casos, por otra parte hay un desagüe corriendo delante de las



casas donde se eliminan los desechos domésticos sólidos y líquidos, así como la defecación de niños pequeños; el abastecimiento del agua es por medio de un pozo que proporciona suministro de agua las 24 horas y grifos municipales que suministran agua de 1 a 2 horas alternando los días, la escasez de agua potable es inevitable. El diseño del estudio controlado aleatorizado con un tamaño de muestra de 200 niños, 100 niños grupo control y 100 niños grupo tratamiento, el estudio tuvo un período de seguimiento de 6 meses. Para el estudio se les enseñó el método de desinfección solar y se les entregó botellas de plástico al grupo de intervención, el grupo control no recibió botellas de plástico, también recibieron educación sobre las causas y complicaciones de la diarrea, la rehidratación oral en casa y métodos para la prevención de la diarrea.

Durante el estudio los investigadores realizaron seguimientos verificando el cumplimiento de los métodos de desinfección y la incidencia de diarrea. Se realizaron análisis

microbiológicos del agua tratada con desinfección solar de 10 muestras de agua y todas presentaron por lo menos 1 contaminante fecal, 53 niños del grupo de intervención y 75 controles presentaron episodios de diarrea durante los meses de seguimiento. El riesgo de contraer diarrea de cualquier gravedad se redujo en casi un 40 % por el consumo de agua desinfectada con luz solar, el riesgo de contraer diarrea grave se redujo en un 50%. Las madres manifestaron que el método era fácil para desinfectar el agua, se consideró económico y estuvieron de acuerdo en que el sol tenía el poder de matar microorganismos (38).

En Bolivia, Christen y colaboradores en 2011 investigaron los comportamientos asociados con la adopción de la desinfección solar en los hogares, promoviendo este método de tratamiento de agua durante un ensayo aleatorio por grupos en zonas rurales de Bolivia. Un total de 216 hogares participaron en el estudio, la mayoría pertenecientes a los indígenas Quechua, las familias suelen vivir en pequeños edificios compuestos de tres pisos de tierra, donde varias personas duermen en la misma habitación; solo el 18% de los hogares tienen una letrina y la mayoría de los habitantes defecan en el entorno cercano; los manantiales sin protección son la principal fuente de agua para el consumo. Los objetivos de la campaña de promoción fueron crear la demanda de agua potable y establecer una aplicación sostenible de la desinfección con luz solar como método de desinfección para el agua potable en los hogares. La campaña presentaba la desinfección del agua por medio de la luz solar, saneamiento e higiene a través de interacciones participativas con eventos comunitarios, personales y visitas domiciliarias, estas actividades fueron evaluadas por los investigadores por un periodo de 42 semanas, se observó un 32% de cumplimiento en general de la desinfección del agua con luz solar. Los investigadores concluyeron que los hogares que tienen más mujeres, poseen una letrina, tienen hijos desnutridos, se encuentran cerca de una fuente de agua, son más propensos a adoptar el sistema de desinfección con luz solar durante una campaña de promoción intensiva, mientras que los hogares que no adoptaron el sistema de desinfección con luz solar tendían a ser más pobres, están más lejos de las fuentes de agua y su ambiente es menos higiénico (35).

Un estudio realizado en Perú por Halperin y colaboradores en 2011 tuvo como objetivo estimar la prevalencia actual del uso de la desinfección solar en el 2008 que fueron intervenidos en el 2001 para desinfección del agua con luz solar y describir la asociación entre los factores que motivan y los obstáculos actuales para usar la desinfección solar en 11 comunidades rurales cerca a Arequipa después de un terremoto, el 65% de la población informó que usaba la desinfección solar. El diseño del estudio incluyó reuniones y entrevistas informales para la fase cualitativa, mientras que para la fase cuantitativa implicó encuestas a los hogares, cuestionarios y observaciones. Las motivaciones para practicar la desinfección solar fueron las siguientes:

- Disponibilidad de botellas plásticas
- La creencia de que el sistema de desinfección con luz solar reduce la incidencia de enfermedades diarreicas
- La creencia de que la desinfección con luz solar es más económica que la ebullición porque esta requiere combustible
- La creencia de que el agua desinfectada con luz solar sabe mejor que el agua hervida

- Los impedimentos para no practicar la desinfección solar reportados por las comunidades fueron:
- Creencia de que el agua tratada con desinfección solar provoca dolores de estómago
- Creencia de que la desinfección con luz solar necesita mucho tiempo
- Falta de información acerca de la desinfección solar
- Falta de interés en el uso de la desinfección solar
- Creencia de que el agua corriente era potable

Con respecto a las encuestas y cuestionarios aplicados, las comunidades reportaron: 42% reportó el uso de la desinfección solar, 27% respondió que la desinfección solar causa disminución de los casos de diarrea, 28% dijo que el método es más económico, 28% mejora el sabor y el 10% dijo que es fácil de utilizar. Los investigadores concluyeron que la prevención de las enfermedades transmitidas por el agua exige una evaluación clara de si el sistema de desinfección con luz solar es eficaz y sostenible a corto plazo (37).

En algunas zonas de España se han cubierto las necesidades de abastecimiento del agua, utilizando las aguas superficiales y subterráneas, sin embargo estas fuentes no son suficientes y se ha optado por otras alternativas como la desalación de aguas salobres o del mar, ayudando de esta manera a subsanar este problema, principalmente en las zonas costeras el uso de estas aguas se circunscribe básicamente al abastecimiento humano, aunque también se ha usado en la actividad agrícola (39).

La OMS sugiere que las mejoras simples en el agua potable en el punto de uso incluyendo el cloro pueden dar lugar a una reducción en los episodios de diarrea entre un 25% y un 40%. Desde finales del siglo XIX, el cloro ha sido ampliamente reconocido como un sistema eficaz, desinfectante, práctico y asequible. La cloración en el punto de uso juega un papel importante en el suministro del agua potable en las zonas rurales que carecen de sistemas de distribución por tuberías. La mayoría de las intervenciones son relativamente cortas, mientras que el uso del cloro debe ser indefinido y coherente con el fin de ser eficaz. La desinfección en el punto de uso con cloro puede ser posible por el hipoclorito de sodio o de calcio (40)(41)(42).

La cloración es eficaz contra la mayoría de bacterias y patógenos virales cuando se añade al agua en contenedores herméticos; este método se combina con el almacenamiento en contenedores seguros, la educación y campañas de motivación. La solución de hipoclorito de sodio se envasa en una botella, se añade una tapa de la botella en un recipiente que contenga 20 litros de agua, agitar y esperar 30 minutos antes de consumirla, la dosis es calculada para inactivar los patógenos que causan enfermedad diarreica y proporciona protección residual para una posible recontaminación durante muchas horas o días. El olor y el sabor único del agua clorada se ha documentado en varios contextos, en Estados Unidos y en Canadá esta es una de las quejas de los consumidores, en el Reino Unido las personas prefieren la neutralidad, cualquier olor o sabor es percibido como no natural, alarmante o malo (41)(43).

