

Abastecimiento y desinfección del agua para

consumo humano aplicado a comunidades rurales de la Mixteca Oaxaqueña.

Resumen

El presente escrito propone diferentes opciones para desinfección del agua, incluyendo el empleo de energía solar para el agua de consumo humano, utilizando un concentrador solar de paredes planas y botellas de plástico transparentes; así como también sistemas de cloración de agua en pozos o norias, ambos casos pueden consolidarse en corto plazo; de igual forma se realizan otras propuestas a largo plazo como son la puesta en marcha de pequeñas plantas tratadoras de agua potable; destiladores de agua caseros o para micro-regiones, lo cuales conllevan un relativo costo de inversión; para todo lo anterior se requiere una validación realizada con investigaciones y pruebas a nivel laboratorio así como de pláticas con las comunidades rurales interesadas, aprovechando en esas mismas, a incrementar la cultura ecológica que tanto nos afecta en estos días.

Introducción

La falta de acceso a agua de consumo de buena calidad constituye un riesgo elevado de transmisión de enfermedades como diarreas, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A, disentería y otro tipo de enfermedades. Para proteger de estas enfermedades a la población que carece de acceso al agua limpia, es necesario la aplicación de métodos apropiados de potabilización de agua, prevención de contaminación secundaria, disposición adecuada de excretas y medidas de promoción y educación de la higiene y del cuidado del vital líquido.

Situación Actual

Para el año 2000, el porcentaje de viviendas en el Estado de Oaxaca que contaban con agua entubada fue

del 66.4 %, ocupando el 31° lugar a nivel Nacional con respecto a este servicio, mientras que las que cuentan con drenaje son 42.3%, consideradas como viviendas de regular calidad por no contar con uno de estos servicios (INEGI, 2000). En la Mixteca Oaxaqueña esta asentada una población total de 516,197 habitantes (INEGI, 2000), de los cuales el 32.5% es urbana y el 67.5% es rural (SAGARPA, 2003); sólo el 35 por ciento de las localidades cuentan con sistemas de distribución de agua entubada, el resto se abastece por medio de pozos o arroyos. En cuanto a sistemas de riego en 1989 existían ocho presas pequeñas, a excepción de la de Yosocuta, oficialmente se registran 47 presas derivadoras, dos bordos, 21 pozos, siete tomas directas, un manantial , una galería filtrante y siete plantas de bombeo en la zona (INI, 2003).

El municipio de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, cuenta con un total de habitantes de 43,073, y el número de viviendas con agua entubada es del 17%. La localidad de Santiago Huajolotlán cuenta con 1467 habitantes de los cuales solo 15.24% cuentan con agua entubada; San Jerónimo Silacayoapilla con una población de 895 de las que sólo el 4.13% de las viviendas habitadas particulares tiene agua entubada; Santa María Camotlán con un total de 1515 habitantes sólo el 7.78% cuentan con agua entubada; Zapotitlán Palmas con 1472 habitantes, sólo 11 viviendas tienen agua entubada; Santos Reyes Yucuna tiene 1472 habitantes y ninguna vivienda tiene agua entubada; San Simón Zahuatlán con 701 habitantes carece del agua entubada; San Miguel Amatitlán con 558 habitantes y sólo 10 viviendas tienen agua entubada; San Jorge Nuchita con un total de 2151 habitantes y sólo 1.58 de la población cuenta con agua entubada; Asunción Cuyotepeji con 712 habitantes y 4.91% de viviendas

cuenta con agua entubada, todas las anteriores con un grado de marginación media y alta, el resto de las localidades no distan mucho de la situación de las anteriores (COPLADE, 2003).