Haití tiene los índices más bajos de acceso al agua potable y saneamiento en el hemisferio occidental, solo el 11% tiene un acceso a una instalación de saneamiento privada que con seguridad separa los residuos fecales del ambiente, el 50% de la población defeca al aire libre, el saneamiento deficiente contribuye a la contaminación de las fuentes de agua potable de los pozos y materiales no protegidos y las aguas superficiales. El 50% de los hogares rurales usan las fuentes de agua anteriormente mencionadas, sin embargo el 21% añade cloro o blanqueador para desinfectar el agua, el 3% hierve el agua y el 76% no aplica ningún tratamiento. Según la OMS la diarrea es la segunda causa de muerte de niños menores de 5 años de edad en Haití (43).

El programa de Servicio de Aguas Seguras fue desarrollado por el Centro de Control y prevención de enfermedades y la Organización Panamericana de la salud como un método para tratar el agua de una manera segura en el hogar. El Sistema de Agua Segura es una intervención de calidad del agua que emplea tecnologías simples, poco costosas y apropiadas para el mundo en desarrollo, la estrategia consiste en hacer segura el agua mediante la desinfección y el almacenamiento adecuados en el punto de utilización, el sistema consta de 3 componentes: tratamiento de agua seguras con solución de hipoclorito de sodio, almacenamiento seguro del agua potable en el hogar y mensajes de educación para el cambio en el comportamiento fomentando el agua potable en el hogar, el saneamiento y la higiene (43)(44).



En 2002 un programa de Servicios de Aguas Seguras estableció un programa en la comunidad de Jolivert en Haití, es una organización no gubernamental operada por técnicos haitianos desarrollando lo siguiente: fabricación de solución de cloro con control de calidad (GadyenDlo®); inscripción de las familias participantes, mediante la venta de contenedores seguros de almacenamiento con tapas y grifos; venta de GadyenDlo® a las familias participantes; se mantienen registros de ventas de cada familia participante, y se realizan visitas que regulan y vigilan la conducta y el uso de GadyenDlo® y también se proporciona educación. Todo lo anterior permite que el programa sea financieramente sostenible (43).

Harshfield y colaboradores en 2012 realizaron un estudio en el que evaluaron la constancia y el uso del programa de Aguas Seguras para las familias Jolivert a largo plazo en la reducción de las enfermedades diarreicas y respondiendo las siguientes preguntas: ¿los hogares no matriculados en el programa tienen significativamente mayor uso de cloro que los hogares de control no inscritos? ¿Ajustar por características de los hogares puede confundir la relación entre la inscripción en el programa y la enfermedad diarreica?; se realizaron encuestas a los hogares participantes del programa y controles, obteniendo los siguientes resultados, los encuestados recogían agua de 2 a 3 veces al día, con relación a los métodos utilizados reportaron hervir el agua, Aquatabs®, productos blanqueadores como el cloro y GadyenDlo®, la presencia de jabón y uso de almacenamiento seguro eran comportamientos preventivos. Se encontró una disminución en los episodios de diarrea entre los participantes y el grupo control. Este programa mostró ser preventivo en la enfermedad diarreica, los técnicos llevan a cabo las visitas domiciliarias, el personal que lo ejecuta son todos haitianos, el programa incluye los recipientes de almacenamiento seguro y el hipoclorito de sodio se produce localmente, el cloro que se vende a un margen de beneficio logra que el personal este bien pagado (43).

McLaughlin y colaboradores en 2009 realizaron un estudio observacional en la región de Borbón en la costa norte de Ecuador, un pueblo rural a unos 50 kilómetros de la frontera con Colombia, aproximadamente una población de 700 personas, que no cuenta con electricidad



constante ni un sistema de distribución de agua centralizado. El objetivo de este estudio observacional fue examinar la eficacia del cloro en un pueblo donde está disponible, pero no la de educación, comercialización o etapas adicionales (contenedores seguros o floculación química) y ha sido proporcionado recientemente. La mayoría de los habitantes del pueblo recogen agua de un arroyo local, algunas personas dependen de pozos profundos o agua de lluvia, se identificaron 30 casas que utilizan el cloro como tratamiento del agua, solo 10 casas dieron su consentimiento y una se retiró, los investigadores no influyen en las prácticas del uso del cloro, se tomaron muestras para el análisis del cloro residual y el análisis

microbiológico de E.coli, enterococos y concentración de colifagos somáticos. Los investigadores concluyeron que no se utilizaba el tratamiento con cloro todos los días, incluso los hogares que dijeron usarlo, a pesar de estar demostrado en el laboratorio la eficacia de la cloración, no hubo una reducción significativa de los organismos indicadores de contaminación en los hogares con el cloro residual. Esto sugiere que la cloración en el punto de uso como se aplica en la región de Borbón es ineficaz y por ende no hay control de las enfermedades transmitidas por el agua, comprobando que es necesario el refuerzo de las poblaciones sobre el adecuado uso de la cloración (40).

Una revisión sistemática con meta-análisis fue realizada por Arnold y Colford en 2007, con una búsqueda inicial de 17.058 publicaciones, solo 22 cumplieron los criterios de inclusión; se encontró que el tratamiento del agua con cloro en el punto de uso reduce la diarrea en niños en 9 estudios y que el efecto fue estadísticamente significativo con una reducción del 29% de la diarrea infantil (41).



Las creencias sociales y culturales, así como las normas influyen en la adherencia a las recomendaciones de salud pública para el agua potable, y las experiencias sensoriales pueden influir en las percepciones de la gente acerca de la salud. Los determinantes sociales de la salud o las condiciones sociales y económicas subyacentes forma la salud de las personas proporcionando un marco conceptual útil para enfocar lo histórico, lo político y factores socio-económicos que pueden llevar a las inequidades en salud relacionadas con el agua (42).

Nagata y colaboradores en 2011 realizaron un estudio en Guatemala con el objetivo de explorar los factores sociales determinantes de las creencias y prácticas con respecto al agua potable de la población maya tz'utujil que habita en Santiago de Atitlán, mediante el análisis de la información demográfica, la situación socioeconómica, la memoria de los hechos históricos, la experiencia sensorial y las actitudes con respecto al agua. El 98.16% de la población pertenece a los indígenas maya tz'utujil, el 59% de las personas vive en cantones urbanos, 11% en zonas rurales, el 90% de la población obtiene el agua del grifo público o en el hogar, el 7% obtiene el agua directamente del lago y el 3% de otras corrientes o pozos. Los maya tz'utujil han pasado por guerras y desastres naturales (1960-1990),