La calidad y cantidad del agua con la cual se suministran estas poblaciones rurales directamente extraída de pozos y ríos, es escasamente salubre en cuanto a que su índice de contaminación es de moderado a alto. Muchas comunidades rurales no añaden cloro al agua por rechazo al sabor o por falta de suministro del producto. Tampoco hierven el agua por escasez de la leña, alto costo, la dificultad de tener que acarrearla o porque el sabor también cambia. El uso de la plata coloidal se ve limitado por su costo y baja disponibilidad en comunidades marginadas. El abastecimiento de agua en el Distrito de Huajuapán de León y municipios aledaños, es el principal problema seguido de la calidad de la misma (Morales, 2003).

Además, se deben emprender diversas campañas de concientización general, con el objeto de dar a conocer las acciones que podemos llevar a cabo para ayudar a solucionar o reducir el problema del agua, y hacer un uso eficiente del recurso, es necesario concientizar a la población de que el servicio de agua potable es para todos y no es gratuito, así también es necesario la existencia de más y mejores plantas de tratamiento de aguas residuales que permitan un eficiente reuso del recurso (Castañón y Morales, 2003).

Por otro lado, es evidente que la salud humana depende no sólo de la cantidad de agua suministrada, sino principalmente de su calidad. Una alternativa para desinfección del agua para este tipo de comunidades es la radiación solar, la cual ha demostrado ser una técnica eficiente en la inactivación y destrucción de bacterias patógenas y virus en el agua. Este método ha sido probado por diferentes instituciones y países alrededor del mundo desde hace casi dos décadas (González y col., 2002).

¿Qué podemos hacer?

Para reducir o erradicar los problemas en las regiones más olvidadas de nuestro Estado, se propone el uso de tecnologías seguras, económicas y eficientes para mejorar la calidad y el sabor del agua para consumo humano, dentro de las acciones que podemos poner en marcha se encuentran las citadas a continuación, las cuales previamente se deberán de

adaptar a las condiciones propias de cada lugar, esto como un producto de una amplia investigación de campo y de laboratorio, realizado por personas con experiencia en el ramo.

Colector de agua de lluvia

Uno de los sistemas recolectores de agua de supervivencia más comúnmente empleado es el llamado estanque, dado que las condiciones topográficas que se necesitan para su construcción es más fácil de encontrar que las requeridas para otros sistemas. Los estanques son construidos en terrenos con pendiente, excavando en la superficie donde se va a encontrar el depósito y utilizando el mismo material para formar el terraplén o bordo (García y col., 2003).

La construcción de bordos es técnicamente factible en localidades pertenecientes al municipio de Huajuapán de León, dado que sólo se requiere de una pendiente o cuenca, la forma más económica son la llamadas barreras muertas las cuales consisten en hacer un pequeño bordo de unos 25 cm con material muerto como hojas, palos, lodo, etc. que inicialmente retendrán el agua de lluvia sirviendo así mismo como filtro, el agua precipitara a la parte amplia baja de la pendiente y retenida por el bordo que puede construirse con tierra excavada y quizás cemento, almacenándose así durante el tiempo de lluvias. El siguiente paso será hacer esta agua potable, es decir apta para el consumo humano, para ello se puede emplear la desinfección solar y otros métodos.

Filtración

El agua inicialmente podrá estar turbia, por lo que se vuelve inapetecible y desagradable a la vista, para solucionar esto se han propuestos diversos medios filtrantes a nivel rural, que van desde filtros de arena (lentos o rápidos) o por ejemplo el trabajo de investigación llevado a cabo por Ortega y colaboradores (2003) en los que destacan el empleo de zeolitas, sales metálicas de sulfato de aluminio, cloruro férrico, coagulantes amida clorada policua-ternaria, polihidroxi-cloruro de aluminio, almidón de papa y goma de nopal, obteniendo agua que cumple con los requisitos de potabilidad con un costo en pesos de 0.15/m³.

Sin embargo para fines prácticos y con un grado de sencillez mucho mayor así como costo, el agua de lluvia almacenada puede ser filtrada con un paño o una

manta, pues tan solo será para eliminar materia orgánica como hojas, resto de raíces, etc. dicho proceso consiste en hacer pasar el agua a través de la tela, en este proceso se eliminan los copépodos que pueden contener larvas de nematodos, y alguna turbidez, esto se ha llevado a cabo y comprobado en pruebas de laboratorio así como pruebas de campo en países en desarrollo, dentro de la principal ventaja esta su simplicidad, aunque la tela debe utilizarse siempre con la misma superficie, y claro esta que la eliminación es limitada para otros patógenos (bacterias), pero este último punto puede ser remediado por la desinfección solar (SODIS) por sus siglas en inglés.

Desinfección solar

La idea de la Desinfección Solar del Agua fue presentada por primera vez por Aftim Acra en un folleto publicado por UNICEF en 1984 (UNICEF, 2002). Desde ese momento hasta la fecha numerosas investigaciones se han realizado con respecto a la eficiencia y factibilidad de este método alternativo de desinfección de agua para comunidades rurales.

El método consiste en exponer a la radiación solar agua contenida dentro de botellas de plástico transparente de dos litros de capacidad, las comúnmente utilizadas en las bebidas comerciales (PET) son adecuadas para usarse en la desinfección solar, estas se deben de limpiar perfectamente y posteriormente llenar al máximo de su capacidad y se exponen al sol por un periodo mínimo de seis horas para obtener buenos resultados de desinfección.

En el año 2000 personal de Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA) trabajó en comunidades rurales de Chiapas (La Victoria en el municipio de Tila y La Laguna en el municipio de Yajalón) y en Oaxaca (Santa Lucía en el municipio de Ocotlán), para evaluar la viabilidad técnica y social de esta tecnología, dando resultados alentadores (UNICEF, 2002).

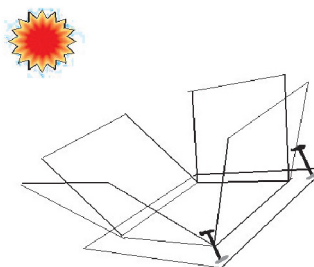
Los factores que influyen en la eficiencia de este sistema de desinfección es que se debe alcanzar cierta temperatura y radiación (50°C y 3000 W-h/m^2), el problema ya ha sido resuelto, en el año de 1999 personal del IMTA y del CIE de la UNAM, desarrollaron un concentrador de paredes planas con capacidad para tres botellas de plástico de 2 litros, con el propósito de aumentar la intensidad de radiación y reducir el tiempo de exposición para la desinfección solar.

El prototipo adecuado para las comunidades rurales consta de una base de madera de $55 \times 55\text{ cm}$, cuatro paletas planas también de madera de $35 \times 35\text{ cm}$ cada una, forradas con papel aluminio comercial o proveniente de envolturas de papas fritas (estudios posteriores de los años 2000 y 2001 proponen el uso de papel de aluminio adherible para una mejor resistencia a la exposición solar), así como también ocho triángulos de madera para dar una inclinación de 60° a las aletas respecto a la horizontal. Los resultados de la desinfección solar han sido eficientes en cuanto a la calidad microbiológica del agua.



Concentrador solar

Fuente: González, 2002.



Fuente: González, 2002.

Los resultados obtenidos en este mismo estudio a nivel laboratorio mostraron que utilizando los concentradores solares se puede disminuir hasta 10^5 coliformes totales medidos como NMP/100 mL; 10^6 Unidades Formadoras de Placa Viral (vacuna triple de polio) y 10^3 Unidades Formadoras de Colonias de Vibrio cholerae, con niveles de radiación promedio arriba de

los 700 W/m² durante al menos cuatro horas de exposición. Los coliformes fecales medidos como *Escherichia coli* son más sensibles a la radiación y con niveles por arriba de los 500 W/m² es suficiente para eliminarlos completamente. En cuanto a los coliformes totales, el tiempo puede reducirse hasta dos horas cuando: la intensidad de las radiaciones son elevadas (verano), el concentrador se mueve con la posición del sol y la botella tiene el fondo negro. (González y col., 2002)