durante el imperio Español, organizaciones internacionales, el capitalismo, el terrorismo de Estado así como la guerra civil guatemalteco cobró la vida de 50.000 a 100.000 mayas y en Santiago de Atitlán más de 50 muertes violentas, en 1990 los miembros del ejército atacaron a 2000 maya tz'ujutil causando la muerte de 14 y dejando 21 heridos; contemporáneo a esto la epidemia del cólera, el huracán Stan en 2005 dejó 650 guatemaltecos muertos. Los tratamientos del agua empezaron en respuesta a la epidemia del cólera desarrollando un sistema público municipal del agua, en 1991 UNICEF le donó al municipio bombas de agua y aproximadamente 3.500 grifos domésticos y en 1993 gracias a las asesorías de organizaciones internacionales se empezó a añadir cloro al abastecimiento del agua como una medida de salud pública. El estudio se dividió en 2 datos cuantitativos y cualitativos, los datos cualitativos incluyó 201 entrevistas con una tasa de respuesta del 97,10%. Para los habitantes la memoria de los hechos históricos es un determinante político significativo, las personas desconfiaban del abastecimiento del agua durante la guerra civil creían que había sido contaminada o envenenada por el ejército, 80 de los entrevistados desconfiaban y 40



cambiaron sus prácticas relacionadas con el agua durante este periodo. Durante el huracán Stan 127 personas cambiaron sus prácticas, consumían agua embotellada en lugar del grifo, por los deslizamientos los lagos se contaminaron con personas y animales muertos. Cuando se les preguntó acerca del tratamiento con el cloro 103 personas preferían este método por su capacidad de matar bacterias y gérmenes, al tener la capacidad de limpiar, previene enfermedades como la diarrea; por otro lado 97 personas preferían el agua no clorada por su mal sabor u olor, reportaban que podría causar enfermedad, su creencia era bastante fuerte; con respecto al estado socio-económico se encontró que la edad media de los entrevistados era 44,20 años y la mayoría eran mujeres, los años de escolaridad en promedio era de 2,28 años, las 2/3 partes de los entrevistados eran analfabetas. Los investigadores concluyeron que los factores sociales, culturales y políticos pueden conducir a las inequidades en salud, la educación es un determinante importante en las prácticas del agua, los que tenían mayor nivel de escolaridad tenían más probabilidades de tratar el agua que los que no tenían estas características. Los datos cualitativos que sugieren la desconfianza durante la guerra civil se debe a los recuerdos de política e historia, experiencias sensoriales que incluyen imágenes

gráficas de la violencia y el mal o extraño olor del agua. El 48,3% prefieren el agua del grifo sin cloro por lo anteriormente expuesto (42).

El cloro no es la única de las estrategias de tratamiento químico del agua doméstica para proteger la salud de las personas que carecen del acceso al agua potable, otro tratamiento son las tabletas de Dicloroisocianurato de Sodio (NaDCC), que se usa como una alternativa al Hipoclorito de sodio, ambos liberan cloro libre en forma de ácido hipocloroso, un microbicida eficaz contra una amplia gama de bacterias, virus y parásitos. El hipoclorito de sodio libera el cloro de inmediato mientras que el Dicloroisocianurato de Sodio libera media concentración de cloro inicialmente dejando depósitos de cloro que puede ser ventajoso cuando el agua está sometida a altas cargas de materia orgánica común en los entornos pobres y remotos, estas tabletas son eficaces sin embargo no se han publicado datos sobre su impacto en la salud (45).

Jain y colaboradores en 2010 diseñaron un estudio triple ciego, controlado con placebo para evaluar el impacto en la salud de las tabletas de Dicloroisocianurato de Sodio para el tratamiento del agua potable en los hogares de la zona periurbana de Ghana; una población con brotes de cólera periódicos, en el estudio se incluyeron las familias que tenían niños menores de 5 años. El diseño incluyó visitas durante 12 semanas para verificar el uso de las tabletas y determinar las tasas de diarrea, los investigadores manejaron la siguiente hipótesis: el uso diario de tabletas de NaDCC mejoraría la calidad microbiológica del agua potable y reduciría las tasas de diarrea entre los hogares de estudio. Los hogares participantes fueron designados aleatoriamente en 2 grupos A y B, se proporcionaron las tabletas de NaDCC y el placebo en empaques iguales A y B. En el estudio participaron 240 familias con 3240 personas, el 51% eran mujeres, el 17% niños menores de 5 años, de los 240 hogares el 13% no había terminado la primaria, 62% tenían de educación primaria completa a nivel de educación superior el 4% no sabían ni leer, ni escribir. Las fuentes de agua potable utilizadas por los participantes eran: grifos de agua, aguas superficiales, pozos, agua de lluvia y perforaciones, se utilizaban más de una dependiendo la época del año; el almacenamiento del agua potable era en vasijas de arcilla principalmente. 186 familias (78%) reportaron tratamiento para el agua potable, la filtración en un 29% y alumbre en un 23%, la eliminación de desechos era en letrinas públicas (84%) y defecación al aire libre (42%). Las tasas de diarrea fueron bajas 2,2% en la intervención y 2,0% en el grupo control. Con relación a la calidad microbiológica en grupo de la intervención tuvo un 96% de presencia de E.coli y el grupo control de 86%, el agua potable almacenada tuvo presencia del 21% de E.coli en el grupo intervención y del 92% del control, esto al principio del estudio; al final del estudio en el grupo de intervención la presencia era de 8% y en el control 54%. 238 de los encuestados consideraron que el efecto de la tableta incluía mejoras en la salud (63%), prevención de enfermedades (45%), hace más seguro el agua (43%), más fácil de utilizar (21%), mejor sabor del agua (16%), mal olor (2%), mal gusto (1%). Los encuestados reportaron que el recipiente hace más segura el agua potable, mejora la salud e impide enfermedades. Los investigadores concluyeron que las tabletas de NaDCC mejoran la calidad el agua pero no tuvieron impacto en la enfermedad diarreica en la población estudiada. La mejora en los tanques de almacenamiento sirve como intervención independiente de la calidad de agua contribuyo a la disminución de las tasas de diarrea tanto en el grupo control como en el de intervención (45).

Los tratamientos químicos del agua pueden influir significativamente en los sistemas de distribución del agua como la contaminación por metales en los tubos. La corrosividad del

agua puede ser muy sensible a pequeños cambios en el pH, la temperatura, el potencial de oxidación y las concentraciones de sustancias químicas. Los subproductos de los procesos de desinfección afectan la salud como el Trihalometano, un subproducto del cloro que es reconocido por ser cancerígeno, neurotóxico y teratógeno; por esto en Estados Unidos se ha cambiado el cloro por cloraminas en las instalaciones de tratamiento de agua municipales, pero estas últimas alteran la química del agua aumentando la cantidad de plomo disuelto en el agua. Un estudio realizado por Miranda y colaboradores en 2007 construyó un sistema de información geográfica unificada en el que relacionan el plomo en la sangre con datos como la edad de la vivienda, la fuente de agua potable, y los datos del censo de registros 7270 registros. Los datos analizados indicaron que el cambio de la desinfección con cloraminas puede dar lugar a un aumento en los niveles de plomo en la sangre, en las viviendas antiguas y se va mitigando el impacto en viviendas nuevas (46).