Se ha demostrado que el mayor daño a las bacterias lo ejercen las radiaciones y que temperaturas superiores a 45°C mejoran el efecto desinfectante sobre los microorganismos. Exponer el agua a niveles de radiación no menores de 3000 W-h/m² evita el recrecimiento durante cinco días de almacenamiento (anteriores investigaciones hacían mención de que sólo se podía almacenar durante 24 horas). Además, es posible inactivar microorganismos patógenos más resistentes a la radiación solar, como *Salmonella* spp. Otros enteropatógenos estrictos y oportunistas fueron más sensibles. (Cortés y col., 2000)

Desinfección del agua por cloración

El agua que se obtiene de pozos poco profundos en las localidades aledañas al Municipio de Huajuapán de León, así como estanques, canales y ríos, por lo general también están contaminados, por lo anterior es necesario darles un tratamiento de desinfección, es deseable emplear para ello métodos simples para desinfectar el agua de estos pozos, en este punto se hace mención de la "cloración" como método de desinfección para proteger la salud pública.

Desinfección de pozos excavados abiertos

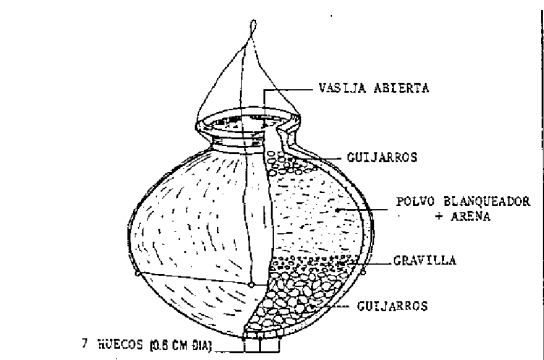
Cloración en vasija

El principio de esta técnica es muy simple y se refiere a la transferencia de masa debido a las diferencias de concentraciones, el dispositivo empleado es una vasija con pequeñas perforaciones en el fondo (6 a 8 mm de diámetro), la cual se llena con gravilla de diferentes tamaños, junto con una mezcla de blanqueador -arena en proporción 1:2 (el blanqueador no es mas que cal clorada, polvo suelto blanco o amarillento, compuesto económico y de fácil

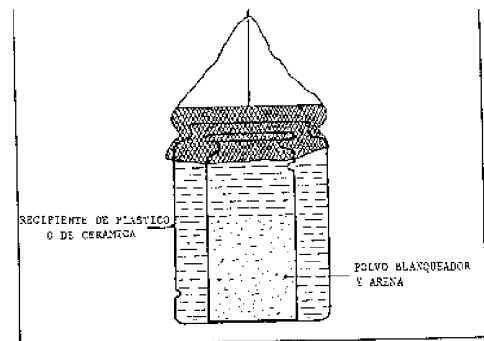
obtención, contienen aproximadamente 33 -37% de cloro), una vez lista la vasija se hace descender al pozo. Según las referencias, para un pozo cuyo ritmo de extracción de agua es de 1,000-1,200 L/día, una vasija que contenga aproximadamente 1.5 kg de polvo blanqueador debe proveer la cloración adecuada para aproximadamente una semana.

Sistemas de doble vasija

Funciona bajo el mismo principio que la primera con la ventaja de que ésta evita lo que podría ser una "sobrecoloración", como lo dice su nombre consiste en meter una vasija de menor tamaño en otra de mayor. Se llena poco antes de la boca la vasija interior con una mezcla de blanqueador - arena relación 1:2 (1 Kg de blanqueador por cada 2 Kg de arena), se tapa con una bolsa de polietileno comercial y se mete dentro de la vasija mayor se hace descender dentro del pozo con ayuda de una cuerda. Se ha determinado que esta unidad trabaja en forma efectiva durante 2 a 3 semanas en pozos caseros de una capacidad de 4,500 L de donde se extrae el agua en un ritmo de 400-450 L/día.



Vasija de cloración con huecos en el fondo. Fuente: Desinfección CEPIS, 1988.