Existe evidencia epidemiológica de los efectos adversos para la salud asociados con los sub-productos de desinfección en el agua potable. Estos sub-productos se forman cuando se desinfectan el agua, la materia orgánica, el bromuro y el yoduro del agua reaccionan con el cloro, el dióxido de cloro, las cloraminas y/o el ozono. Su constitución y ocurrencia depende de factores como el tipo de desinfectante, la dosis del tipo de tratamiento, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto con el desinfectante, la fuente de agua, la cantidad y el carácter de la materia orgánica, los niveles de bromuro y yoduro. Hasta 600 sub-productos de la desinfección se han identificado y estos difieren en sus propiedades físico-químicas (47).

Los trihalometanos (THM) son el grupo predominante de los sub-productos de la desinfección, son los más volátiles y los individuos no solo están expuestos a la ingestión, sino también a la inhalación y la absorción dérmica durante las actividades de higiene. La absorción de sub-productos a través de ducharse, bañarse y la natación se asoció con un mayor riesgo de cáncer en la vejiga en un reciente estudio español (46)(47).

El estudio realizado por Nieuwenhuijsen y colaboradores en 2009 resume la evidencia epidemiológica sobre efectos en la salud asociados con la exposición a los subproductos de desinfección, en particular para la reproducción y describió brevemente los principales mecanismos propuestos para la acción de estos compuestos. El riesgo de cáncer de vejiga difiere entre las zonas geográficas, los hombres tienen una relación dosis-respuesta entre el consumo de THM y el cáncer de la vejiga pero no hubo relación entre las mujeres. La reproducción también es afectada por estos sub-productos, las anomalías congénitas, muerte fetal, aborto espontáneo, bajo peso al nacer, prematuridad y la calidad del semen han sido el foco de investigación; un número de estudios han encontrado una asociación positiva entre los THM y los defectos en el tubo neural (47).

Con relación a los mecanismos de estos compuestos se han sugerido la genotoxicidad de los THM bromados y cancerígenos derivado de los compuestos clorados, los sub-productos de la desinfección yodados son los más genotóxicos; el estrés oxidativo se ve afectado durante el embarazo afectado por el tricloroetanol, el ácido tricloroacético y el ácido dicloroacético; la interrupción del metabolismo del ácido fólico es un mecanismo por lo cual estos sub-productos pueden causar cáncer ya que se interviene en el metabolismo del folato y el ácido fólico involucrados en la síntesis, reparación y funcionamiento del ADN y que se requiere para la producción y mantenimiento de las células, los niveles bajos de folato se asocian con varias formas de cáncer y anomalías congénitas; la interrupción de la síntesis

y/o secreción de la placenta causando efectos adversos en el embarazo incluido un retraso en el crecimiento y el descenso de los niveles de testosterona relacionado a los niveles de THM (47).

Intervenciones Educativas. Debido a la desigualdad en la distribución de las intervenciones, a menudo no llegan a todos los niños que corren mayor riesgo de muerte, aunque las intervenciones son económicas y eficaces para el tratamiento del agua doméstica, el lavado de manos con jabón ha demostrado reducir el riesgo de diarrea de un 30 al 40% aproximadamente. Sin embargo no se puede convencer a las personas de su uso sin su conocimiento, es necesario promover la enseñanza de esta práctica (15)(48).

Es necesario emplear medidas de intervención adecuadas que eviten o minimicen el deterioro de la calidad del agua. Las intervenciones educativas que promuevan comportamientos de buena higiene deben ir acompañadas de intervenciones físicas como recipientes de almacenamiento de agua o químicas como tratamientos desinfectantes para que sean eficaces en la disminución del riesgo de enfermedades diarreicas (49)(50).

Los programas de Sistemas de Aguas Seguras desarrollados por el Centro para el Control y Prevención de enfermedades (CDC), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Quick y colaboradores en 1999 realizaron un estudio en Bolivia con 127 hogares de 2 comunidades de la zona periurbana, en el cual se capacitaron a los habitantes sobre el uso adecuado del desinfectante del agua, el almacenamiento seguro con educación comunitaria. Los participantes reportaron altos porcentajes con la práctica del lavado de manos aunque no fue del 100% fue aumentando a medida que se realizaban las visitas, esta sencilla intervención disminuyó sustancialmente las tasas de diarrea durante la temporada de verano. La combinación de un tratamiento de bajo costo, el almacenamiento seguro del agua y la educación en higiene son fácilmente más adoptadas y aplicadas por la comunidad (49).

Parker y colaboradores en 2006 evaluaron la efectividad de un programa de Sistema de Aguas Seguras en la provincia de Nyanza, Kenia; describiendo la intervención de las enfermeras de la clínica HomaBay en la utilización de los sistemas del programa y las prácticas del lavado de manos adecuado. Este proyecto constaba de 6 componentes: formación de las enfermeras sobre los Sistemas de Agua Seguras y la técnica de lavado de manos, un seguimiento de las enfermeras para medir la retención del material educativo, educación del paciente por las enfermeras, entrevistas de salida de los pacientes después de la intervención, entrevistas de seguimiento en los hogares de los pacientes y entrevistas de seguimiento para medir la adopción de las recomendaciones un año después. Esta intervención arrojó datos positivos en el cambio de las personas sobre el agua potable, el almacenamiento y el lavado de manos, sin embargo hay escasez de enfermeras que realicen esta labor, por ende es importante la formación de otros trabajadores de la salud y que estos sean reconocidos por todos, en especial los países en desarrollo que confían más en el criterio de las enfermeras (51).

Trevett y Carter en 2006 realizan un estudio en el cual utilizan el índice de riesgo de una enfermedad, un valor semi-cuantitativo que identifican las comunidades que tienen más riesgo de consumir agua contaminada en este caso, el objetivo de este índice es proporcionar estrategias que reduzcan la incidencia de enfermedad diarreica, ofreciendo una planificación de estrategias diseñadas para mejorar el saneamiento, el agua y la higiene (50).

Trevett y Carter determinaron este índice por factores que influyen en el potencial de la carga patógena en el agua potable almacenada en los hogares que se aprecian en la tabla No. 7. Los Factores primarios son aquellos que pueden ser abordados por intervenciones físicas y químicas, de los factores secundarios, solo el factor socioeconómico se puede abordar en la intervención y en la práctica; el factor antropológico es el más importante para asegurar que las intervenciones sean adecuadas y sostenibles (50).

La OMS recomienda intervenciones físicas como contenedores de almacenamiento que reduzcan el riesgo de enfermedad y que minimicen el contacto de las personas con el agua y la desinfección con energía solar anteriormente descrita. Las medidas educativas se basan en el manejo higiénico del agua potable esencial para asegurar que no se produzca recontaminación durante la recolección, el transporte, el almacenamiento y su utilización (50).

TABLA 6. FACTORES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS. TOMADA DE TARGETING APPROPRIATE INTERVENTIONS TO MINIMIZE DETERIORATION OF DRINKING-WATER QUALITY IN DEVELOPING. TREVETT Y CARTER 2008 (51)

Definición de los factores primarios y secundarios en el marco conceptual utilizado para describir su interacción para afectar a la carga de patógenos en el agua potable almacenada en los hogares

Factor	Definición
Manipulación	Las prácticas que rodean la recolección, almacenamiento y servicios de agua potable
Higiene	Específicamente el lavado de manos
Medio Ambiente	Calidad sanitaria del hogar y el entorno comunitario
Patógeno	Naturaleza de los agentes patógenos, por ejemplo, persistencia, virulencia y la dosis infecciosa
Antropología	Los valores culturales y las normas de la comunidad (factores del estilo de vida)
Socioeconómicos	Los niveles de educación (especialmente higiene) y los ingresos

Existe poca información en la literatura que reporte los detalles del éxito o fracaso de las intervenciones educativas. Fomentar el lavado de manos es el más básico y valioso de las intervenciones en higiene; sin embargo se puede ver afectada por otros factores como el socioeconómico si el costo del jabón es una barrera para su uso; aunque una intervención diseñada para aumentar la frecuencia y mejorar la eficacia del lavado de manos conduciría una significativa mejora de la calidad del agua almacenada en el hogar (50).

Un estudio realizado por Copeland y colaboradores en 2009, reportó que las fuentes y las prácticas en el hogar determinan los niveles de contaminación y riesgo de diarrea de quienes la consumen, realizando un estudio para determinar las contribuciones relativas frente a la contaminación en el almacenamiento en el hogar en el Parque Universitario en la Fortaleza, Brasil. La muestra fue de 297 hogares con 491 niños, se tomaron muestras del agua del

hogar y observando las prácticas de higiene, encontraron que había una alta prevalencia de contaminación fecal en los hogares y vulnerabilidad a la infección por patógenos que causan diarrea (52).

En el estudio de Freeman y colaboradores en 2012 también reportó que el almacenamiento es un factor eficaz en la mejora de la calidad del agua y en la prevención de la diarrea. El estudio fue realizado en Andhra Pradesh en la India, un diseño de estudio de casos y controles evaluando el grado la promoción comercial de los filtros de agua en el hogar a través de instituciones micro financieras a miembros de los Grupos de Autoayuda de Mujeres para la mejora del acceso al agua potable. Las mujeres que adoptaron el sistema, más las entrevistas y la información tenían bajos niveles de contaminación fecal; mientras que las mujeres que no adoptaron el sistema de filtros, utilizaban otros métodos de tratamiento del agua y recibían información la contaminación fecal era mayor que en el grupo de intervención. Los investigadores concluyeron que la adopción de un método tecnológico en particular confiere beneficios en el tratamiento del agua sin embargo los datos que ellos recolectaron apuntan a que hay una necesidad de vigilancia para asegurar que la tecnología este cumpliendo con las necesidades de la población (53).

Davis y colaboradores en 2011 realizaron un estudio con el objetivo de determinar si la disposición de información, los mensajes de salud sobre el agua y la higiene conducen a mayores ganancias para cada uno de los resultados cualitativos. La muestra fue de 334 hogares de la ciudad de Dar es Salaam en Tanzania. Se realizaron encuestas, entrevistas y se entregaron folletos informativos en las visitas que hacían los investigadores a los hogares. Los investigadores encontraron que a medida que iban aumentando las visitas a los hogares se presentaban cambios en las prácticas de higiene por ejemplo en la primera visita las madres reportaron en promedio que el lavado de manos era de 3,5 a 3,9 veces al día, en la segunda visita se incrementó a 4,5 veces al día. A medida que avanzaba las visitas los habitantes tenían más información acerca de las prácticas de higiene y saneamiento, un factor importante para que se lleven a cabo estas intervenciones es la disposición de la población a adoptar una nueva práctica en salud que determina el éxito de la intervención (49)(54).

Un reto que tiene la promoción del tratamiento del agua doméstica, el almacenamiento seguro y la higiene es la adherencia correcta, coherente y sostenida, a veces referido como el cumplimiento de estas prácticas. Brown y Clasen en 2012 realizaron un estudio en el que buscaron estimar la magnitud de la adherencia sobre los impactos en salud a través de intervenciones del agua potable, se construyó un modelo de riesgos microbiológicos cuantitativos para predecir las ganancias en salud atribuibles a las intervenciones de calidad del agua basados en una serie de supuestos acerca de la calidad del agua antes del tratamiento, la eficacia en el tratamiento, la reducción de las bacterias, virus y parásitos protozoarios, la adhesión a las intervenciones de tratamiento, volumen de agua consumida por persona por día y otras variables. Los resultados obtenidos sugieren que cuando el agua antes del tratamiento tiene un riesgo de contaminación de moderado a alto, la adherencia es más importante que la efectividad del tratamiento; si el riesgo de contaminación del agua sin tratar es menor, el potencial de los beneficios para la salud del tratamiento del agua y la adherencia son reducidos. Para maximizar esta adherencia es necesario proporcionar soluciones de tratamiento de tratamiento en el hogar que la gente use casi exclusivamente, requiriendo no solo el cambio de comportamiento sino la intensificación de las intervenciones, las mejoras en los productos y tecnologías que reduzcan la probabilidad de que no halla adhesión, también es

importante desarrollar y mejorar las herramientas de monitoreo y asegurar que los estudios de campo informen adherencia (55).

Las intervenciones tendrán un impacto variable sobre los factores que afectan la calidad del agua en el hogar, algunas de las cuales pueden producir un resultado inmediato mientras que otras requerirán un tiempo mucho mayor para producir el efecto deseado, como las intervenciones encaminadas a lograr cambios en el comportamiento. Es importante diseñar las intervenciones apropiadas para reducir al mínimo la recontaminación del agua potable, dirigiéndolas principalmente a las poblaciones más vulnerables por falta de recursos (50).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El agua es un compuesto esencial para la vida humana, indispensable e insustituible, hace parte de todas las actividades de los seres humanos, sin embargo no es desconocido que se contamina con mucha facilidad porque sus características físico-químicas permiten el crecimiento de variedades de microorganismos, bacterias, virus y protozoos principalmente, microorganismos patógenos causantes de enfermedades debilitantes y mortales en las personas que consuman de esta agua (6)(12)(14)(19)(56).

Los estudios refieren que esta contaminación causa el 80% de enfermedades en los países en desarrollo, 4,0% muertes y representa el 5,7% de la carga total de morbilidad a nivel mundial por consumir agua de mala calidad, convirtiéndose en una carga económica para los países y un reto para las políticas en salud pública porque la calidad del agua debería ser garantizada para todas las personas incluyendo las zonas rurales y urbanas, en especial las zonas rurales que por su demografía le es más difícil tener acceso a esta (5)(9)(10)(19)(27)(19)(56).

Las zonas rurales de los países como por ejemplo Kenia, Bolivia, Ecuador, Lesotho, entre otros carecen de todo un sistema que les garantice el acceso a una fuente de agua segura para su abastecimiento constante, así como de un saneamiento básico (recolección de basuras, alcantarillado, manejo de aguas residuales, etc.) que favorezca un ambiente propicio para la realización de todas sus actividades (2)(4)(16)(25)(27).