Sistema de doble vasija. Fuente: Desinfección CEPIS, 1988.

Hasta el momento sólo se ha hablado de la calidad microbiológica del agua en comunidades de la región Mixteca de Oaxaca, en lo que respecta a su especificaciones con respecto al contenido de sales es otro punto importante a considerar.

Destilador Solar

El destilador solar se desarrolló inicialmente para utilizarse en islas y en general en regiones áridas costeras para obtener agua potable a partir de agua del mar. Sin embargo, en la búsqueda de tecnología alternativa para suministrar agua potable a pequeñas comunidades y familias, el destilador solar resulta ser una buena alternativa, no sólo para la remoción de sales presentes en el agua, sino también para eliminar los microorganismos patógenos que ésta pudiera contener (Márquez, 2001).

En 1995 la Oficina para la conservación de la Energía del estado de Texas de los Estados Unidos de América (SECO) financió un proyecto solar que consistió en construir y evaluar a nivel rural un destilador solar con el objetivo de evaluar el funcionamiento de este sistema ante la problemática de agua contaminada y/o alto contenido salino de las colonias adyacentes al paso (Texas), en este estudio se llegó a la conclusión de que pueden construirse sistemas individuales o comunales, los que carecen de partes móviles, necesitando sólo la energía solar y un mínimo de participación de personal. El destilador no es otra cosa que un cuenco, en el que se coloca una cantidad de agua a purificarse por el sol, está cubierto por una tapa de vidrio (34X76 pulgadas), el destilador es capaz de producir 12 L/día durante el verano y unos seis en época de invierno. Lo más atractivo es su simpleza, ya que no tiene una sola parte móvil, utiliza la energía del sol, y puede limpiarse con mucha facilidad.

El Principio de operación consiste en que la energía solar penetra en el recinto cerrado del destilador a través de la tapa de vidrio. Como la superficie del cuenco es de color negro, ésta es capaz de atraer la mayor cantidad de radiación. Las paredes internas tienen una superficie de color blanco, reflejando la luz solar que reciben, lo que aumenta la concentración de calor dentro del agua acumulada en el cuenco. Al cabo de un tiempo el agua comienza a evaporarse. Como la parte inferior de la tapa de vidrio está a menor temperatura, el agua se condensa sobre la misma. La

tapa está montada con una pequeña inclinación, permitiendo que las gotas de agua condensadas en la misma resbalen hacia un canal colector, el que desemboca en una salida donde se coloca una botella de vidrio para su recolección.

Todas las alternativas propuestas pueden interactuar entre ellas adecuándolas a las necesidades específicas de cada comunidad, en tiempo de lluvias se podrá recolectar el agua para después desinfectarla, o bien desinfectar el agua procedente de pozos o cuerpos de agua superficiales, ya sea con el método SODIS o por cloración, así mismo emplear el destilador solar para complementar los procesos de desinfección y purificación del agua para consumo humano.

Es importante señalar el conjunto de factores que influyen para la optimización de esta metodología, sin lugar a duda la participación de los pobladores así como la aceptación y adecuación de estas alternativas a sus costumbres es el punto clave para el éxito de la puesta en marcha del proyecto. Para ello se plantean las siguientes vías de acción:

1. Identificación de los problemas de cada zona en donde se requiera resolver el problema, esto con ayuda de estudios de laboratorio (calidad del agua) y revisión de posibles soluciones al problema por personal capacitado para ello.
2. Se presenta el proyecto a las autoridades del gobierno, instituciones locales de salud y las instituciones educativas y de investigación de la zona, para establecer acuerdos de trabajo.
3. Presentar los trabajos en la comunidad en cuestión, se presenta en las asambleas comunitarias los métodos propuestos, explicando las ventajas y las desventajas de los anteriores, así mismo se aprovecha el espacio para dar información general del cuidado del vital líquido.
4. Con los acuerdos de participación, las actividades deben ser planeadas, para la capacitación, construcción e instalación de los equipos necesarios.
5. Deberá existir una constante capacitación de las técnicas empleadas, para garantizar que estas se lleven a cabo correctamente para obtener los mejores resultados.
6. Evaluación final del proyecto, para reafirmar o no que realmente se estén dando los resultados y situaciones para lo cual fue planeado.

Conclusiones

Se ha demostrado que las metodologías aquí propuestas son factibles a nivel rural, para lo cual fueron diseñadas, aunque deberá de realizarse una adaptación de las mismas para cada caso en particular.

La mejoría de las condiciones sanitarias y de salud a través de sistemas técnicos alternativos y formación de promotores, así como el abastecimiento y calidad del agua en la región de la Mixteca Oaxaqueña es todo un sistema en el cual deben participar de forma responsable, autoridades, organizaciones públicas y privadas, instituciones de investigación, universidades, así como la población civil. Buscando con ello el uso adecuado de materiales regionales con los que se dispone para mejorar las condiciones, usos y costumbres para el abastecimiento y desinfección del agua



Bibliografía.

1. CASTAÑÓN G., J. HUMBERTO Y MORALES L., RENE.
2003 La problemática del agua en Huajuapán de León, Oaxaca, un problema mayoritariamente de índole cultural. Memorias del VIII Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Ciencias Ambientales. Santiago Querétaro, Qro. México.
2. CDC.
2003 Centro de Control y Prevención de enfermedades. Tecnologías alternativas del tratamiento del agua. En URL: http://www.cdc.gov/spanish/agua-segura/s-alt_water.htm
3. CEPIS.
1988 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Desinfección: Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países en desarrollo.
4. COPLADE.
2003 Comité Estatal de Planeación para el desarrollo de Oaxaca. En URL: <http://www.oaxaca.gob.mx/coplade/pagina/html/cartografia/indicadores/>
5. CORTÉS M. JUANA E. Y VÁZQUEZ V. SANDRA.
2003 Inactivación y recuperación de enterobacterias en agua de consumo humano tratada con radiación solar. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En URL: <http://tieraa.rediris.es/hidroed/ebook/ripda/pdfs/>
6. GARCÍA P. DAURY, DÍAZ D. CARLOS Y SOLÍS M. CARLOS.
2003 Agua potable para pequeñas comunidades rurales a través de un sistema de colección y almacenamiento de lluvia y planta potabilizadora. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En URL: <http://tierra.rediris.es/hidroed/ebooks/ripda/pdfs/>
7. GONZÁLEZ H. ARTURO Y MARTÍN D. ALEJANDRA.
2002 Desinfección solar, una alternativa para pequeñas comunidades rurales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. URL: <http://tieraa.rediris.es/hidroed/ebook/ripda/pdfs/>
8. INEGI.
2000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo general de población y vivienda 2000 En URL: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>.
9. INI
2003 Instituto Nacional Indigenista. En URL: <http://www.ini.gob.mx/monografias/mixtecos.html>
10. MÁRQUEZ B. LYDIA.
2001 Desinfección solar. Simposio sobre calidad de agua: desinfección efectiva. Lima, Perú.
11. MORALES L. RENÉ.
2003 Profesor-Investigador del Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Comunicación Personal.
12. ORTEGA A. ROSA E., CHEIKH FALL Y DÍAZ D. CARLOS.
2003 Planta potabilizadora para comunidades rurales: Optimización de la coagulación-floculación. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En URL: <http://tierra.rediris.es/hidroed/ebooks/ripda/pdfs/>
13. SAGARPA.
2003 Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. En URL: http://www.oax.sagarpa.gob.mx/ddr_1_03.htm
14. UNICEF.
2002 DESINFECCIÓN SOLAR DEL AGUA. GUÍA DE APLICACIÓN. En URL: http://www.sodis.ch/files/SODIS_Manual_sp.pdf

Cañongo Villanueva, Claudia;
Cruz Martínez, Víctor Manuel;
Castañón González, José Humberto².

1 Universidad Tecnológica de la Mixteca.
2 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.