Las zonas rurales en la mayor parte del mundo se identifican por tener ciertas características demográficas como los bajos ingresos, bajos años de escolaridad, las casas construidas de manera artesanal por sus habitantes, algunos viven en hacinamientos, las familias tienen entre 5 y 6 integrantes, adicionándole que no tiene soberanía sobre sus fuentes de agua, no disponen de servicio de agua permanente y las fuentes abastecimientos cercanas en ocasiones es contaminada por otras actividades como el pastoreo o actividades relacionadas con la higiene (9)(19)(21)(27).

Todos estos factores sumados con el estilo de vida de las personas, la cultura y las creencias determinan la manera como las personas se enferman y como realizan sus prácticas relacionadas con el manejo del agua, enfermarse para estas personas implica menos ingresos para la familia, una persona enferma no se desempeña igual que una persona que no lo está (9)(10)(27).

Las consecuencias de que no se tenga una adecuada disposición de las fuentes de agua cercanas a las comunidades no solo causa problemas personales, también cuestiona cual es el manejo que los Estados tienen sobre este y que están haciendo en materia de políticas en salud pública para garantizar la soberanía hídrica de las poblaciones, la enfermedad es un gasto, mientras más personas se enfermen más hospitales estarán llenos y más insumos se necesitarán, entonces las enfermedades transmitidas por el agua no solo afectan las economías familiares sino las economías de los países, ciudades o municipios (9)(12)(27)(57).

Varios autores destacan la importancia del acceso a fuentes de agua segura con las enfermedades entéricas, principalmente la diarrea causante de una alta mortalidad en niños menores de 5 años, esto debido a la contaminación del agua principalmente con materia fecal de animales como de humanos, entonces a la falta de soberanía del agua va ligada a las malas prácticas de higiene que viene de un problema más grande la falta de planeación de las ciudades y municipios, Whelan y Willis en su estudio entrevistan a funcionarios públicos en una zona rural de Tasmania que afirman que la zona rural es un obstáculo para cumplir requisitos reglamentarios y proporcionar agua potable a las comunidades, pero no hay políticas públicas encaminadas a mejorar el acceso de esas poblaciones (9)(56)(57)(59)(61).

La literatura enfatiza la necesidad de intervenciones con la comunidad en el hogar donde estudios reportan que ocurre más recontaminación, promoviendo en ellos el sentido de pertenencia hacia sus recursos, que se apropien de sus fuentes de agua para que las cuiden, sean seguras y las puedan usar sin riesgo a enfermarse. Las intervenciones físicas como la ebullición ha reportado ser eficaz en la mejora de la calidad del agua y es reportada como el método más predominante en según un estudio por Rosa y Clasen en el que realizaron encuestas en 70 países en todo los continentes el 21,0% reportaba hervir el agua para hacerla más segura. La filtración es un método físico económico y eficaz que se basa en el uso de sistemas de filtrado que mejora la calidad microbiológica del agua mediante gravedad y en algunos casos se le adicionan pastillas de cloro que previenen la formación de biopelículas en los filtros, que, estos han demostrado ser protectores contra las enfermedades diarrea (7) (31)(32)(33)(34)(57).

La desinfección solar es un método físico muy antiguo que aprovecha la radiación producida por las ondas de luz ultravioleta del sol causando un efecto bactericida sobre el agua cuando esta es expuesta al sol en una botella plástica transparente de 4 a 6 horas, estudios reportan que reduce los episodios de diarrea en niños menores de 5 años, este es un método que no implica tantos gastos para los hogares, solo es necesario la botella plástica y puede ser muy aprovechado en zonas cálidas, incluso puede llegar a ser más económico que la ebullición puesto que esta necesita combustible para realizarse (34)(35)(36)(37)(38).

Las intervenciones con métodos químicos principalmente el uso del cloro es usado en un 5,6% de países según el estudio realizado por Rosa y Clasen mencionado anteriormente y que su uso es más frecuente en los países de América Latina. El hipoclorito de sodio inactiva las bacterias patógenas que causan enfermedad diarreica y tiene la característica de una protección residual para una posible recontaminación, característica muy observada en los estudios durante la recolección, el transporte y el almacenamiento en el hogar. Estudios como el Arnold y Colford en el 2007 y el de Harshfield y colaboradores en 2012 demuestran que el cloro es eficaz disminuyendo los episodios de diarrea, sin embargo este método puede llegar a ser ineficaz como lo reportó un estudio realizado en Ecuador en 2009 en el cual

no tuvo disminución de los episodios de diarrea por tal razón los investigadores sugieren que este método debe acompañarse de un almacenamiento seguro en el hogar (7)(40)(41)(43).

Es importante agregar que todas estas intervenciones anteriormente mencionadas no funcionaran si no van acompañadas de una intervención educativa que promueva en el comportamiento de una buena higiene, la importancia en la salud de la calidad del agua, el manejo del agua potable y de qué manera apropiarse de sus recursos cuidándolos para evitar su contaminación. La OMS y la UNICEF recomiendan el tratamiento del agua en el hogar y el almacenamiento seguro como parte de estrategias de intervención incluyendo un acompañamiento por parte de los promotores de la salud quienes ofrecerán información por medio de folletos, conferencias en el hogar y en la comunidad en donde enseñaran como manejar el agua de forma segura para así disminuir los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua, enseñar la importancia de la higiene y como un buen lavado de manos pueden disminuir el riesgo de diarrea, estudios reportan una disminución del 30 al 40% (1)(48)(49)(50)(53)(54).

Los factores que aumentan el riesgo de adquirir enfermedades transmitidas por el agua, anteriormente mencionados deben identificarse en cada población para así diseñar estrategias que combinen las intervenciones físicas y químicas con las intervenciones educativas con el fin de mejorar y minimizar las desigualdades en salud, un reto bastante grande para las políticas en salud pública (42)(50).

Así como el acceso a la salud, a la educación, a la vivienda digna, al trabajo son derechos reclamados por la sociedad, al terminar esta investigación concluyo que el acceso soberano a los recursos hídricos debe igualmente ser un derecho humano fundamental e innegable que los Estados deben garantizar a todas las personas mediante políticas públicas que sean eficaces y que garanticen la calidad de vida de todas y todos.

REFERENCIAS

1. **BELLIDO J, BARCELLOS C, BARBOSA F, BASTOS F.** Saneamiento ambiental y mortalidad en niños menores de 5 años por enfermedades de transmisión hídrica en Brasil. *Rev Panam Salud Pública.* 2010; 28(2): p. 114–20.
2. **NGUENDO H.** Suffering for Water, Suffering from Water: Acces to Drinking-water in Associated Health Risks in Cameroon. *J Health Popul Nutr.* 2010 Octuvre; 28(5): p. 424–435.
3. **UNICEF.** El estado del agua y los residuos sólidos en los municipios. El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo: p. 31–55.
4. **KIMANI-MURAGE E, NGINDU A.** Quality of Water the Slum Dwellers Use: The Case of Kenyan Slum. *Journal of Urban Health.* 2007; 84(6): p. 829–838.
5. **TESCHKE K, BELLACK N, SHEN H, ATWATER J, CHU R, KOEHOORN M, ET AL.** Water and sewage systems, socio-demographics, and duration of residence associated with endemic intestinal infectious diseases: A cohort study. *BMC Public Health.* 2010; 10(767).

6. ROSA G, CLASEN T. Estimating the Scope of Household Water Treatment in Low- and Medium-Income Countries. *Am. J. Trop. Hyg.* 2010; 82(2): p. 289-300.
7. MANN A, TAM C, CD H, LC R. The association between drinking water turbidity and gastrointestinal illness: a systematic review. *BMC Public Health.* 2007 September; 7(256).
8. WHELAN J, K. W. Problems with provision: barriers to drinking water quality and public health in rural Tasmania, Australia. *Rural and Remote Health.* 2007 Julio; 7(627).
9. CHEN H, ZHANG Y, MA L, LIU F, ZHENG W, SHEN Q, ET AL. Change of water consumption and its potential influential factors in Shanghai: A cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2012; 12(450).
10. TEREZINHA E. Editorial Revisión Sistemática X Revisión Narrativa. *Rev Acta Paul Enferm.* 2007; 20(2): p. ix.
11. LUBY S. Water Quality in South Asia. *J Health Popul Nutr.* 2008 Junio; 26(2): p. 123-124.
12. SALUD OMDL. Organización Mundial de la Salud. [Online]. [cited 2013 Febrero 18. Available from: <http://www.who.int/es/>.
13. LUCAS P, CABRAL C, COLFORD J. Dissemination of Drinking Water Contamination Data to Consumers: A Systematic Review of Impact on Consumer Behaviors. *PLoS One.* 2011 Junio; 6(6).
14. CAIRNCROSS S, HUNT C, BOISSON S, BOSTOEN K, CURTIS V, FUNG I, ET AL. Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. *International Journal of Epidemiology.* 2010; 39.
15. LEVY K, NELSON K, HUBBARD A, EISENBERG J. Rethinking Indicators of Microbial Drinking Water Quality for Health Studies in Tropical Developing Countries: Case Study in Northern Coastal Ecuador. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2012; 86(3): p. 499-507.
16. HUNTER P, RAMIREZ G, MINNIGH H. Impact on diarrhoeal illness of a community educational intervention to improve drinking water quality in rural communities in Puerto Rico. *BMC Public Health.* 2010; 20(219).
17. AGUIAR P, RODRIGUEZ F, CEPERO J. Agua y Salud. Reporte Técnico de Vigilancia. 1998; 3(2).
18. BORCHARDT M, HAAS N, HUNT R. Vulnerability of Drinking-Water Wells in La Crosse, Wisconsin, to Enteric-Virus Contamination from Surface Water Contributions. *Applied and Environmental Microbiology.* 2004 Oct; 70(10): p. 5937-5946.

19. GIBSON K, OPRYSZKO M, SCHISLER J, GUO Y, SCHWAB K. Evaluation of Human Enteric Viruses in Surface Water and Drinking Water Resources in Southern Ghana. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2011; 84(1): p. 20–29.
20. STEPHEN P, LUBY W, BROOKS W, ZAMAN K, HOSSAIN S, AHMED T. Infectious Diseases and Vaccine Sciences: Strategic Directions. *J Health Popul Nutr.* 2008 Sep; 26(3): p. 295–310.
21. ODJADJARE E, OBI L, OKOH A. Municipal Wastewater Effluents as a Source of Listerial Pathogens in the Aquatic Millieu of the Eastern Cape Province of South Africa: A Concern of Public Health Importance. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2010 Mayo; 7: p. 2376–2394.
22. WEIDHAAS J, MACBETH T, OLSEN R, HARWOOD V. Correlation of Quantitative PCR for Poultry-Specific *Brevibacterium* Marker Gene With Bacterial and Chemical Indicators of Water Pollution in a Watershed Impacted by Land Application of Poultry Litter. *Applied and Environmental Microbiology.* 2011 Mar; 77(6): p. 2094–2102.
23. MARQUES DA SILVA L, SOUZA E, ARREBOLA T, JESUS G. Occurrence of a hepatitis A in three neighborhoods of the city of Victória, Espírito Santo State, and relation with the quality of the water for human consumption. *Ciencia & Saúde Colectiva.* 2009; 14(6): p. 2163–2167.
24. ROWE L, TOCCALINO P, MORAN M, ZOGORSK IJ, PRICE C. Rowe LB, Tocalino PL, Moran Occurrence and Potential Human-Health Relevance of Volatile Organic Compounds in Drinking Water from Domestic Wells in the United States. *Environmental Health Perspectives.* 2007; 115(11): p. 1539–1546.
25. RUFENER S, MÄUSEZAHN D, MOSLER H, WEINGARTNER R. Quality of Drinking-water at Source and Point-of-consumption-Drinking Cup As a High Potential Recontamination Risk: A Field Study in Bolivia. *J Health Popul Nutr.* 2010 Feb; 28(1): p. 34–41.
26. BAIN R, GUNDRY S, WRIGHT J, YANG H, PEDLY S, BARTRAM J. Accounting for water quality in monitoring access to safe drinking-water as part of the Millennium Development Goals: lessons from five countries. *Bull World Health Organ.* 2012; 90: p. 228–235A.
27. GWIMBI P. The microbial quality of drinking water in Manonyane community: Maseru District (Lesotho). *African Health Sciences.* 2011 Sep; 11(3): p. 474–480.
28. PEREIRA L, MONTEIRO M, GUIMARAES D, MATOS J, DA COSTA R. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. *An Acad Bras Cienc.* 2010; 82(2): p. 467–478.

29. VALENZUELA E, GODOY R, ALMONACID L, BARRIENTOS M. Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Rev Chilena Infectol.* 2012; 29(6): p. 628-634.
30. WEIDHAAS J, MACBETH T, OLSEN R, HARWOOD V. Correlation of Quantitative PCR for a Poultry-Specific *Brevibacterium* Marker Gene with Bacterial and Chemical Indicators of Water Pollution in a Watershed Impacted by Land Application of Poultry Litter. *Applied and Environmental Microbiology.* 2011 Mar; 77(6): p. 2094-2102.
31. DORIA C, DAZA A, DELUQUE H, LÓPEZ A, SERNA J. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guajira. 2008.
32. CLASEN T, NARANJO J, FRAUCHIGER D, GERBA C. Laboratory Assessment of a Gravity-Fed Ultrafiltration Water-Treatment Device Designed for Household Use in Low-Income Settings. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2009; 80(5): p. 819-823.
33. BOISSON S, KIYOMBO M, STHERESHELEY L, TUMBA S, MAKAMBO J, CLASEN T. Field Assessment of a Novel Household-Based Water Filtration Device: A Randomised, Placebo-Controlled Trial in the Democratic Republic of Congo. *PLoSone.* 2010 Sep; 5(9).
34. CLASEN T, NADAKATTI S, MENON S. Microbiological performance of a water treatment unit designed for household use in developing countries. *Tropical Medicine and International Health.* 2006 Sep; 11(9): p. 1399-1405.
35. ROSA G, MILLER L, CLASEN T. Microbiological Effectiveness of Disinfecting Water by Boiling in Rural Guatemala. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2010; 82(3): p. 473-477.
36. CHRISTEN A, DURAN G, HATTERNDORF J, ARNOLD BCM, INDERGAND S, COLFORD J, ET AL. Factors associated with compliance among users of solar water disinfection in rural Bolivia. *BMC Public Health.* 2011; 11(210).
37. CONROY R, EMORE-MEEGAN M, JOYCE T, MCGUIGAN K, BARNES J. Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: a controlled field trial. *The Lancet.* 1996 Dic; 348.
38. HALPERIN M, PAZ-SOLDÁN V, QUISPE V, GILMAN R. Sustainability of solar disinfection to provide safe drinking water in rural Peru. *Public Health Reports.* 2011; 126.
39. ROSE A, ROY S, ABRAHAM V, HOLMGREN G, GEORGE K, BALRAJ V, ET AL. Solar disinfection of water for diarrhoeal prevention in southern India. *Arch Dis Child.* 2006; 91: p. 139-141.
40. LÓPEZ J, MEJÍAS M. Las aguas salobres, una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas. 2008.

41. McLAUGHLIN L, LEVY K, BECK N, SHIN G, MESCHKE S, EISENBERG J. An Observational Study on the Effectiveness of Point-Of-Use Chlorination. *J Environ Health*. 2009 Abril; 71(8): p. 48–53.
42. ARNOLD B, COLFORD J. 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. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 2007; 76(2): p. 354–364.
43. NAGATA J, VALEGGIA C, SMITH N, BARG F, GUIDERA M, BREAM K. Criticisms of chlorination: social determinants of drinking water beliefs and practices among the Tz'utujul Maya. *Rev Panam Salud Publica*. 2011; 29(1).
44. HARSHFIELD E, LANTAGNE D, TURBES A, NULL C. Evaluating the Sustained Health Impact of Household Chlorination of Drinking Water in Rural Haiti. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 2012; 87(5): p. 786–795.
45. CDC. Preventing Diarrheal Disease in Developing Countries: The Safe Water System Program. 2006.
46. JAIN S, SAHANOON O, BLANTON E, SCHMITZ A, WANNEMUEHLER K, HOEKSTRA R, ET AL. Sodium Dichloroisocyanurate Tablets for Routine Treatment of Household Drinking Water in Periurban Ghana: A randomized Controlled Trial. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 2010; 82(1): p. 16–22.
47. MIRANDA M, KIM D, HULL A, PAUL C, OVERSTREET M. Changes in Blood Lead Levels Associated with Use of Chloramines in Water Treatment Systems. *Environmental Health Perspectives*. 2007 Feb; 115(2): p. 221–225.
48. NIEUWENHUIJSEN M, GRELLIER J, SMITH R, ISZATT N, BENNET J, BEST N, ET AL. The epidemiology and possible mechanisms of disinfection by-products in drinking water. *Phil. Trans. R. Soc. A*. 2009; 367: p. 4043–4076.
49. BRIERE E, RYMAN T, CARTWRIGHT RE, WANNEMUEHLER K, NYGREN B, KOLA S, ET AL. Impact of Integration of Hygiene Kit Distribution With Routine Immunizations on Infant Vaccine Coverage and Water Treatment and Handwashing Practices of Kenyan Mothers. *The Journal of Infectious Diseases*. 2012; 205: p. S56–64.
50. QUICK R, VENCZEL L, MINT E, SOLETO L, APARICIO J, GIRONAZ M, ET AL. Diarrhoea prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy. *Epidemiol. Infect*. 1999; 122: p. 83–90.
51. TREVETT A, CARTER R. Targeting Appropriate Intervention to Minimize Deterioration of Drinking-water Quality in Developing Countries. *J Health Popul Nutr*. 2008 Jun; 26(2): p. 125–138.
52. PARKER A, STEPHENSON R, RILEY P, OMBEKI S, KOMOLLEH C, QUICK R. Sustained high levels of stores drinking water treatment and retention of hand-washing knowledge

- in rural Kenyan household following a clinic-based intervention. *Epidemiol. Infect.* 2006; 134: p. 1029-1036.
53. COPELAND C, BEERS B, THOMPSON M, PINKERTON R, BARRET L, SEVILLEJA J, ET AL. Faecal contamination of drinking water in Brazilian shanty town: Importance of household storage and new human faecal marker testing. *J. Water Health.* 2009 Jun; 7(2): p. 324-331.
54. FREEMAN M, TRINIES V, BOISSON S, MAK G, CLASEN T. Promoting Household Water Treatment through Women's Self Help Groups in Rural India: Assessing Impact on Drinking Water Quality and Equity. *PLoS ONE.* 2012 Sep; 7(9).
55. DAVIS J, PICKERING A, ROGERS K, MAMUYA S, BOEHM A. The Effects of Informational Interventions on Household Water Management, Hygiene Behaviors, Stored Drinking Water Quality, and Hand Contamination in Peri-Urban Tanzania. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2011; 84(2): p. 184-191.
56. BROWN J, CLASEN T. High Adherence Is Necessary to Realize Health Gains from Water Quality Interventions. *PLoS ONE.* 2012 May; 7(5).
57. STEWART J, GAST R, FUJIOKA R, SOLO-GABRIELE H, MESCHKE J, AMARAL-ZETTLER L, ET AL. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. *Environmental Health.* 2008; 7(2).
58. CRUMP J, MENDOZA C, PRIEST J, GLASS R, MONROE S, DAUPHIN L, ET AL. Comparing Serologic Response against Enteric Pathogens with Reported Diarrhoea to Assess the Impact of Improved Household Drinking Water Quality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2007; 77(1): p. 136-141.
59. JENSEN P, JAYASINGHE G, VAN DER HOEK W, CAIRNCROOSS S, DALSGAARD A. Is there an association between bacteriological drinking water quality and childhood diarrhoea in developing countries? *Tropical Medicine and International Health.* 2004 Nov; 9(11): p. 1210-1215.
60. O'TOOLE J, LEDER K, SINCLAIR M. Recycled water and human health effects. *Australian Family Physician.* 2007 Dic; 36(2).
61. AAMODT G, BUKHOLM G, JAHNSEN J, MOUM B, VATN M, GROUP TIS. The Association Between Water Supply and Inflammatory Bowel Disease Based on a 1990-1993 Cohort Study in Southeastern Norway. *American Journal of Epidemiology.* 2008 Sep; 168(9).